

für alle ALMEMO® Messgeräte und Sensoren

- Sensorprogrammierung
- Bedienhinweise für Sensoren
- Messtechnische Grundlagen



Impressum

ALMEMO® Handbuch

Für alle ALMEMO® Messgeräte und Sensoren

Herausgeber

AHLBORN Mess- und Regelungstechnik GmbH
Eichenfeldstraße 1
83607 Holzkirchen / Germany
Tel.: 08024 - 30070
Fax.: 08024 - 300710
E-mail: amr@ahlborn.com

Verantwortlich für den Inhalt

Dr. Birgit Seitz
Dipl. Ing. (FH) Christian Schmidt

Gestaltung und Satz

Michael Trommer
Dr. Birgit Seitz
Hans Puchtinger

Druck

Zschiesche GmbH
Wilkau-Haßlau / Germany
2020

Copyright

AHLBORN Mess- und Regelungstechnik GmbH
Eichenfeldstraße 1
83607 Holzkirchen / Germany

Alle Rechte, auch des auszugsweisen Nachdrucks, vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in die ALMEMO® Technologie	1
2	ALMEMO® Messgeräte	3
3	ALMEMO® Fühler	13
3.1	Verschiedene Arten von ALMEMO® Fühlern	13
3.1.1	ALMEMO® Standard-Fühler	13
3.1.2	Digitale ALMEMO® D6-Fühler	13
3.1.3	Digitale ALMEMO® D7-Fühler	18
3.1.3.1	Betrieb als Fühler an ALMEMO® V7-Messgeräten	18
3.1.3.2	Konfiguration am PC über USB-Adapterkabel	19
3.1.4	Fühlerübersicht	21
3.2	Temperaturfühler	35
3.2.1	Thermoelemente	36
3.2.1.1	Thermoelementfühler FTA xxx	39
3.2.2	Pt100-Widerstandsfühler	42
3.2.2.1	Pt100 Widerstandsfühler FPA xxx	42
3.2.3	NTC-Widerstandsfühler	45
3.2.3.1	NTC Widerstandsfühler FNA xxx	46
3.2.4	Wet-Bulb-Globe-Temperatur-Messung	49
3.2.5	ALMEMO® Infrarot-Fühler	50
3.2.5.1	Kompakter Infrarot-Fühler FIA 844	52
3.2.5.2	Digitaler Infrarotfühler FIAD 43	56
3.2.5.3	Infrarot-Messkopf AMiR 7838	63
3.3	Wärmeflussplatten für die Bauphysik	65
3.3.1	ALMEMO® Wärmeflussplatten	68
3.3.1.1	ALMEMO® Wärmeflussplatten FQA 0xx	71
3.3.1.2	Digitale ALMEMO® D6-Wärmeflussplatten FQAD xx	72
3.4	Fühler zur Messung der Luftfeuchtigkeit	75
3.4.1	Kapazitive Feuchtefühler	76
3.4.1.1	FHAD 46-C4xAx, -C2, -C0	79
3.4.1.2	FHAD 46-C7	83
3.4.1.3	Feuchte- /Temperaturfühler FHAD 36-x	85
3.4.1.4	Analoger kapazitiver Feuchtefühler FHA 646-R	90

Inhaltsverzeichnis

3.4.1.5	Analoge kapazitive Feuchtefühler	FHA 646-Ex, FHA 646-AG, FHA 646-1/-6	91
3.4.2	Psychrometer		93
3.4.2.1	Handpsychrometer	FNAD 46	94
3.4.2.2	Stationäres Psychrometer	FNAD 46-3	97
3.4.2.3	Stationäres Psychrometer	FPA 836-3	100
3.4.3	Taupunktsensoren		102
3.4.3.1	Taupunktsensor	FHA 646-DTC1 und Taupunkttransmitter MT 8716-DTC1	102
3.5	Materialfeuchte		107
3.5.1	Kapazitive Materialfeuchtefühler		109
3.5.1.1	Materialfeuchtefühler	FHA 696-MF	110
3.5.1.2	Materialfeuchtefühler für Holz	FHA 696-MFS1	114
3.5.1.3	Materialfeuchtefühler zur Bestimmung des Wassergehaltes von Granulaten		115
3.5.2	Materialfeuchtefühler, mit dem Leitwertprinzip arbeitend		120
3.5.2.1	Leitwertfühler speziell für Holzfeuchte	FHA 636-MF	121
3.5.2.2	Holzfeuchtefühler für Langzeitmessungen	FHA 636 MFS1	123
3.5.2.3	Wasserdetektorsonde	FHA 936-WD	125
3.5.3	Bodenfeuchte-Tensiometer		127
3.5.3.1	Tensiometer	FDA 602-TM2	129
3.6	Meteorologische Messwertgeber		133
3.6.1	Mobile Wetterstationen		134
3.6.1.1	Meteorologischer Messwertgeber	FMD 760	135
3.6.2	Luftdrucksensoren		146
3.6.2.1	Digitaler Luftdruckfühler	FDAD 12-SA für barometrischen Druck	147
3.6.2.2	Druckmessstecker für barometr. Druck	FDA 612-SA	148
3.6.3	Windgeschwindigkeitsgeber		149
3.6.3.1	Windgeschwindigkeitsgeber	FVA 615 2	149
3.6.4	Windrichtungsgeber		152
3.6.4.1	Windrichtungsgeber	FVA 614	152
3.6.5	Optische Sonden		155
3.6.5.1	Globalstrahlungspyranometer	FLA 628 S	155
3.6.6	Kombinierte meteorologische Fühler		158
3.6.6.1	Digitaler Fühler für Luftfeuchte, Temperatur, Luftdruck im Allwetterschutzgehäuse		158
3.7	Luftströmungsfühler		163
3.7.1	Thermoanemometer		165
3.7.1.1	Thermoanemometer	FVAD35THx	165

Inhaltsverzeichnis

3.7.1.2	Omnidirektionales Thermoanemometer FVAD 05-TOKx	168
3.7.2	Staudruckmessmodule	171
3.7.2.1	ALMEMO® Druckmessstecker FDA602-SxK, Staurohre FD9912xxx	173
3.7.3	Flügelräder	177
3.7.3.1	Digitale Flügelradanemometer FVAD15-Hxxx	177
3.7.4	Volumenstrommessung	187
3.8	Sensoren zur Messung mechanischer Größen	189
3.8.1	Drucksensoren	189
3.8.1.1	Einbau-Drucksensor FDA602Lx	193
3.8.1.2	Einbau-Präzisionssensor für Druck FDAD 33/35M	195
3.8.1.3	Einbau-Druckaufnehmer FD 8214	198
3.8.1.4	Druckaufnehmer zur Temperaturmessung bei Kältemittel Absolutdruck FDA 602 LxAK	201
3.8.1.5	ALMEMO® Messmodul für Differenzdruck FDA 602 D	204
3.8.1.6	Differenzdruckaufnehmer für Wandmontage FD 8612 DPS / APS	207
3.8.1.7	ALMEMO® Druckmessstecker für Differenzdruck FDA 612 SR, FDA 602 SxK	211
3.8.2	Kraftsensoren	213
3.8.2.1	Druckkraftsensoren FKA 022, FKA 613	217
3.8.2.2	Zug- und Druckkraft-Sensor FKA 0251, FKA 0252, FKA 0255	218
3.8.3	Wegaufnehmer, Wegtaster	220
3.8.3.1	Wegaufnehmer FWA xxx T	221
3.8.3.2	Wegtaster FWA xxx TR	222
3.8.4	Sensoren zum Messen von Durchfluss	224
3.8.4.1	Axial-Turbinen-Durchflussmesser FVA 915 VTHM	226
3.8.4.2	Axial-Turbinen-Durchflussmesser FVA 915 VTH 25M	230
3.8.4.3	Magnetisch induktiver Durchflusssensor FVA915VMZx	232
3.8.4.4	Wirbel-Durchflussmesser FV A645 GVx	234
3.8.5	Sensor zum Messen von Drehzahl	237
3.8.5.1	Drehzahlgeber FUA 9192	237
3.9	Elektrische Größen	241
3.9.1	Zangenstromwandler	241
3.9.1.1	Zangenstromwandler für Wechselströme Chauvin Arnoux Typ Mini 09	242
3.9.1.2	Zangenstromwandler für Wechselströme Chauvin Arnoux Typ MN 88	243
3.9.1.3	Zangenstromwandler für Wechselströme Chauvin Arnoux Typ Y4N	244
3.10	Sonden zur Messung optischer Größen	245
3.10.1	Messköpfe für V-Lambdastrahlung	252

Inhaltsverzeichnis

3.10.1.1	Digitaler Messkopf für Beleuchtungsstärke (V-Lambda) FLAD 03-VL1	253
3.10.1.2	Beleuchtungsstärke-Messkopf FLA 623 VL	255
3.10.1.3	Beleuchtungsstärke-Messkopf FLA 633 VLM	258
3.10.1.4	Beleuchtungsstärke-Messkopf mit Kugelcharakteristik FLA 613 VLK	260
3.10.1.5	Beleuchtungsstärke-Messkopf FLA 603 VLx nach DIN-Klasse B	262
3.10.2	Messköpfe für UVA-Strahlung	265
3.10.2.1	Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 623 UVA	266
3.10.2.2	Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 633 UVA	268
3.10.2.3	UVA-Messkopf mit Kugelcharakteristik FLA 613 UVAK	270
3.10.2.4	UVA Bestrahlungsstärke Messkopf FLA 603 UV12/14	272
3.10.2.5	UVA Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 603 UV 22/ 24	273
3.10.3	Messköpfe für UVB-Strahlung	275
3.10.3.1	UVB Bestrahlungsstärke Messkopf FLA 623 UVB	275
3.10.3.2	UVB-Messkopf FLA 633 UVB	277
3.10.4	Messköpfe für UVC-Strahlung	280
3.10.4.1	Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 623 UVC	280
3.10.5	Messköpfe für Globalstrahlung	282
3.10.5.1	Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 623 GS	282
3.10.5.2	Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 633 GS	284
3.10.6	Messköpfe für Infrarotstrahlung	286
3.10.6.1	Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 623 IR	286
3.10.7	Messköpfe für Quantumstrahlung	288
3.10.7.1	Quantum-Messkopf FLA 623 PS	288
3.10.7.2	Photosynthese Messkopf FLA 603 PS4/ PS4WG/ PS5/ PS5WG	290
3.10.8	Messköpfe für Leuchtdichte	293
3.10.8.1	Leuchtdichte-Messkopf FLA 603 LDM2 nach DIN-Klasse B	293
3.10.9	Messköpfe für Lichtstrom	294
3.10.9.1	Lichtstrom-Messkopf FLA 603 LSM4 nach DIN-Klasse B	294
3.10.10	Messköpfe für Farbtemperatur	296
3.10.10.1	Messkopf für Farbtemperatur und Beleuchtungsstärke FLAD 23 CCT	296
3.10.11	Radiometrische Messköpfe	298
3.10.11.1	Radiometrischer Messkopf FLA 603 RW4 zur Messung der Bestrahlungsstärke	298
3.11	Wasseranalytik - pH, Redox, Leitfähigkeit, Sauerstoff	301
3.11.1	Messung des pH-Werts	302
3.11.1.1	FY96PHEK	307
3.11.1.2	FY96PHER	308
3.11.1.3	FY96PHEN	309

Inhaltsverzeichnis

3.11.1.4	FY96PHEE	310
3.11.2	Messung des Redox - Potentials	311
3.11.2.1	Redox-Einstabmesskette Typ FY96RXEK	312
3.11.3	Leitfähigkeit	314
3.11.3.1	Leitfähigkeitssonde Typ FYA641LFP1 / LFL1	316
3.11.3.2	Leitfähigkeitssonde Typ FYA641LFP2 / LFL2	318
3.11.3.3	Leitfähigkeitssonde Typ FYA641LFP3	320
3.11.3.4	D7-Leitfähigkeitssonde FYD 741-LF	323
3.11.4	Konzentration von gelöstem Sauerstoff in Wasser	327
3.11.4.1	Sonde für Sauerstoffkonzentration in wässrigen Lösungen FYA 640-O2	329
3.12	Sensoren zur Messung der Konzentration von Gasen	335
3.12.1	Messung der Gaskonzentration mit Infrarot	337
3.12.1.1	Digitale Kohlendioxidsonde FYAD 00-CO2	337
3.12.1.2	Kohlendioxidsonde FYA 600-CO2	340
3.12.2	Elektrochemische Messung der Gaskonzentration	342
3.12.2.1	Kohlenmonoxid-Sonde FYA 600-CO	344
3.12.2.2	Sauerstoffsonde FYA 600-O2	345
3.12.2.3	Ozon-Messumformer FYA 600-O3	348
3.12.2.4	Gassonden für verschiedene Gase FYA 600-A	351
4	Anschluss von Fremdsensoren an das ALMEMO® System	353
4.1	Stecker für Anschluss von Temperatursensoren	358
4.1.1	Anschluss von Thermoelementen	358
4.1.1.1	Analoger Standardstecker ZA9000FS für Thermoelemente Typ U, L, S, R, B, A	358
4.1.1.2	Analoge Standardstecker ZA9020FS / ZA9021FSx für Thermoelemente Typ K, N, J, T	359
4.1.1.3	Analoge Standardstecker mit Vergleichsstellenfühler für alle Thermoelemente	360
4.1.1.4	D7-Stecker ZTD700FS für verschiedene Thermoelemente	360
4.1.2	Anschluss von Widerstandsfühlern zur Temperaturmessung	362
4.1.2.1	Analoger Standardstecker ZA9030-FSx für Pt100 und Pt1000 Fühler	363
4.1.2.2	D7-Stecker ZPD70xFS für Pt100 Fühler	363
4.1.2.3	D7-Stecker ZPD710-FS für Pt1000 Fühler	364
4.1.2.4	Analoger Standardstecker ZA9030-FSx für Ni100 und Ni1000 Fühler	365
4.1.3	Anschluss von NTC- und PTC-Fühlern zur Temperaturmessung	366
4.1.3.1	Analoger Standardstecker ZA9040FS für NTC Fühler	366
4.1.3.2	D6-Stecker ZAD040FS für NTC Fühler	367

Inhaltsverzeichnis

4.2	Stecker für Spannungsmessungen	370
4.2.1	Gleichspannung	370
4.2.1.1	Spannungsmessungen mit Sensoren, die nicht aus dem Gerät versorgt werden müssen	370
4.2.1.2	Stecker für Gleichspannung mit Fühler-Versorgung aus dem Gerät	371
4.2.1.3	Stecker für Gleichspannung mit Spannungswandlern für bestimmte Versorgungen	374
4.2.1.4	ALMEMO® Adapterkabel ZA 9000-AK	376
4.2.2	Wechselspannung	376
4.2.2.1	ALMEMO® Adapterkabel ZA9603-AKx für Wechselspannung	376
4.3	Stecker für Strommessungen	378
4.3.1	Gleichstrom	378
4.3.1.1	Strommessungen für Sensoren, die nicht aus dem Gerät versorgt werden müssen	378
4.3.1.2	Stecker für Gleichstrom mit Versorgung direkt aus dem Gerät	379
4.3.1.3	Stecker für Gleichstrom mit Spannungswandlern für bestimmte Versorgungen	381
4.4	Stecker für Messungen von Widerständen und Messbrücken	383
4.4.1	Stecker für Widerstand	383
4.4.1.1	Stecker ZA9003xxx für Widerstand	383
4.4.2	Stecker für Potentiometergeber	384
4.4.2.1	Analoge Standardstecker ZA9025FS3 für Potentiometer	384
4.4.2.2	D7-Stecker ZWD700FS für Potentiometer	385
4.4.3	Stecker für Messbrücken	386
4.4.3.1	Analoger Standardstecker ZA9105FSx für Messbrücken	386
4.4.3.2	D7-Stecker ZKD700-FS für Messbrücken	387
4.5	Hochspannungs-Messmodule für AC- und DC-Signale und Thermoelemente	389
4.5.1	Schnelles ALMEMO® DC-Messmodul	389
4.5.1.1	Messmodul ZA 9900-AB für Gleichspannung	391
4.5.1.2	Messmodul ZA 9901-AB für Gleichstrom	392
4.5.2	ALMEMO® AC-Messmodule für Wechselspannung und Wechselstrom	393
4.5.2.1	Messmodul ZA 9903-AB für Wechselspannung	394
4.5.2.2	Messmodul ZA 9904-AB für Wechselstrom	396
4.5.3	Messmodul für Thermoelemente	397
4.5.3.1	Messmodule ZAD 950 AB für Thermoelemente, galvanisch getrennt bis 1000V	398
4.6	Frequenz / Impulse / Drehzahl	399
4.6.1	ALMEMO® Adapterkabel ZA9909-AkxU für Frequenz- und Impulssignale	399
4.6.1.1	Adapterkabel ZA9909-AK1U zur Frequenzmessung	400
4.6.1.2	Adapterkabel ZA9909-AK2U zur Impulsmessung	400

Inhaltsverzeichnis

4.6.1.3	Adapterkabel ZA9909-AK4U zur Drehzahlmessung	401
4.7	Verschiedene Stecker und Anschlusskabel	402
4.7.1	Digitaleingangskabel	402
4.7.1.1	ALMEMO® Adapterkabel ZA9000ES2 für digitale Eingangssignale	402
4.7.1.2	ALMEMO® Adapterkabel ZA9000EK2 für digitale Eingangssignale	402
4.7.2	Stecker oder Kabel zur Anpassung von speziellen Fühlern an das ALMEMO® System	403
4.7.2.1	Schnittstellenadapterkabel ZAD 919-Akxx für Fremdgeräte	403
4.7.2.2	D7 pH- und Redox Stecker ZYD7 x0-Akx	404
4.7.3	Mehrfachstecker	406
4.7.3.1	ALMEMO® 10fach-MU-Stecker ZA 5690 MU	406
5	ALMEMO® Ausgangsmodule	407
5.1	Zubehör zur Steuerung und Signalweitergabe	407
5.1.1	Trigger- und Relaiskabel	408
5.1.1.1	ALMEMO® Triggerkabel ZA 1006 ET und ZA 1006 EK2	408
5.1.1.2	ALMEMO® Trigger-/ Relaiskabel ZA 1006 EKG / ETG	409
5.1.1.3	ALMEMO® Relaiskabel ZA 1006 GK	409
5.1.2	Relais-Trigger-Analog-Adapter	410
5.1.2.1	ALMEMO® Trigger-Ausgabe-Interface ZA 8006 RTA3	411
5.1.2.2	ALMEMO® Trigger-Ausgabe-Interface ES 5690 RTA5	412
5.1.3	Analogausgangskabel	412
5.1.3.1	Analogausgangskabel ZA 1601-RK	412
5.2	Kommunikation mit Messgeräten und Sensoren	414
5.2.1	Datenkabel	414
5.2.1.1	USB-Datenkabel ZA 1919 DKU	415
5.2.1.2	RS232-Datenkabel ZA 1909 DK5	415
5.2.1.3	RS232-Datenkabel mit Lichtwellenleiter ZA 1909 DKL	416
5.2.1.4	Ethernet Datenkabel ZA 1945-DK	417
5.2.2	Drahtlose Datenverbindungen	418
5.2.2.1	Drahtlose PC-Verbindungen mit Funk	418
5.2.2.2	Drahtlose PC-Verbindung mit WLAN-Modul ZA 1719 WL	420
5.2.2.3	Mobilfunkmodem ZA 1709 GPRS	421
5.3	Vernetzung von Messgeräten untereinander	423
5.3.1	Vernetzung von Messgeräten durch Kabel	423
5.3.1.1	ALMEMO®-Netzwerk-Interfacekabel ZA 1999 NK5	424

Inhaltsverzeichnis

5.3.1.2	Netzwerkkabel mit Lichtwellenleiter	425
5.3.2	Drahtlose Vernetzung von Messgeräten untereinander oder Fühlern mit	426
5.3.2.1	Messgeräten Drahtlose Geräteverbindung mit Funk Modul ZA 1719-BNV	426
5.3.2.2	Drahtlose Fühlerverbindung mit Funk-Fühler-Messgerät MA 2790-BTFV	427
6	Bedienung über serielle Schnittstelle	431
6.1	Bedienung über Software ALMEMO®-Control	431
6.1.1	Konfiguration der Schnittstelle	431
6.1.2	Programmieren und Speicherauslesen über Menüs	431
6.1.3	Bedienung über Terminal	431
6.1.4	Datei in Tabellenkalkulation einlesen	432
6.2	Geräteprogrammierung	433
6.2.1	Anwahl eines Messgerätes	433
6.2.2	Ausgabe der Programmierung	433
6.2.3	Individueller Druckkopf / Gerätebezeichnung	433
6.2.4	Ausgabe der Gerätekonfiguration	434
6.2.5	Luftdruck- und Temperaturkompensation	434
6.2.6	Hysterese	435
6.2.7	Uhrzeit und Datum	435
6.3	Fühlerprogrammierung	437
6.3.1	Eingabekanal anwählen	437
6.3.2	Programmierung ausgeben	437
6.3.3	Messbereichswahl	437
6.3.4	Funktionskanäle	439
6.3.5	Dimensionsänderung	440
6.3.6	Messstellenbezeichnung	440
6.3.7	Mittelungsmodus	440
6.3.8	Programmierwerte eingeben	441
6.3.9	Grenzwerte	441
6.3.10	Korrekturwerte	441
6.3.11	Bezugswert, Skalierung, Dezimalpunkteinstellung	442
6.3.12	Fühlerverriegelung	443
6.3.13	Sondermessbereiche, Linearisierung, Mehrpunktkalibration	444
6.4	Messwerte erfassen	447
6.4.1	Anwahl einer Messstelle	447
6.4.2	Messwerte	447

Inhaltsverzeichnis

6.4.3	Spitzenwerte	447
6.4.4	Messwertliste ausgeben	448
6.5	Messstellenabfrage und Messwertausgabe	449
6.5.1	Messwertausgabe/-speicherung	449
6.5.1.1	Einmalige Ausgabe / Speicherung aller Messstellen	449
6.5.1.2	Zyklische Ausgabe / Speicherung aller Messstellen	450
6.5.1.3	Kontinuierliche Messwertausgabe / -speicherung	450
6.5.2	Druckzyklus	451
6.5.3	Messzyklus	451
6.5.4	Wandlungsrate	451
6.5.5	Ausgabeform einstellen	452
6.6	Starten und Stoppen der Messung	453
6.6.1	Über Schnittstelle, Ausgabeprotokolle	453
6.6.2	Anfangs-Endezeit, Messdauer	454
6.6.3	Grenzwertaktionen	454
6.6.4	Externe Triggerung	455
6.6.5	Makros	455
6.7	Messfunktionen bei Messstellenabfragen	457
6.7.1	Impulsmessung, Summenbildung	457
6.7.2	Luftdruckkompensation	457
6.7.3	Vergleichsstellentemperaturmessung mit externem Fühler	457
6.7.4	Mittelwertbildung	458
6.7.5	Volumenstrommessung	460
6.8	Nummerierung von Messungen	461
6.9	Messwertspeicher	462
6.9.1	Datenspeicherung in externen Speichermedien	462
6.9.2	Messdatenaufnahme	463
6.9.2.1	Abfragemodi	464
6.9.3	Messdatenausgabe	465
6.9.3.1	Speicherausgabe auf die serielle Schnittstelle	465
6.9.3.2	Selektive Speicherausgabe	466
6.9.4	Auslesen ext. Speichercards mit USB-Lesegerät	467

Inhaltsverzeichnis

6.10	Spezialfunktionen	468
6.10.1	Ausgabe der erweiterten Fühlerprogrammierung	468
6.10.2	Eingangsmultiplexer ändern	469
6.10.3	Elementflags	469
6.10.4	Ausgabefunktion ändern	470
6.10.5	Minimale Fühlerversorgungsspannung	471
6.10.6	Druckzyklusfaktor	471
6.10.7	Analogausgangsfunktionen	471
6.10.8	Zuordnung der Alarmrelais zu Grenzwerten	472
6.10.9	Konfiguration der Ausgangsmodule	473
6.10.10	Ansteuerung von Ausgangsrelais	474
6.10.11	Ausgabe der Geräteversion	474
6.10.12	Baudrate ändern	475
6.10.13	Gerätekonfiguration	475
6.10.13.1	Betriebsparameter:	475
7	Befehlsübersicht V6-Protokoll	477
7.1	Messwertverarbeitung	477
7.2	Messstellenabfragen, Messdatenaufnahme und ausgabe	479
7.2.1	Ablaufsteuerung	479
7.2.2	Einmalige manuelle Messstellenabfrage und Ausgabe	480
7.2.3	Zyklische Messstellenabfrage und Ausgabe starten	480
7.3	Messwertspeicherausgaben	482
7.4	Fühlerprogrammierung	484
7.4.1	Messbereiche:	484
7.4.2	Messwertskalierung und -korrektur	486
7.4.3	Grenzwerte	486
7.4.4	Sonderfunktionen	487
7.5	Geräteprogrammierung	489
7.5.1	Ausgabe der Geräteparameter	489
7.5.2	Simulator programmieren:	491
7.5.3	Menükonfiguration	492

Inhaltsverzeichnis

8	V7-Funktionen und V7-Protokoll	495
8.1	ALMEMO® V7-Messsystem	495
8.2	Verbesserungen und Änderungen beim V7-System	496
8.2.1	Kanalzahl und -nummerierung der Fühler	496
8.2.2	Messgeschwindigkeit	496
8.2.3	Messwertumfang	497
8.2.4	Messbereiche	498
8.2.5	Dimension und Kommentar	498
8.2.6	Konfiguration von ALMEMO®-D7-Fühlern	498
8.2.7	Sleepverlängerung	498
8.2.8	Sollwerte	498
8.2.9	Alarmrelais von Grenzwerten	499
8.2.10	Eingangsmultiplexer ändern	499
8.2.11	Eichwerte eingeben	499
8.2.12	Speicher	499
8.2.13	Abfrage der Fühlerprogrammierung	499
8.2.14	Abfrage der Geräteprogrammierung	500
8.2.15	Messkanalabfrage	501
8.2.16	Messwertliste	501
8.2.17	Mittelungszeit	501
8.2.18	Kompatibilität	502
8.2.19	Verlängerungskabel	502
8.2.20	Protokolländerungen	502
8.3	Befehlsübersicht V7-Protokoll	503
8.3.1	Messwertverarbeitung	503
8.3.2	Messkanalabfragen, Messdatenaufnahme und -ausgabe	503
8.3.2.1	Ablaufsteuerung	503
8.3.2.2	Einmalige manuelle Messkanalabfrage und Ausgabe	504
8.3.2.3	Zyklische Messkanalabfrage und Ausgabe starten	505
8.3.2.4	Laufende Messwerte ausgeben	505
8.3.3	Messwertspeicherausgaben	505
8.3.4	Fühlerprogrammierung	506
8.3.4.1	Messbereiche geändert gegenüber V6 (Formel Dr. Sonntag)	507
8.3.4.2	Messwertskalierung u. -korrektur	507
8.3.4.3	Grenzwerte	507
8.3.4.4	Sonderfunktionen	508
8.3.4.5	Ausgabe der Fühlerprogrammierung	509

Inhaltsverzeichnis

8.3.4.6	Direkter Zugriff auf die D7-Fühler, bzw. über V7-Gerät:	509
8.3.5	Geräteprogrammierung	511
8.3.5.1	Ausgabe der Geräteparameter	512
8.3.5.2	Ausgabe der Ausgangsmodule	513
8.3.5.3	Speicherkonfiguration	514
8.3.5.4	Ausgabe aller Makros	514
8.3.5.5	Menükonfiguration 710	514
9	Stichwortverzeichnis	517

1 Einführung in die ALMEMO® Technologie

Das ALMEMO® System besteht aus einem ALMEMO® Messgerät und intelligenten ALMEMO® Anschlusssteckern für entsprechende Sensorik. Es stehen vom 1-Kanal-Transmitter bis zur Messdatenerfassungsanlage mit über 1000 Messstellen die unterschiedlichsten Geräteausführungen zur Verfügung. Die meisten Messgeräte der Serie ALMEMO® unterscheiden sich nur in der Bauform (Handgerät, Tischgerät, 19“-Anlage, Schalttafelgerät, Transmitter...), in der Anzahl der Messeingänge, in den Anzeige-, Ausgabe- und Bedienelementen, sowie in der Stromversorgung. Durch den intelligenten ALMEMO® Stecker werden die Geräte beim Anstecken von Standardfühlern und der Schnittstellenkabel bis auf die zeitliche Ablaufsteuerung vollständig programmiert. Sie verfügen über einen einheitlichen Funktionsumfang mit konfigurierbaren Optionen. Alle Parameter sind über die Schnittstelle zugänglich und lassen sich beliebig ändern, da die Datenträger in den Steckern immer wieder überschrieben werden können. Alle Geräte verfügen über die gleiche Messeingangsschaltung. Für branchenübergreifende Anwendungen stehen mehr als 60 Standard-Messbereiche zur Verfügung. Mittelungen über Messwerte können auf drei verschiedene Arten durchgeführt werden. Es kann über mehrere manuelle Messstellenabfragen, über alle Messwerte innerhalb eines Zyklus oder über alle Messwerte von Anfang bis Ende einer Messung gemittelt werden. Sollen Grenzwerte überwacht werden, kann dies über die Programmierung von Max/Min-Werten in den ALMEMO® Stecker geschehen.

Die Geräte sind mit hochauflösendem AD-Wandler, digitaler Linearisierung und digitaler Kalibration ausgestattet. Eine optimale Vergleichsstellenkompensation wird durch Präzisionsthermistoren in der Buchsenfeder gewährleistet. Messeingänge, Stromversorgung und Schnittstellen sind galvanisch voneinander getrennt. Der interne Messdatenspeicher der ALMEMO® Datenlogger ist extern erweiterbar und als Linear- oder Ringspeicher konfigurierbar. Der Speicher kann selektiv nach Zeit und Nummer ausgelesen werden. Die Umschaltung der Messstellen erfolgt galvanisch getrennt mit absolut verschleißfreien Halbleiterrelais.

Mess- und Ausgabezyklen sind unabhängig wählbar. Es steht auch eine Ausgabe oder Speicherung von Mess- und Mittelwerten, sowie Min- und Maxwerten zur Verfügung. Start und Ende einer Messstellenabfrage sind variabel steuerbar (über Tastatur oder Schnittstelle, über Uhrzeit und Datum, durch Grenzwerte oder externes Signal). Alle Messgeräte sind über die Schnittstelle adressierbar und damit vernetzungsfähig. Bis zu 100 Geräte lassen sich über Kabel oder drahtlos vernetzen.

Maximale Individualität

ALMEMO® Geräte können in völlig unterschiedlichen Applikationen eingesetzt werden. Die Messgeräte erkennen automatisch die Kenndaten des angeschlossenen Fühlers. Bestimmte Funktionen werden erst mit dem entsprechenden Stecker, Schnittstellenkabel oder Modul aktiviert. Bei aufgesteckten Feuchtefühlern werden z. B. Taupunkt, Mischungsverhältnis, Dampfdruck und Enthalpie automatisch berechnet. Bei aufgesteckten Psychrometern, Staudrucksonden und Sonden für gelösten Sauerstoff kann der aktuelle Luftdruck eingegeben oder automatisch über Druckaufnehmer kompensiert werden. Bei der Messung von Staudruck, pH, Luftfeuchte, gelösten Sauerstoff und Leitfähigkeit lässt sich der Temperatureinfluss kompensieren. Bei Strömungssonden kann für Volumenstrommessungen der Querschnitt eingegeben werden. Für spezielle Sensoren gibt es Stecker mit integrierter Anpassungselektronik.

Nur ein Messgerät für alle Sensoren

Der intelligente ALMEMO® Eingangsstecker macht jede Messanordnung zu einem außerordentlich flexiblen Messsystem. Statt der vorkonfektionierten ALMEMO® Fühler, können auch eigene, bereits vorhandene Messwertgeber genutzt werden. Dazu sind vorprogrammierte ALMEMO® Stecker mit den jeweils notwendigen Sensorparametern und dem passenden Messbereich lieferbar. Die Stecker verfügen über sechs Schraubklemmen und lassen sich leicht anschließen. Bei allen Geräten und Steckern ist es möglich jede Messstelle mit einer Bezeichnung zu versehen. Diese individuelle Fühlerbezeichnung macht den Messaufbau übersichtlich und verhindert Verwechslungen. Zudem können Sensorsignal und Dimension skaliert und der Messwert in Nullpunkt und Steigung korrigiert werden. Einige Messgeräte bieten mit ALMEMO® Steckern die Möglichkeit Mehrpunktkalibrierungen im Stecker zu speichern oder eigene Linearisierungen mit bis zu 30 Punkten in den Stecker zu programmieren (einfache Stützpunkteingabe mit Soll- und Istwerttabelle über Software ALMEMO® Control, beliebige im Stecker programmierte Sondermessbereiche). Kalibriertermine können im Stecker verwaltet und mit einer automatischen Meldung angezeigt werden.

Einführung in die ALMEMO® Technologie

Durch die Möglichkeit Sensorfehler im Stecker zu korrigieren, werden einfache Sensoren zu präzisen Messwert-Aufnehmern. Ihre Funktionen und Genauigkeit wird durch die ALMEMO® Messtechnik erhöht. Normsignale lassen sich in ihrer Originalgröße darstellen. Für Mehrfachfühler, z. B. Temperatur und Luftfeuchte, wird nur ein Stecker benötigt. Die Programmierung erfolgt problemlos über die Gerätetastatur, über Terminal oder Software und lässt sich durch eine gestaffelte Verriegelung schützen. Alle Einstellungen und Programmierungen können über die im Lieferumfang enthaltene Windows Konfigurationssoftware ALMEMO® Control vorgenommen werden.

ALMEMO® Digitaltechnologie

Über digitale ALMEMO® D6 und D7 Stecker können zahlreiche analoge Sensoren und Messgrößen digitalisiert werden. Damit ist das ALMEMO® System offen für beliebige Erweiterungen der Messgrößen, Messfunktionen und Anwendungen. Neue Messbereiche und Linearisierungen werden unabhängig vom ALMEMO® Messgerät im digitalen ALMEMO® D6 oder D7 Stecker hinterlegt. Die Gesamtgenauigkeit des digitalisierten ALMEMO® Fühlers bleibt unabhängig vom Gerät und angeschlossenen Verlängerungskabeln. Die vollständige Messkette, bestehend aus dem Sensor und dem angeschlossenen ALMEMO® D6 oder D7 Stecker (mit eigenem AD-Wandler), wird kalibriert (DAkS / Werk) und kann beliebig ersetzt bzw. getauscht werden. Steckbare, digitale Verlängerungskabel bieten eine hohe Übertragungssicherheit.

Wichtig! ALMEMO® D7 Stecker sind nur an die aktuellen ALMEMO® Messgeräte der Version V7 anschließbar (u.a. ALMEMO® 500, ALMEMO® 710, ALMEMO® 809, ALMEMO® 202, ALMEMO® 470).

Digitale ALMEMO® D7 Stecker ermöglichen hohe Messgeschwindigkeiten und hohe Präzision. Sie sind damit für die unterschiedlichsten Messaufgaben einsetzbar. Dynamische Vorgänge werden vom ALMEMO® D7 Stecker mit schneller Wandlungsrate gemessen (Bereich: Schnelle Messung). Sind hohe Auflösungen und stabile Werte z.B. bei Präzisionsmesswertaufnehmern gefordert, arbeitet der ALMEMO® D7 Stecker mit reduzierter Wandlungsrate (Bereich: Hohe Auflösung). Der digitale ALMEMO® D7 Stecker verfügt über einen eigenen eingebauten AD-Wandler. Die Messrate wird einzig durch den AD-Wandler bestimmt. Am ALMEMO® V7-Messgerät arbeiten alle D7-Messstecker parallel mit ihrer eigenen Messrate. Damit werden hohe Messgeschwindigkeiten erreicht.

In jedem ALMEMO® D7-Stecker sind bis zu 10 Mess- und Funktionskanäle möglich. Die Messwerte können mit einer bis zu 6-stelligen Dimension versehen werden. Zur Fühlerkennzeichnung kann ein bis zu 20-stelliger Kommentar programmiert werden. Die Konfiguration des ALMEMO® Steckers erfolgt durch den Anwender ganz einfach am ALMEMO® V7 Messgerät.

Offen für jede Peripherie

Fühler mit analogen oder digitalen Ausgangssignalen können über verschiedene Anschlussstecker bzw. –kabel an die Eingänge der ALMEMO® Messgeräte angeschlossen werden.

An deren Ausgänge wiederum können je nach Anforderung unterschiedlichste Adapter gesteckt werden, z. B.: Analogausgänge, verschiedene Schnittstellen (USB, RS232, RS485, WLAN, LWL, Ethernet, Funk), Alarmgeber oder Triggereingänge. Für Fernabfragen können die Daten auch über Internet oder Mobilfunk übertragen werden.

Für Tabellenkalkulationen stehen passende Ausgabeformate zur Verfügung. Zur graphischen Darstellung und Auswertung der Messdaten sind verschiedene Softwarepakete verfügbar.

2 ALMEMO® Messgeräte

Messprinzip

Wie schon in Kapitel 1 beschrieben, besteht das ALMEMO® System aus einem ALMEMO® Messgerät und intelligenten ALMEMO® Anschlusssteckern für entsprechende Sensorik. Die ALMEMO® Geräte übernehmen automatisch die im Fühlerstecker abgelegten Kenndaten des angeschlossenen Fühlers und werden so bis auf die zeitliche Ablaufsteuerung schon vollständig programmiert.

Eigenschaften der Messgeräte

Ausstattung

Messeingänge

Während kleinere ALMEMO® Messgeräte mit einem, zwei oder vier Messeingängen ausgestattet sind, bieten die großen Messwerterfassungsanlagen bis zu 190 Messeingänge. Die Messeingänge an den Messgeräten sind speziell für die ALMEMO® Stecker konzipiert.

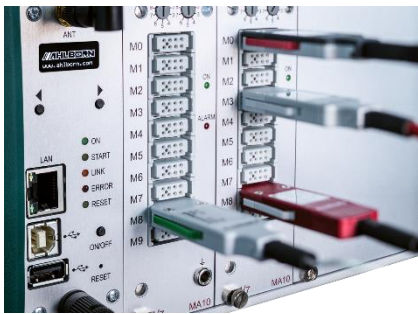


Abb. 2.1 Messeingänge am ALMEMO® 500

Für die Messwerterfassungsanlagen sind auch Einschubkarten für Miniatur-Thermostecker und für 10-fach-Stecker erhältlich.

Anzeige

Manche tragbaren Messgeräte sind mit einem einfachen LC-Display ausgestattet.



Abb. 2.2 LC-Display

Mehr Komfort bieten Messgeräte mit einem Grafikdisplay, das im Hinblick auf Übersichtlichkeit und Programmiermöglichkeit große Vorteile hat.

ALMEMO® Messgeräte



Abb. 2.3 Grafikdisplay

Das Messgerät MA710 besitzt ein Touch Display, das neben den Einstellungen des Messgeräts und der Stecker auch Messwerte in Tabellen- oder Diagrammform sichtbar macht.

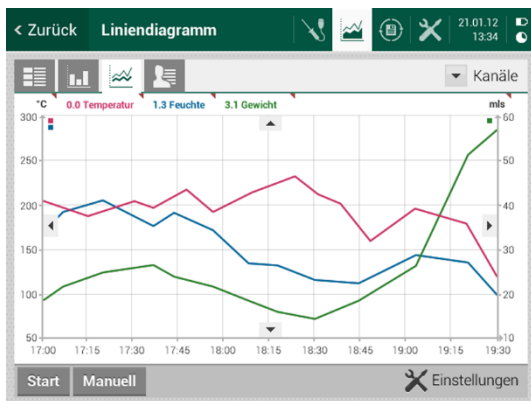


Abb. 2.4 Messgerät MA710 Touchscreen

Die Messwerterfassungsanlage MA500 benutzt als Anzeige ein Tablet mit dafür eigens programmierter App. Die App steht für Android, Windows und Apple IOS zur Verfügung.



Abb. 2.5 Tablet mit App für die Messwerterfassungsanlage MA500

Datenloggerfunktion

Die meisten ALMEMO® Messgeräte besitzen eine Datenloggerfunktion, können also Daten automatisch in einen Speicher schreiben.

Während die meisten Messgeräte mit internem Speicher ausgerüstet sind, gibt es auch Messgeräte deren Datenloggerfunktion beim Anstecken eines externen Speichers aktiviert wird. Um sie als Datenlogger zu benutzen, müssen sie mit dem Speicherstecker ZA1904SD betrieben werden.

Speicher

Die Speicher der einfacheren Geräte können in einem internen Flash-Speicher bis zu 100.000 Messwerte aufnehmen. Dagegen ist das Messwerterfassungssystem MA500 mit einem internen, SD-basierten Speicher ausgestattet, der bis zu ca. 600 Mio. Messwerte umfassen kann.

Schnittstellen

ALMEMO® Buchse A1

Digitale Schnittstelle: Baudraten: bis 921 kBaud, Daten 8-Bit seriell, 1 Startbit, 1 Stoppbit, keine Parität

ALMEMO® Datenverbindung über USB, RS232, Ethernet, drahtlos mit Funk, WLAN, Mobilfunk, Cloud, siehe Kapitel Netzwerktechnik

Analogausgang: ALMEMO® Analogkabel und Analog-Interface, siehe Kapitel Ausgangsmodule

ALMEMO® Buchse A2

Vernetzung: ALMEMO® Netzkabel oder drahtlos mit Funk, siehe Kapitel Netzwerktechnik

Datenspeicherung: ALMEMO® Speicherstecker mit Speicherkarte, siehe Kapitel Allgemeines Zubehör

Analogausgang: ALMEMO® Analogkabel und Analog-Interface, siehe Kapitel Ausgangsmodule

Triggereingang: ALMEMO® Analogkabel und Analog-Interface, siehe Kapitel Ausgangsmodule

Relaisausgang: ALMEMO® Triggerkabel und Trigger-Interface, siehe Kapitel Ausgangsmodule ALMEMO® Relaiskabel und Relais-Interface, siehe Kapitel

Stromversorgung




Ausgangsmodule

Die Stromversorgung der Geräte kann einerseits über sorgfältig ausgewählte Netzteile geschehen, andererseits können die meisten Geräte über Batterien oder in den Geräten wiederaufladbare Akkus versorgt werden. Die Messwerterfassungsanlage MA500 kann mit Akku-Einschüben (Ladungsmenge bis zu ca. 14 Ah) ausgestattet werden.

Ausführungen

	Messeingänge	Erweiterungen	Anzeige	Grafische Anzeige	Datenloggerfunktion	Speicher eingebaut	Schnittstelle/Ausgänge	Präzisionsklasse	Messungen/s max.	Messbereiche	eigene Mehrpunktjustage	Tragbares Gerät	Tischgerät	Einbaugerät	Katalogseite
Kompaktes Messgerät ALMEMO® 2450-1	1		✓				✓	C	2,5	35		✓			01.16
Basismessgerät ALMEMO® 2490-1	1		✓				✓	B	10	65		✓			01.18
ALMEMO® 2490-2	2		✓				✓	B	10	65		✓			01.18
Profimessgerät ALMEMO® 202 V7	2			✓	✓		✓		1000		opt.	✓			01.20
ALMEMO® 2470-1S/-SCRH	1		✓		✓	✓	✓	A	10	65		✓			01.22
ALMEMO® 2470-2S	2		✓		✓	✓	✓	A	10	65		✓			01.22
ALMEMO® 2470-2	2		✓				✓	A	10	65		✓			01.22
ALMEMO® 2590-2A	2			✓	✓		✓	A	10	65		✓			01.25
ALMEMO® 2590-4AS	4			✓	✓	✓	✓	A	10	65		✓			01.25
Präzisionsmessgerät ALMEMO® 2690-8A	5			✓	✓	✓	✓	AA	100	66	opt.	✓			01.28
ALMEMO® 2890-9	9			✓	✓	✓	✓	AA	100	66	opt.	✓			01.30
ALMEMO® 710 V7	10			✓	✓	✓	✓	AA	2000	66	opt.	✓			01.32
ALMEMO® 8590-9	9				✓	opt.	✓	AA	100	66	opt.		✓		01.36
ALMEMO® 8690-9A	9				✓	opt.	✓	AA	100	66	opt.		✓		01.36
ALMEMO® 809 V7	9				✓	✓	✓	AA	2000	66	opt.		✓		01.38
ALMEMO® 5690-1M09	9	opt.			✓	opt.	✓	AA	100	66	opt.		✓		01.40
ALMEMO® 5690-2M09	9	opt.		✓	✓	✓	✓	AA	100	66	opt.		✓		01.40
ALMEMO® 5790-2M09	9	opt.		✓	✓	opt.	✓	AA	100	66	opt.			✓	01.40
ALMEMO® 5690-1CPU		opt.			✓	✓	✓	AA	100	66	opt.		✓		01.48
ALMEMO® 5690-2CPU		opt.		✓	✓	✓	✓	AA	100	66	opt.		✓		01.48
ALMEMO® 5790-2CPU		opt.		✓	✓	✓	✓	AA	100	66	opt.			✓	01.48
ALMEMO® 500 CPU V7	20	opt.		✓	✓	✓	✓	AA	4000	66	opt.		✓	✓	01.54
ALMEMO® 4390-2	1		✓		✓	✓	✓	AA	100	66				✓	01.60
Kompaktes Gerät (Transmitter) ALMEMO® 2450-1R02	1		✓				✓	C	2,5	35				✓	01.58
Basismessgerät (Transmitter) ALMEMO® 2490-1R02	1		✓				✓	B	10	65				✓	01.58
ALMEMO® 2490-2R02	2		✓				✓	B	10	65				✓	01.58
Referenzmessgerät ALMEMO® 1020-2 X6	2			✓	✓		✓	AS	1,25	4	✓	✓			01.62
ALMEMO® 1030-2 X6	2			✓	✓		✓	AS	1,25	1	✓	✓			01.65
ALMEMO® 1036-2 X6	2			✓	✓		✓	AS	1,25	7	✓	✓			01.67
ALMEMO® 8036 X6	9				✓		✓	AS	1,25	7	✓		✓		01.69

ALMEMO® Geräte sind als tragbare Geräte, Tischgeräte und Einbaugeräte erhältlich:

Art des Geräts	Beispiel
Tragbares Gerät	
Tischgerät	
Einbaugerät	

Mögliche Messbereiche der Geräte 2450, 2490, 2470 und aller weiteren ALMEMO®-Geräte

Sensoren	Artikelnummer	2450	2490	2470	alle weiteren Geräte
Temperatur					
Thermoelementfühler:					
NiCr-Ni Typ K (NiCr)	FTA xxx	×	×	×	×
NiCroSil-NiSil Typ N (NiSi)		×	×	×	×
Fe-CuNi Typ L/J (FeCo/IrCo)		×	×	×	×
Cu-CuNi Typ U/T (CuCo/CoCo)		×	×	×	×
PtRh10-Pt Typ S (Pt10)		×	×	×	×
PtRh13-Pt Typ R (Pt13)		Bereich	×	×	×
PtRh30-PtRh6 Typ B (EL18)		Bereich	×	×	×
AuFe-Cr (AuFe)		Bereich	×	×	×
Widerstands-					
Temperaturfühler:					
Pt100/1000 (P104, P204)	FPA xxx	Bereich	×	×	×
Ni100/1000 (N104)		Bereich	×	×	×
NTC Typ N (NTC)	FNA xxx	×	×	×	×
Wärmefluss					
Wärmefluss	FQA xxx, FQADxx	×	×	×	×

Sensoren	Artikelnummer	2450	2490	2470	alle weiteren Geräte
Luftfeuchte					
Kapazitiv mit NTC	FHA 646 xxx	×	×	×	×
Digitaler Feuchte-/Temperatursensor	FHAD 46x	×	×	×	×
Digitaler Feuchte-/Temperatursensor	FHAD 36 Rx	×	×	×	×
Psychrometrisch mit NTC	FNA 846	Bereich	Funktion	Funktion	×
Psychrometrisch mit Pt100 (2 Stecker)	FPA 8363	Bereich	Funktion	Funktion	×
Digitales Psychrometer	FNAD 46, FNAD 463	×	×	×	×
Taupunkt					
Digitaler Taupunktsensor	FHA 646 DTC1	×	×	×	×
Betauungsdetektor	FHA 9461	×	×	×	×
Materialfeuchte					
Wasserdetektorsonde	FHA 936 WD	×	×	×	×
Materialfeuchtegeber	FHA 696 MF	Funktion	Funktion	×	×
Holzfeuchtesonde	FHA 636 MFx, FHA 696 MFS1	×	×	×	×
Granulat-Materialfeuchtesensor	FHA 696 GF1	×	×	×	×
Bodenfeuchte, Tensiometer	FDA 602 TM	×	×	×	×
Luftströmung					
Flügelräder für Luft	FVAD 15 Sxxx, FVAD 15 MA1	×	×	×	×
Differenzdruck für Staurohrmessung	FDA 602 S1K, FDA 602 S6K	Bereich	×	×	×
Thermoanemometersonde	FVAD 35 THxx	×	×	×	×
Thermoelektrischer Strömungssensor	FVA 605 TAx	×	×	×	×
* kein Mittelwertkanal für Strömungsmessung möglich (kein Start einer kont. oder zykl. Messung)					
** für 1 Messkanal Dämpfung möglich					
Druck					
Druckaufnehmer für flüssige und gasförmige Medien	FDA 602 Lxx	×	×	×	×
Temperaturkompens. Druckaufnehmer	FD 8214	×	×	×	×
Differenztransmitter	FDA 602 D	×	×	×	×
Digitaler Druckfühler	FDAD 33, FDAD 35M	×	×	×	×
Druckaufnehmer für Wandmontage	FD 8612 DPS / APS / DPT	×	×	×	×
Barometrischer Druck	FDA 612 SA	Bereich	×	×	×
Barometrischer Druck digital	FDAD 12 SA	×	×	×	×
Druckmessstecker für Differenzdruck	FDA 612 SR, FDA 602 SxK	Bereich	×	×	×
Kraft					
Zug- und Druckkraft	FKA xxx	×	×	×	×
* nur temporäres Nullsetzen möglich (kein Endwertabgleich)					

Sensoren	Artikelnummer	2450	2490	2470	alle weiteren Geräte
Drehzahlgeber					
Drehzahlgeber	FUA 9192	×	×	×	×
Weg					
Wegaufnehmer, potentiometrisch	FWA xxx T	×	×	×	×
Wegtaster, potentiometrisch	FWA xxx TR	×	×	×	×
* nur temporäres Nullsetzen möglich (kein Endwertabgleich)					
Durchfluss					
Axial-Turbinen-Durchflussmesser für Flüssigkeiten	FVA 915 VTHxxx	×	×	×	×
Strömungssensor mit Temperatur	FVA 645 GVx	×	×	×	×
Elektrische Größen					
Zangenstromwandler für Wechselstrom	FEA 6042, FEA 604 MN, FEA 6044 N	×	×	×	×
ALMEMO® Messmodule für					
Gleichspannung, Gleichstrom	ZA 9900 ABx, ZA 9901 ABx	×	×	×	×
Wechselspannung, Wechselstrom	ZA 9903 ABx, ZA 9904 ABx	×	×	×	×
Meteorologie					
Meteo-Multigeber (2 Stecker)	FMA 510, FMA 510H	Funktion	×	×	×
Windgeschwindigkeitsgeber	FVA 615-2	×	×	×	×
Windrichtungsgeber	FVA 614	×	×	×	×
Niederschlagsgeber	FRA 916, FRA 916 H	Funktion	Funktion	×	×
Regendetektor	FRA 616 D	×	×	×	×
Strahlungsmesskopf	FLA 613 x	×	×	×	×
Sternpyranometer	FLA 628 S	×	×	×	×
* für ALMEMO® 2470-2: fehlende Funktion					
Raumklima					
Globe-Thermometer	FPA 805 GTS	Bereich	×	×	×
Optische Strahlung					
Strahlungsensor	FLA 603 x	×	×	×	×
Strahlungsensor	FLA 613 x	×	×	×	×
Strahlungsensor	FLA 623 x	×	×	×	×
Digitaler Farbtemperaturfühler	FLAD 23 CCTx	×	×	×	×
Wasseranalytik					
PH-Einstabmesskette	FY 96 PH x	Abgleich	×	×	×
Redox-Einstabmesskette	FY 96 RXEK	Abgleich	×	×	×
Leitfähigkeitssonde	FYA 641 LF xxx	Bereich	×	×	×
Sauerstoffsensor	FYA 640 O2	Abgleich	×	×	×
Gaskonzentration in Luft					
Digitaler Kohlendioxid-Handfühler	FYAD 00 CO2	×	×	×	×
Kohlendioxid-Sonde	FYA 600 CO2	Bereich	×	×	×
Kohlenmonoxid-Sonde	FYA 600 CO	×	×	×	×

Sensoren	Artikelnummer	2450	2490	2470	alle weiteren Geräte
Sauerstoff-Sonde	FYA 600 O2	Abgleich	×	×	×
Ozon-Messumformer	FYA 600 O3	×	×	×	×
Gassonden	FYA 600 Ax	×	×	×	×
Infrarot Temperaturmessung					
ALMEMO® IR-Messkopf	FIA 844	×	×	×	×
IR-Messkopf	MR 7838, MR 7842	×	×	×	×
IR-Handgerät	MR 781420 SB	×	×	×	×
Digitaler IR-Fühler	FIAD 43	×	×	×	×
* Emissionsgrad nicht veränderbar					

Einschränkungen in der Funktionalität:

- Bereich: fehlender oder eingeschränkter Messbereich → Messwert kann nicht dargestellt werden
- Funktion: fehlende Funktion, um sensorspezifische Messdaten (z.B.: Mittelwert/Zyklus) darzustellen bzw notwendige Programmierung vorzunehmen
- Abgleich: kein Messwertabgleich des Sensors möglich (Druck, Kraft, Weg ,O₂ ,pH, Leitfähigkeit)

Programmierung

Die Programmierung der ALMEMO® Messgeräte ist ausführlich in Kapitel 6.2 dieses Handbuchs beschrieben.

Alle Messbereiche, die mit den Messgeräten gemessen werden können, für die sie also eine Programmierung besitzen, sind in Kapitel 7.4.1 aufgelistet.

Technische Daten

Eingänge:

Kanalumschaltung zwischen den Eingangsbuchsen für analoge Fühler	4-polig mit Photo-MOS Relais: Potentialtrennung: max. 50 V (Messmodule mit höherer Potentialtrennung siehe Kapitel 4) Offsetspannung: < 5 µV
Vergleichsstellenkompensation: Nenntemperatur:	wirksam im Bereich –30 bis +100°C , Genauigkeit: ±0,2 K ±0,01 K/°C 22°C ±2 K
Fühlerspannungsversorgung:	6 V bis 12 V, je nach Stromversorgung
Selbstkalibration:	Automatische Nullpunktkorrektur, Messstromkalibration
Kontrollfunktionen:	Automatische Fühler- und Fühlerbruchererkennung

Genauigkeitsklassen der ALMEMO® Geräte

				Profimess- geräte	Präzisionsmessgeräte		Referenzmessgeräte
Präzisions- klasse		C	B	A	AA		A+
ALMEMO® Geräteserie	Geräte älter als V6-Serie	2450, 2420	2490	2470, 2790, 2590A	4390	500, 710, 809, 2690A, 2890, 5690, 8590, 8690	1020 1030/1036, 8036
Eingangsstrom	< 50 nA	0,5 nA, (2 nA OP)	100 pA, ab 1 V: 10 nA	100 pA	500 pA, 2 V: 500 nA	100 pA	500 pA 500 pA
Eingangsbereich	-4 bis +4 V	-0,26 bis 2,6V	-2 bis +5V	-1,9 bis +2,9 V	2,6 V: -3 bis +3 V sonst: -2,3 bis +1,3 V	-1,9 bis +2,9V -1,9 bis +2,6V	-2 bis +1,7 V
max. Überlast	±5 V	-4 bis +5 V	-2 bis +5 V	-2 bis +5 V	±12 V	±12 V	±3,3 V
System- genauigkeit	0,05% ± 4 Dig.	0,1% ± 4 Dig.	0,03% ± 4 Dig.	0,03% ± 3 Dig.	0,02% ± 2 Dig.		0,1 K ± 1 Dig. 0,010 K ± 1 Dig.
Messstrom	Pt100: 1 mA Pt1000: 0,1 mA		Pt100/1000: 0,3 mA	Pt100: 1 mA, Pt1000: 0,1 mA	Pt100: 1 mA, Pt1000: 0,1 mA	Pt100: ca. 1 mA, Pt1000: ca. 0,1 mA	Pt100: ca. 1 mA
TK	100 ppm/K	100 ppm/K	50 ppm/K	30 ppm/K	30 ppm/K		10 ppm/K 2 ppm/K
Messraten in Messungen/s	2,5 bis 10 M/s	2,5 M/s	2,5 bis 10M/s	2,5 bis 10M/s	2,5 bis 100 M/s Option 400 M/s* Option 500 M/s*		2,5 bis 1000 M/s 1,25 M/s

*Messrate 400 Messungen/s (Option SA0000Q4)

*Messrate 500 Messungen/s (Option SA0000Q5)

Zusätzlich zu den Standard-Wandlungsraten ist die Wandlungsrate 400 bzw. 500 Messungen/s einstellbar. Damit kann ein ausgewählter Messkanal mit einer Messrate von 400 bzw. 500 Messungen /s gespeichert werden. Dies ist nur mit NTC-Fühlern und Fühlern mit Spannungs- oder Strommessbereich möglich. Während der Messung ist ein Kanalwechsel nicht möglich.

Auflösung, Genauigkeit sowie Empfindlichkeit gegen Netzbrumm oder elektromagnetische Einstreuungen sind bei Anwendung dieser Optionen vergleichbar mit einer Messung bei der Wandlungsrate 50 Messungen/s. Auf störungsfreie Umgebung und kurze Fühlerleitungen ist zu achten!

Die Datenausgabe ist nur auf eine Micro-SD Karte möglich: Zubehör ZA1904SD, Speicherstecker mit Micro-SD. Die Daten werden im Tabellenformat (durch Semikolon getrennt) mit einem Zeitstempel mit der Auflösung 0,001 s gespeichert. Die Software WinControl kann dieses Format ab Version 6.1.1.6 verarbeiten.

Handhabung

Vorbereitung

Die in den Steckern enthaltene Elektronik kann durch Spannungsspitzen zerstört werden, die entstehen können, wenn die Stecker auf ein eingeschaltetes Gerät gesteckt werden. Deshalb sollten die ALMEMO® Stecker immer bei ausgeschaltetem Messgerät angeschlossen werden.

Schutz der Messgeräte

Die in den Datenblättern der Messgeräte angegebenen Arbeits- und Lagertemperaturen sind einzuhalten. Dort sind auch Angaben über den Bereich der Feuchtigkeit gemacht, in dem die Messgeräte betrieben werden können. Es ist besonders darauf zu achten, dass keine Feuchtigkeit bei einem plötzlichen Abfall der Temperatur auf den Platinen der Messgeräte kondensiert.

Wartung

Um die Zuverlässigkeit und Messgenauigkeit der Geräte zu erhalten, wird empfohlen, sie in regelmäßigen Abständen warten zu lassen.

3 ALMEMO® Fühler

An die ALMEMO® Messgeräte sind mit Hilfe von ca. 65 Messbereichen eine noch viel größere Zahl von Messwertgebern direkt ansteckbar und die exakten Messwerte können sofort abgelesen werden, ohne eine Einstellung am Gerät vornehmen zu müssen. Alle Fühler mit ALMEMO® Stecker sind generell mit Messbereich, Dimension und der evtl. nötigen Skalierung in einem EEPROM programmiert. Die zugehörigen Messkanäle werden automatisch aktiviert und durch den Fühler entsprechend eingestellt. Eine mechanische Kodierung sorgt dafür, dass Fühler und Ausgangsmodule nur an die richtigen Buchsen in der richtigen Stellung angesteckt werden können. Die Handhabung der Fühler und der Anschluss eigener Sensoren wird in den folgenden Kapiteln ausführlich dargestellt.

3.1 Verschiedene Arten von ALMEMO® Fühlern

3.1.1 ALMEMO® Standard-Fühler

Bei analogen Fühlern wird das elektrische Signal dem Messbereich entsprechend im Gerät erfasst und ausgewertet. Außerdem gibt es auch digitale Fühler, meist für digitale Signale mit dem Messbereich 'DIGI'. Sie enthalten einen eigenen Microcontroller im Stecker, der die Messwerte aufbereitet und über den I²C-Bus digital an das Messgerät übermittelt.

Alle ALMEMO® Fühler sind justierbar, d. h. Korrekturwerte des Sensors können im Anschlussstecker dauerhaft hinterlegt werden (siehe Kapitel 6.3.10). Wenn sie ein vergrößertes EEPROM im Stecker besitzen (E4), sind auch Mehrpunktkorrekturen möglich (siehe Kapitel 6.3.13). Bei DAkKS- oder Werkskalibrierungen können die Abweichungen sofort als Korrekturwerte im Stecker gespeichert werden.

3.1.2 Digitale ALMEMO® D6-Fühler

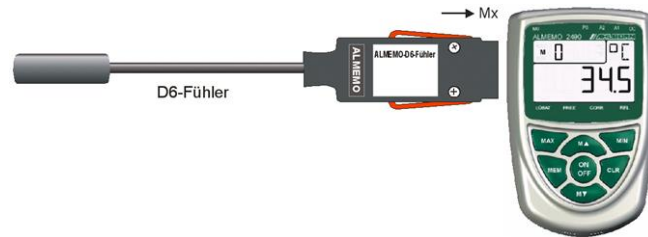
Die digitalen ALMEMO®-D6-Fühler zeichnen sich durch höchste Genauigkeit und Flexibilität aus. Die Digitalisierung des Messsignals geschieht im Stecker der D6-Fühler, was verschiedene Vorteile hat (siehe Kapitel 4, 'Grundlagen'). Sie sind außerdem neben der I²C-Schnittstelle der Standard-Fühler noch mit einer zweiten seriellen Schnittstelle (UART) ausgestattet. So kann mit ihnen an ALMEMO®-Geräten (ab V5, evtl. updaten) gemessen werden, während die Programmierung über die UART-Schnittstelle an V7-Geräten oder am PC direkt über ein spezielles Kabel erfolgt. Auf diese Weise können neue Funktionen und Bereiche, die von den ALMEMO®-Geräten selbst nicht unterstützt werden, über ein im Fühler gespeichertes Menü mit der Software ALMEMO®-Control konfiguriert und genutzt werden. Für die Messwerte stehen wie bisher verschiedene Funktionen für Abgleich, Korrektur und Mehrpunktjustage zur Verfügung. Als neue Funktion kann bei jedem D6-Fühler eine interne Messwertdämpfung programmiert werden (siehe unten).

Betrieb als Fühler an jedem ALMEMO®-Messgerät

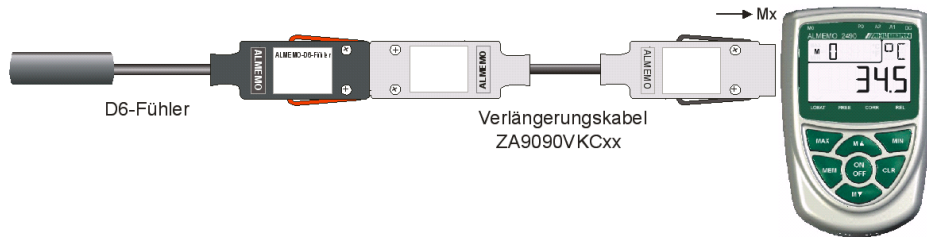
Der ALMEMO®-D6-Fühler liefert digitale Messwerte von 1 bis 4 Messkanälen über den Messbereich 'DIGI' an das ALMEMO®-Gerät, die dort wie gewohnt verarbeitet werden. Versteckte Kanäle (mit ~ gekennzeichnet) können über das ALMEMO®-Gerät aktiviert werden, genauso wie sich beliebige Kanäle ausschalten, bzw. deaktivieren und auch wieder aktivieren lassen. Bestimmte Funktionskanäle sind ebenso programmier- und nutzbar. Die Versorgung des Fühlers erfolgt über das Messgerät.

ALMEMO® Fühler

ohne Verlängerung



mit Verlängerung



Zur Verlängerung der Fühler am Gerät dienen die universellen Verlängerungskabel ZA9090-VKCxx, bei denen die Messwerte und die Steckerprogrammierung seriell und störsicher über RS485-Treiber übertragen werden (maximal 100m).

Zum Betrieb im Sleepmodus muss bei manchen Fühlern eine Sleepverlängerung programmiert werden.

Luftdruckmessung und -kompensation

Einige Messgrößen, die in der Messbereichsliste (siehe Kapitel 7.4.1) 'mit LK' gekennzeichnet sind, hängen vom Luftdruck ab, d.h. ohne dessen Berücksichtigung entstehen u.U. beachtliche Messfehler. Deshalb werden diese D6-Fühler serienmäßig oder optional mit einem Luftdrucksensor im ALMEMO®-Stecker ausgerüstet, der automatisch immer zur Luftdruckkompensation (LK) dient, sogar wenn der Kanal deaktiviert ist. Diese fühlerinterne Luftdruckkompensation kann jedoch nicht wie üblich im Gerät mit dem Kürzel CP angezeigt werden. Der Messwert Luftdruck ist zudem standardmäßig als Klimagröße programmiert.

Messwertkorrektur

Für die Primärmeßkanäle können Abgleichwerte oder eine Mehrpunktjustage im D6-Fühler abgelegt werden. Falls im ALMEMO®-Stecker Korrekturwerte (Nullpunkt, Steigung, Basis, Faktor) programmiert sind, werden diese vom ALMEMO®-Gerät normal verarbeitet.

Betrieb am PC über die serielle Schnittstelle

Der Betrieb eines D6-Fühlers über die serielle Schnittstelle dient zur Konfiguration des Fühlers (siehe unten). Je nach Betriebsart – am ALMEMO®-Messgerät oder direkt am PC über serielle Schnittstelle (USB, RS422) – können verschiedene Konfigurationen durchgeführt werden:

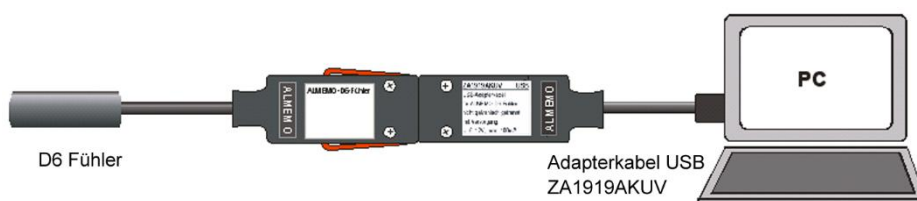
Funktionsvergleich	Betriebsart	
	am ALMEMO®-Gerät	direkt am PC, über USB-Kupplungs-Adapterkabel ZA1919AKUV, siehe unten
Messkanal deaktivieren	ja*	ja
Messkanal aktivieren (ohne Messbereichsänderung)	ja*	ja
D6-Messbereich ändern	nein	ja
V6-Funktionskanäle ändern/nutzen	ja*	nein
Luftdruck als Referenz für ALMEMO®-Gerät festlegen	ja*	ja
Luftdruck auf festen Wert programmieren	nein	ja
Dämpfung programmieren	nein	ja (siehe unten)
Korrekturwerte Nullpunkt, Steigung, Basis, Faktor programmieren	ja*	ja*
Mehrpunktjustage	ja**	nein

* siehe Geräte-Bedienungsanleitung bzw. ALMEMO Handbuch

** nur in Verbindung mit einem ALMEMO Gerät mit Option KL

Anschluss an den PC über USB-Kupplungs-Adapterkabel

Mit dem USB-Kupplungs-Adapterkabel ZA1919-AKUV kann der ALMEMO®-D6-Fühler direkt am PC angeschlossen werden. Ein Microcontroller im Adapterkabel stellt automatisch die nötige Spannungsversorgung sowie Baudrate und Geräteadresse des Fühlers ein (siehe unten, Schnittstelle)



Konfiguration am PC

Die D6-Fühler bieten über die zusätzliche serielle Schnittstelle die Möglichkeit, mit dem PC über die Software ALMEMO® Control (ab V. 5.14.0.330) neue Messbereiche und fühlerspezifische Funktionen wunschgemäß zu konfigurieren und dann den D6-Fühler an beliebigen ALMEMO®-Messgeräten zu betreiben.

In der Messstellenliste findet man dafür unter 'Bearbeiten' das individuelle 'Sensor-Menü'. Hier können in erster Linie die 4 Messstellen mit den besonderen D6-Messbereichen des D6-Fühlers programmiert werden. Die Messbereiche erscheinen auf der Schnittstelle mit neuen aussagekräftigen Kürzeln, während über die Messgeräte immer nur der Bereich 'DIGI' verwendet werden kann. Außer dem Bereich werden automatisch eine 2-stellige Dimension und ein Kommentar programmiert und danach der Kanal mit 5 verriegelt.

Funktionskanäle* sind entweder Parameter des Messgerätes oder werden vom Messgerät berechnet. Sie können deshalb in den meisten Fällen prinzipiell nicht vom Fühler bereitgestellt werden. Sie lassen sich deshalb vom PC aus nicht programmieren und auch nicht nutzen. Sind sie vom Gerät aus programmiert worden, dann erscheint

auf der Schnittstelle zwar der Bereich, aber kein Messwert und im Kommentar kommt die Meldung '!unusable'. Primärkanäle müssen nicht unbedingt aktiviert sein, wenn sie nicht vom Gerät korrigiert werden sollen. Das Löschen von Bereichen erfolgt in der Liste durch Anwahl von '---'.

Außerdem sind je nach Fühlertyp weitere Parameter (wie z.B. Luftdruck- oder Temperaturkompensation) einstellbar.

Luftdruckkompensation

Bei Fühlern mit Luftdrucksensor ist die Luftdruckkompensation serienmäßig auf 'Sensor' eingestellt, d.h. im Sensormenü wird der aktuelle Messwert unter 'Wert' angezeigt. Soll jedoch ein bestimmter Wert (Meereshöhe, Wetterbericht, Kanal) eingesetzt werden, dann lässt sich dieser Wert im Menüpunkt 'Wert' programmieren. Um den Messwert Luftdruck zur Kompensation anderer Fühler am ALMEMO®-Gerät zu verwenden, ist hier einfach der Punkt 'Referenz' anzuklicken. Damit wird das Kürzel '*P' in den Kommentar des Messkanals 'D AP' programmiert, sodass der Messwert auch im ALMEMO®-Gerät ständig zur Luftdruckkompensation zur Verfügung steht (siehe Kapitel 6.2.5).

Mittelungszeit (Dämpfung)

Alle Messwerte der Primärkanäle werden intern laufend mit der individuellen Refresh-Rate abgefragt. Sind diese Werte durch die Messbedingungen zu unruhig, dann lässt sich im Menü noch eine Mittelungszeit automatisch für beide Primärkanäle eintragen, die durch gleitende Mittelwertbildung die Messwerte dämpft.

Schnittstelle

Das USB-Kupplungs-Adapterkabel ZA1919-AKUV wird auf PC-Seite immer mit 115.2 kBd betrieben. Die Fühler selbst arbeiten standardmäßig auch mit 115.2 kBd. Nachfolgende Tabelle zeigt die unterstützten Befehle zur Konfiguration und Abfrage der Fühler während des Betriebs am PC.

Schnittstellenbefehle

Unterstützte Standardbefehle siehe Kapitel 7, Kennung: D6

Neue Befehle der D6-Module:

Ausgaben:	Befehle
Infoliste: Bereiche, Baudraten	P60
Konfigurationsmenü	P61
Intern: Abgleich, Mittelungszeit, Bereiche	P69
Eingaben:	
Programmierung abfragen:	P15
Neuinitialisierung:	fl C19
Luftdruck fix programmieren:	gxxxxx
Zurückschalten auf eingebauten Sensor:	g00000

Zur Aktivierung der seriellen Schnittstelle ist in jedem Fall eine Adressierung mit dem Befehl Gxx bzw. G-00 erforderlich.

Der CRC-Mode wird unterstützt.

ALMEMO® Fühler

An D6-Stecker adaptierte Sensoren

ALMEMO®-D6-Luftdruckfühler mit Temperaturkompensation
ALMEMO®-D6-Temperatur-Feuchtefühler, steckbares Sensorelement
ALMEMO®-D6-Temperatur-Feuchtefühler, druckdicht bis 16 bar
ALMEMO®-D6-Temperatur-Feuchtefühler mit Luftdruckkompensation
ALMEMO®-D6-NTC-Psychrometer mit Luftdruckkompensation
ALMEMO®-D6-Infrarot-Temperaturfühler
ALMEMO®-D6-NTC-Temperaturfühler
ALMEMO®-D6-Thermoanemometer 2 m/s mit Luftdruckkompensation
ALMEMO®-D6-Omnidirektionales Thermoanemometer
ALMEMO®-D6-Flügelräder
ALMEMO®-D6-Flügelräder
ALMEMO®-D6-Wärmeflussplatte mit Temperaturkompensation
ALMEMO®-D6-CO2-Fühler mit Luftdruckkompensation
ALMEMO®-D6-Präzisionsdrucksensor
ALMEMO®-D6-Farbtemperaturfühler
ALMEMO®-D6-V-Lambda Strahlungssensor

FDAD12-SA
FHAD46-C
FHAD46-C7
FHAD36-R
FNAD46
FIAD43
ZAD040-FS/FS2
FVAD35
FVAD05-TOK
FVAD15
FVAD15-H
FQADxx
FYAD00-CO2
FDAD33/35
FLAD23-CCT
FLAD03-VL1

Zubehör:

Intelligentes ALMEMO®-Verlängerungskabel für Fühler (xx in m)
USB-Adapterkabel mit Kupplung 6..12V, 200mA, Baudrate 115.2kBd

ZA9090-VKCxx
ZA1919-AKUV

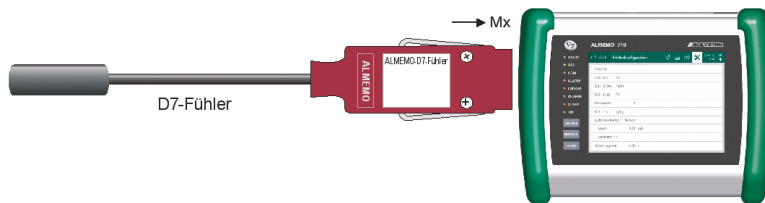
3.1.3 Digitale ALMEMO® D7-Fühler

Die neuen digitalen ALMEMO® D7-Fühler bieten wesentliche Vorteile durch zusätzliche Messgrößen, höhere Geschwindigkeit, erweiterten Messwertumfang und einer höheren Kanalzahl pro Fühler. Dabei ist eine effiziente Messung schneller und langsamer Fühler mit beliebigem Messwertumfang gleichzeitig möglich. Neue Messfunktionen und Bereiche, die von den ALMEMO® Geräten selbst nicht unterstützt werden, können über ein im Fühler gespeichertes Menü konfiguriert und genutzt werden. Dies macht das neue ALMEMO® D7-System flexibel und zukunftsfähig. Die Kommunikation von Fühler zu Messgerät erfolgt generell über eine serielle Schnittstelle. Damit lassen sich die D7-Fühler nur noch auf neue ALMEMO® V7-Geräte aufstecken. Für bis zu 4 Primärkanäle ist eine gleitende Mittelwertbildung intern konfigurierbar.

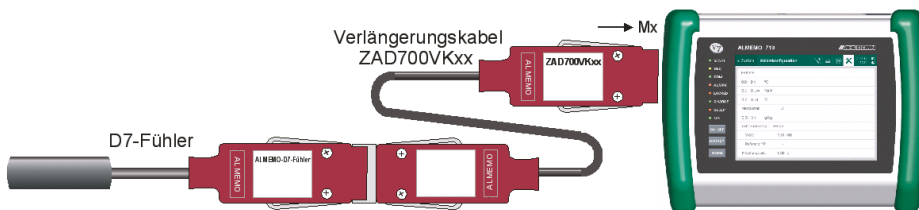
3.1.3.1 Betrieb als Fühler an ALMEMO® V7-Messgeräten

ALMEMO® D7-Fühler liefern ihre endgültigen digitalen Messwerte von 1 bis 10 Messkanälen annähernd gleichzeitig über die serielle Schnittstelle an das ALMEMO® V7-Gerät, die dort nur noch gespeichert oder ausgegeben werden. Funktionskanäle sind nur vom Gerät programmier- und nutzbar. Soll ein Messkanal nicht angezeigt werden, kann der Messbereich wie üblich über das ALMEMO® Gerät ausgeschaltet, bzw. deaktiviert und auch wieder aktiviert werden. Die Versorgung des Fühlers erfolgt über das Messgerät.

mit Verlängerung



ohne Verlängerung



Zur Verlängerung der Fühler am Gerät dienen die Verlängerungskabel ZAD700-VKxx, bei denen die Messwerte und die Steckerprogrammierung seriell störsicher über RS422-Treiber übertragen werden. Zur galvanischen Trennung gibt es zusätzlich ein kleines Adapterkabel ZAD700-GT.

Messwertkorrektur

Für die Primärmesskanäle können Abgleichwerte oder eine Mehrpunktjustage im D7-Fühler abgelegt werden (ab Werk oder über V7-Messgerät mit Option KL). Korrekturwerte (Nullpunkt, Steigung, Basis, Faktor) werden bereits im Fühler verarbeitet.

Sensormenü

Um die Zukunftsfähigkeit des neuen ALMEMO® V7-Messsystems auf lange Jahre ohne Änderung des Messgerätes zu erhalten, ist in jedem D7-Fühler ein individuelles Sensormenü gespeichert, das über die serielle Schnittstelle heruntergeladen werden kann. So ist es möglich, Messbereiche, Mittelungszeit zur Messwertdämpfung oder andere spezifische Fühlerfunktionen zu konfigurieren. Als Bediengerät kann ein neues ALMEMO® V7-Messgerät oder auch ein PC dienen.

3.1.3.2 Konfiguration am PC über USB-Adapterkabel

An den PC wird der ALMEMO® D7-Fühler mit dem USB-Kupplungs-Adapterkabel ZA1919-AKUV mit einer Baudrate von 115.2 kBd direkt angeschlossen. Ein Microcontroller im Adapterkabel stellt automatisch die nötige Spannungsversorgung sowie Baudrate und Geräteadresse des Fühlers ein.

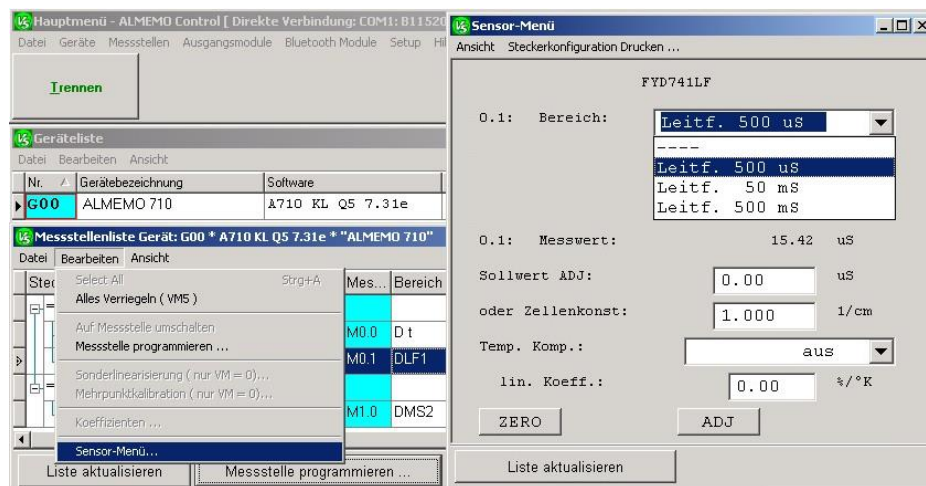
Zur Bedienung des Sensormenüs mit PC dient die ALMEMO® Control (ab V. 5.14.0.330). In der Messstellenliste findet man dafür unter 'Bearbeiten' das 'Sensor-Menü'. Hier können in erster Linie bis zu 10 Messstellen mit den spezifischen D7-Messbereichen des D7-Fühlers und weitere Einstellungen programmiert werden. Die Messbereiche erscheinen auf der Schnittstelle mit neuen aussagekräftigen Kürzeln. Außer dem Bereich wird automatisch eine bis zu 6-stellige Dimension und ein Kommentar programmiert und danach der Kanal mit 5 verriegelt.

Das Löschen von Bereichen erfolgt in der Liste durch Anwahl von '- - - -'.

Funktionskanäle sind entweder Parameter des Messgerätes oder werden vom Messgerät berechnet. Sie lassen sich deshalb nur vom Gerät programmieren und nutzen. Folgende Funktionskanäle stehen zur Verfügung:

Batt, Mess, Alm, Diff, Max, Min, M(t), n(t), M(n), Flow, Time

Bei Anschluss direkt am PC sind sie nicht verwendbar. Im Kommentar erscheint dann der Hinweis '!unusable'.



Je nach Fühlertyp sind weitere Parameter wie z.B. Sollwertabgleich, Luftdruck- oder Temperaturkompensation einstellbar.

Luftdruckkompensation

Bei Fühlern mit Luftdrucksensor ist die Luftdruckkompensation serienmäßig auf 'Sensor' eingestellt und der aktuelle Messwert wird unter 'Wert' angezeigt. Soll jedoch ein bestimmter Wert (Meereshöhe, Wetterbericht, Kanal) eingesetzt werden, dann lässt sich dieser Wert im Menüpunkt 'Wert' programmieren. Um den Messwert Luftdruck zur Kompensation anderer Fühler am ALMEMO®-Gerät zu verwenden, ist hier einfach der Punkt 'Referenz' anzuklicken. Damit wird das Kürzel '*P' in den Kommentar des Messkanals 'D AP' programmiert, sodass der Messwert auch im ALMEMO®-Gerät ständig zur Luftdruckkompensation zur Verfügung steht (siehe Kapitel 6.2.5).

Mittelungszeit (Dämpfung)

Alle Messwerte der Primärkanäle werden intern laufend mit der individuellen Refresh-Rate abgefragt. Sind diese Werte durch die Messbedingungen zu unruhig, dann lässt sich bei den meisten D7-Fühlern im Menü noch eine Mittelungszeit für die Primärkanäle eintragen, die durch gleitende Mittelwertbildung die Messwerte dämpft.

ALMEMO® Fühler

D7-Stecker und an D7-Stecker adaptierte Sensoren

ALMEMO®-D7-Messstecker ± 64 mV, ± 250 mV, ± 2 V, ± 20 V, ± 60 V, 20 mA
ALMEMO®-D7-Pt100-Stecker
ALMEMO®-D7-Potentiometerstecker
ALMEMO®-D7-Brückenstecker
ALMEMO®-D7-Zug- und Druckkraftsensor
ALMEMO®-D7-Präzisions-Druckaufnehmer
ALMEMO®-D7-Druckaufnehmer
ALMEMO®-D7-Leitfähigkeitssensor
ALMEMO®-D7-Meteo-Multigeber
ALMEMO®-D7-GPS-Aufnehmer
ALMEMO®-D7-Thermoelement-Stecker
ALMEMO®-D7-Pt1000-Stecker
ALMEMO®-D7-PH- und Redox-Stecker

ZED700/1/2-FS(2)
ZPD70x-FS
ZWD700-FS
ZKD700-FS
FK0xx + ZKD712-FS
FD8214xx + ZDD714-AK
FD0602Lxx + ZDD702-AKL
FYD741-LF
FMD760/770
FGD701
ZTD700-FS
ZPD710-FS
ZYD7x0-AK

Zubehör:

Intelligentes ALMEMO®-Verlängerungskabel für Fühler (xx in m)
USB-Adapterkabel mit Kupplung 6..12V, 200mA, Baudrate 115.2kBd

ZA9090-VKCxx
ZA1919-AKUV

3.1.4 Fühlerübersicht (Tabelle von Seite 21 bis Seite 34)

Geberart	Fühler-Nr.	Messbereich	Dim	Stecker -Nr.	St.-Typ	Linearisierungs-Genauigkeit	Kürzel	V6/V7	Befehl
Temperatursensoren, siehe Kapitel 3.2									
Widerstands-Temperaturfühler:									
Pt100-1 4-Leiter	FPAxxx	-200.0... +850.0	°C	ZA9030FS1	Normal	±0.05 K ± 0.05 % v.Mw.	P104		B01
Pt100-2 4-Leiter	FPAxxx	-200.00... +400.00*	°C	ZA9030FS2	Normal	± 0.05 K	P204		B03
Pt100-2 4-Leiter	FPA923-Lx	-200.00... +850.00	°C		X6°	-	P214		B69
Pt100-2 4-Leiter	FPAxxx	-200.00... +850.00	°C	ZPD700FS	D7	-		DPO4	B-01
Pt100-2 3-Leiter	FPAxxx	-200.00... +850.00	°C	ZPD703FS	D7	-		DPO3	B-01
Pt100-3 4-Leiter *	FPAxxx	-8.000... +65.000	°C	ZA9030FS7	Normal	± 0.002 K	P304		B00
Pt100-3 4-Leiter	FPA923-Lx	-200.000... +560.000	°C		X6°	-	P314		B96
Pt1000-1 4-Leiter mit ElFlgl	FPAxxx	-200.0... +850.0	°C	ZA9030FS4	Normal	±0.05 K ± 0.05 % v.Mw.	P104		B01
Pt1000-2 4-Leiter mit ElFlgl	FPAxxx	-200.00... +400.00*	°C	ZA9030FS5	Normal	± 0.05 K	P204		B03
Pt1000-2 4-Leiter	FPAxxx	-200.00... +850.00	°C	ZPD710FS	D7	-		DPI4	B-01
Ni100 4-Leiter		-60.0... +240.0	°C	ZA9030FS3	Normal	± 0.05 K	N104		B63
Ni1000 4-Leiter mit ElFlgl		-60.0... +240.0	°C	ZA9030FS6	Normal	± 0.05 K	N104		B63
NTC Typ N	FNAXXX	-50.00... +125.00	°C	ZA9040FS	Normal	± 0.05 K	Ntc		B09
NTC Typ N 2mal	FNAXXX	-50.00... +125.00	°C	ZA9040FS2	Normal	± 0.05 K	Ntc		B09
NTC Typ N	FNAXXX	5.000... +46.000	°C	ZA9040SS3	Normal	± 0.005 K	Ntc3		B99
NTC Typ N	FNAXXX	-50.00... +125.00	°C	ZAD040FS	D6	-	DIGI	DNtc	B-01
NTC Typ N	FNAXXX	-20.000... +65.000	°C	ZAD040FS3	D6	-	DIGI	DNt3	B-03
KTY 84 *		-40.0... +200.0	°C	ZA9040SS4	Normal	± 0.1 K	KTY		B99
YSI 400 *		-40.0... +130.0	°C	ZA9641SS	Normal	0..50°C:± 0.05K; sonst:±0.1K	NtcY		B99

Geberart	Fühler-Nr.	Messbereich	Dim	Stecker -Nr.	St.-Typ	Linearisierungs-Genauigkeit	Kürzel	V6/V7	Befehl
Thermoelemente:									
NiCr-Ni (K)	FTAxxx	-200,0... +1370,0	°C	ZA9020FS	Thermo	± 0,05 K ± 0,05 % v.Mw.	NiCr		B04
NiCr-Ni (K)	FTAxxx	-100,0... +500,0	°C	ZA9020SS2	Thermo	± 0,025 K	NiCr2		B99
NiCr-Ni (K) mit galv. Tr. 1kV		-200,0... +1370,0	°C	ZAD950ABK	Modul	± 0,05 K ± 0,05 % v.Mw.	DIGI		B55
NiCr-Ni (K)		-200,0... +1370,0	°C	ZTD700FS	D7	-		NiCrNi	B-01
NiCr-Ni (K)		-200,0... +1370,0	°C	ZTD700FS	D7	-		NiCrNi	B-09
NiCrSi-Nisi (N)		-200,0... +1300,0	°C	ZA9021FSN	Thermo	± 0,05 K ± 0,05 % v.Mw.	NiSi		B34
NiCrSi-Nisi (N)	FTAN926L0500P2	-200,0... +1300,0	°C	ZA9400FSN	X6 ⁺	-	T N2		B92
NiCrSi-Nisi (N)		-200,0... +1300,0	°C	ZTD700FS	D7	-		NiSi	B-02
Fe-CuNi (L)		-200,0... +900,0	°C	ZA9021FSL	Thermo	± 0,05 K ± 0,05 % v.Mw.	FeCo		B05
Fe-CuNi (J)		-200,0... +1000,0	°C	ZA9021FSJ	Thermo	± 0,05 K ± 0,05 % v.Mw.	IrCo		B35
Fe-CuNi (J)		-210,0... +1100,0	°C	ZTD700FS	D7	-	IrCo		B-03
NiCr-CuNi (E)		-270,0... +800,0	°C	ZTD700FS	D7	-		NiCrCu	B-04
Cu-CuNi (U)		-200,0... +600,0	°C	ZA9000FSU	Normal	± 0,05 K ± 0,05 % v.Mw.	CuCo		B06
Cu-CuNi (T)		-200,0... +400,0	°C	ZA9021FST	Thermo	± 0,05 K ± 0,05 % v.Mw.	CoCo		B36
Cu-CuNi (T)		-200,0... +400,0	°C	ZTD700FS	D7	-		CoCoT	B-05
PtRh10-Pt (S)		0,0... +1760,0	°C	ZA9000FSS	Normal	± 0,3 K	Pt10		B07
PtRh10-Pt (S)	FTAS9xxLxxxxP2	0,00... +1760,00	°C	ZA9400FSSP2	X6 ⁺	-	T S2		B93
PtRh10-Pt (S)		-50,0... +1760,0	°C	ZTD700FS	D7	-		PtRh10	B-06
PtRh13-Pt (R)		0,0... +1760,0	°C	ZA9000FSR	Normal	± 0,3 K	Pt13		B37
PtRh13-Pt (R)		0,00... +1760,00	°C	ZA9400FSRP2	X6 ⁺	-	T R2		B94
PtRh13-Pt (R)		-50,0... +1760,0	°C	ZTD700FS	D7	-		PtRh13	B-07
PtRh30-PtRh6 (B)		+400,0... +1800,0	°C	ZA9000FSB	Normal	± 0,3 K	EL18		B08
PtRh30-PtRh6 (B)		+400,00... +1800,00	°C	ZA9400FSBP2	X6 ⁺	-	T B2		B95
PtRh30-PtRh6 (B)		+250,0... +1820,0	°C	ZTD700FS	D7	-		El18	B-08
AuFe-Cr		-270,0... +60,0	°C	ZA9000FSA	Normal	± 0,1 K	AuFe		B38
W5Re - W26Re (C)		0,0... 2320,0	°C	ZA9000SSC	Normal	± 0,25 K	Wr26		B99

Geberart	Fühler-Nr.	Messbereich	Dim	Stecker -Nr.	St.-Typ	Linearisierungs-Genauigkeit	Kürze	V6/V7	Befehl
Wärmeﬂuss W/m ²	FQAxXX	-2000.0.. +2000.0	W/m ²	ZA9007FS	Normal	-	mV 2		B28
1. Wärmeﬂuss W/m ²	FQADxx	-2000.0.. +2000.0	W/m ²		D6	-	DIGI	D q	B-01
2. Temperatur	"	-40.00... +80.00	°C		D6	-	DIGI	D t	B-02
Infrarot 1. Objekttemperatur	FIAD43	-40.0... +600.0	°C		D6	-	DIGI	D to	B-01
2. Umgebungstemperatur	"	-10.0... +120.0	°C		D6	-	DIGI	D ta	B-02
Spannung, siehe Kapitel 4									
Millivolt DC		-10.000... +55.000	mV	ZA9000FS0	Normal	-	mV		B10
Millivolt 1 DC		-26.000... +26.000	mV	ZA9000FS1	Normal	-	mV 1		B27
Millivolt 2 DC		-260.00... +260.00	mV	ZA9000FS2	Normal	-	mV 2		B28
Volt DC		-2.6000... +2.6000*	V	ZA9000FS3	Normal	-	Volt		B11
26 Volt DC		-26.000... +26.000	V	ZA9602FS	Teiler	-	mV 2		B28
2 x 26 Volt DC		-26.000... +26.000	V	ZA9602FS2	Teiler	-	mV 2		B28
Spannung Differenzmessung mit Fühlerversorgung aus dem ALMEMO® Gerät									
Diff.-Millivolt DC		-10.000... +55.000	mV	ZA9000FS0D	Normal	-	D 55		B50
Diff.-Millivolt 1 DC		-26.000... +26.000	mV	ZA9000FS1D	Normal	-	D 26		B51
Diff.-Millivolt 2 DC		-260.00... +260.00	mV	ZA9000FS2D	Normal	-	D260		B52
Diff.-Volt DC		-2.6000... +2.6000*	V	ZA9000FS3D	Normal	-	D2.6		B53
2 Volt DC 5M/s		-2.20000... +2.20000	V	ZED700FS	D7	-		D U25	B-01
2,2 Volt DC 500M/s		-2.2000... +2.2000	V	ZED700FS	D7	-		D U24	B-02
2,2 Volt DC 1000M/s		-2.200... +2.200	V	ZED700FS	D7	-		D U23	B-03
250 Millivolt DC 5M/s		-250.000... +250.000	mV	ZED700FS2	D7	-		D U254	B-01
64 Millivolt DC 5M/s		-64.000... +64.000	mV	ZED700FS2	D7	-		D U643	B-02
20 Volt DC 5M/s		-20.0000... +20.0000	V	ZED702FS	D7	-		D U204	B-01
20 Volt DC 500M/s		-20.000... +20.000	V	ZED702FS	D7	-		D U203	B-02
20 Volt DC 1000M/s		-20.00... +20.00	V	ZED702FS	D7	-		D U202	B-03

Geberart	Fühler-Nr.	Messbereich	Dim	Stecker -Nr.	St.-Typ	Linearisierungs- Genauigkeit	Kürzel	V6/V7	Befehl I
60 Volt DC 5M/s		-60,000... +60,000	V	ZED702FS2	D7	-		D U603	B-01
60 Volt DC 500M/s		-60,00... +60,00	V	ZED702FS2	D7	-		D U602	B-02
60 Volt DC 1000M/s		-60,00... +60,00	V	ZED702FS2	D7	-		D U612	B-03
Spannung Differenzmessung mit Fühlerversorgung 12V									
Diff.-Millivolt DC		-10.000... +55.000	mV	ZA9600FS0V12	V12	-	D 55		B50
Diff.-Millivolt1 DC		-26.000... +26.000	mV	ZA9600FS1V12	V12	-	D 26		B51
Diff.-Millivolt2 DC		-260.00... +260.00	mV	ZA9600FS2V12	V12	-	D260		B52
Diff.-Volt DC		-2.6000... +2.6000*	V	ZA9600FS3V12	V12	-	D2.6		B53
Diff.-26Volt DC		-26.000... +26.000	V	ZA9602FS3V12	V12Teiler	-	D260		B53
Stecker für Messbrücken mit 5V- Versorgung									
Diff.-Millivolt DC		-10.000... +55.000	mV	ZA9105FS0	Brücke	-	D 55		B50
Diff.-Millivolt1 DC		-26.000... +26.000	mV	ZA9105FS1	Brücke		D 26		B51
Diff.-Millivolt2 DC		-260.00... +260.00	mV	ZA9105FS2	Brücke		D260		B52
Diff.-Millivolt DC 10M/s		-29.600... +29.600	mV	ZKD700FS	D7	-		DMS1	B-01
Diff.-Millivolt DC 1000M/s		-29.600... +29.600	mV	ZKD700FS	D7	-		DMS2	B-02
Kraftsensor 1000M/s FK0x			N	ZKD712FS	D7	-		DMS2	B-02
Stecker für Potentiometer									
2,6V DC Differenz	FWAxxx	-2,6000... +2,6000*	V	ZA9025FS3	Normal	-	D2.6		B53
Potentiometer		0,00... 100,00	%	ZWD700FS	D7	-		D U24	B-01
Schnelles überlastsicheres DC-Messmodul mit galv. Tr. 1kV:									
2.0 Volt DC 1000M/s		-2.000... +2.000	V	ZA9900AB2	Modul	-	DIGI		B55
20 Volt DC 1000M/s		-20.00... +20.00	V	ZA9900AB3	Modul	-	DIGI		B55
200 Volt DC 1000M/s		-200.0... +200.0	V	ZA9900AB4	Modul	-	DIGI		B55
400 Volt DC 1000M/s		-400.0... +400.0	V	ZA9900AB5	Modul	-	DIGI		B55

Geberart	Fühler-Nr.	Messbereich	Dim	Stecker -Nr.	St.-Typ	Linearisierungs- Genauigkeit	Kürzel	V6/V7	Befehl
Gleichstrom, Kapitel 4									
Milliampere DC		-32.000... +32.000*	mA	ZA9601FS1	Shunt	-	mA		B12
Prozent (4-20mA)		0.00... 100.00	%	ZA9601FS2	Shunt	-	%		B13
Gleichstrom Differenzmessung; Fühlerversorgung 7..9V									
Differenz 32mA		-32.000... +32.000*	mA	ZA9601FS5	Shunt	-	mA		B12
Differenz Prozent		0.00... 100.00	%	ZA9601FS6	Shunt	-	%		B13
20 mA DC 5M/s		-20.0000... +20.0000	mA	ZED701FS	D7	-		D I204	B-01
20 mA DC 500M/s		-20.000... +20.000	mA	ZED701FS	D7	-		D I203	B-02
20 mA DC 1000M/s		-20,00... +20,00	mA	ZED701FS	D7	-		D I202	B-03
Differenzmessung; Fühlerversorgung 12V									
Differenz 32mA		-32.000... +32.000*	mA	ZA9601FS5V12	ShuntV12	-	mA		B12
Differenz % (4 - 20mA)		0.00... 100.00	%	ZA9601FS6V12	ShuntV12	-	%		B13
Schnelles überlastsicheres DC-Messmodul mit galv. Tr. 1kV;									
20 mA DC 1000M/s		-20.00... +20.00	mA	ZA9901AB1	Modul	-	DIGI		B55
200 mA DC 1000M/s		-200.0... +200.0	mA	ZA9901AB2	Modul	-	DIGI		B55
2 A DC 1000M/s		-2.000... +2.000	A	ZA9901AB3	Modul	-	DIGI		B55
10 A DC 1000M/s		-10.00... +10.00	A	ZA9901AB4	Modul	-	DIGI		B55
Wechselspannung, siehe Kapitel 4									
260 mV AC ohne galv. Tr.		-260.0... +260.0	mV	ZA9603AK1	Kabel	-	mV 2		B28
2.6 Volt AC ohne galv. Tr.		-2.600... +2.600	V	ZA9603AK2	Kabel	-	Volt		B11
26 Volt AC ohne galv. Tr.		-26.00... +26.00	V	ZA9603AK3	Kabel	-	Volt		B11
Schnelles überlastsicheres AC-Messmodul mit galv. Tr. 1kV;									
130 Millivolt AC TRMS		0.0... +130.0	mV	ZA9903AB1	Modul	-	DIGI		B55
1.3 Volt AC TRMS		0.000... +1.300	V	ZA9903AB2	Modul	-	DIGI		B55
13 Volt AC TRMS		0.00... +13.00	V	ZA9903AB3	Modul	-	DIGI		B55

Geberart	Fühler-Nr.	Messbereich	Dim	Stecker -Nr.	St.-Typ	Linearisierungs-Genauigkeit	Kürze I	V6/V7	Befehl
130 Volt AC TRMS		0.0... +130.0	V	ZA9903AB4	Modul	-	DIGI		B55
400 Volt AC TRMS		0. ... +400.	V	ZA9903AB5	Modul	-	DIGI		B55
Wechselstrom, siehe Kapitel 4									
1 A AC TRMS		0.000... +1.000	A	ZA9904AB1	Modul	-	DIGI		B55
10 A AC TRMS		0.00... +10.00	A	ZA9904AB2	Modul	-	DIGI		B55
Widerstand, siehe Kapitel 4									
500 Ohm *		0.00... 500.00	Ω	ZA9003FS	Normal	-	Ohm		B15
5000 Ohm mit E1Fig1 *		0.00... 5000.0	Ω	ZA9003FS2	Normal	-	Ohm		B15
50 Ohm *		0.00... 50.00	Ω	ZA9003SS3	Normal	-	Ohm1		B99
110 kOhm		0.00... 110.00	Ω	ZA9003SS4	Normal	± 0.2 % v.Mw. ± 0.02KW	Ohm4		B99
Potentiometer		0.00... +100.00	%	ZA9025FS3	Normal	-	D2.6		B53
Potentiometer		0.00... +100.00	%	ZWD700FS	D7	-		D U24	B-01
Digitale Signale, siehe Kapitel 4.6									
Frequenz		0 ... 15000	Hz	ZA9909AK1U	Kabel	-	Freq		B29
Drehzahl		8 ... 32000	UpM	ZA9909AK4U	Kabel	-	Freq		B29
Pulszahl/Messzyklus		0 ... 65000		ZA9909AK2U	Kabel	-	PULS		B54
Digitaleingang		0.00 ... 100.00	%	ZA9000EK2	Kabel	-	Inp		B70
Digitale Schnittstelle		-65000... 65000		ZAD919AKxx	Kabel	-	DIGI		B55
Feuchtefühler, siehe Kapitel 3.4									
Kapazitive Feuchtefühler, analog:									
1. Temperatur NTC Typ N	FHA646	-50.00... +125.00	°C	ZA9000FS	Normal	± 0.05 K	Ntc		B09
2. Rel. Feuchte	"	-5.0 ... 98.0	%H	"	Normal	-	% rH		B16
x. Taupunkttemp.	"	-25.0 ... 100.0	°C	"	Normal	± 0.2 K	H DT	H td	B44
x. Mischungsverh.,LK	"	0.0 ... 500.0	g/kg	"	Normal	± 0.5 % v.Mw.	H AH	H r	B43
x. Abs. Feuchte AH, d _h	"	0.0 ... 596.3	g/m ³	"	Normal		D dv	D dv	B87

Geberart	Fühler-Nr.	Messbereich	Dim	Stecker -Nr.	St.-Typ	Linearisierungs-Genauigkeit	Kürzel	V6/V7	Befehl
x. Partialdampfdruck	"	0.0 ...	mbar	"	Normal	$\pm 0.1 \text{ mbar} \pm 0.1 \% \text{ v.Mw.}$	H VP	H e	B59
x. Enthalpie mit LK	"	0.0 ...	kJ/kg	"	Normal	$\pm 0.5 \% \text{ v.Mw.}$	H En	H h	B58
1. Temperatur NTC Typ N	FHA646C	-50.00... +125.00	°C	ZA9000FS	Normal	$\pm 0.05 \text{ K}$	Ntc		B09
2. Rel. Feuchte mit TK	"	5.0 ...	%H	"	Normal	$\pm 0.5 \%$	HcrH		B42
1. Temperatur NTC Typ N	FHA646R	-50.00... +125.00	°C		Kabel	$\pm 0.05 \text{ K}$	Ntc		B09
2. Rel. Feuchte mit TK Ø 5mm	"	5.0 ...	%H		Kabel	$\pm 0.5 \%$	H rH		B56
Psychrometer, analog:									
1. Trockentemperatur TT, t	FNA846	0.0 ...	°C	ZA9846-AK	Kabel	$\pm 0.05 \text{ K}$	Ntc		B09
2. Feuchttemperatur HT, t _w	"	0.0 ...	°C	"	Kabel	$\pm 0.05 \text{ K}$	P HT		B45
3. Rel. Feuchte RH, U _w , m. LK	"	0.0 ...	%H	"	Kabel	$\pm 1.0 \% \text{H}$	P rH	P U _w	B46
x. Taupunkttemp. DT, t _d , m. LK	"	-64.8 ...	°C	"	Kabel	$\pm 0.2 \text{ K}$	P DT	P t _d	B48
x. Mischungsverhält. MH, r, LK	"	0.0 ...	g/kg	"	Kabel	$\pm 0.5 \% \text{ v.Mw.}$	P AH	P r	B47
x. Abs. Feuchte AH, d _v , m. LK	"	0.0 ...	g/m ³	"	Kabel			D d _v	B87
x. Partialdampfdruck VP, e, LK	"	0.0 ...	mb	"	Kabel	$\pm 0.1 \text{ mbar} \pm 0.1 \% \text{ v.Mw.}$	P VP	P e	B49
x. Enthalpie En, h mit LK	"	0.0 ...	kJ/kg	"	Kabel	$\pm 0.5 \% \text{ v.Mw.}$	P En	P h	B57
x. Rel. Feuchte aus t und t _d	"	0.0 ...	%H	"	Kabel			tdU _w	B68
Kapazitive Feuchtefühler, digital:									
FHAD46:									
1. Temperatur	FHAD46	-20.00 ...	°C		D6		DIGI	D t	B-01
2. Rel. Feuchte RH, U _w	"	0.0 ...	%H		D6		DIGI	D U _w	B-02
3. Taupunkttemperatur DT, t _d	"	-64.8 ...	°C		D6		DIGI	D t _d	B-03
4. Luftdruck	"	300.0...	mb		D6		DIGI	D p	B-08
x. Mischungsverhält. MH, r, LK	"	0.0 ...	gk		D6		DIGI	D r	B-04
x. Abs. Feuchte AH, d _v	"	0.0 ...	gm		D6		DIGI	D d _v	B-05
x. Partialdampfdruck VP, e	"	0.0 ...	mb		D6		DIGI	D e	B-06
x. Enthalpie En, h mit LK	"	0.0 ...	kJ		D6		DIGI	D h	B-07

Geberart	Fühler-Nr.	Messbereich	Dim	Stecker -Nr.	St.-Typ	Linearisierungs-Genauigkeit	Kürzel	V6/V7	Befehl I
FHAD36:									
1. Temperatur	FHAD36	-100.00 ... +200.00	°C		D6		DIGI	D t	B-01
2. Rel. Feuchte RH, U _w	"	0.0 ... +100.0	%H		D6		DIGI	D U _w	B-02
3. Taupunkttemperatur DT, t _d	"	-64.8 ... +100.0	°C		D6		DIGI	D t _d	B-03
4. Luftdruck	"	300.0...	mb		D6		DIGI	D p	B-08
x. Mischungsverhält. MH, r, LK	"	0.0 ...	gk		D6		DIGI	D r	B-04
x. Abs. Feuchte AH, d _v	"	0.0 ...	gm		D6		DIGI	D d _v	B-05
x. Partialdampfdruck VP, e	"	0.0 ...	mb		D6		DIGI	D e	B-06
x. Enthalpie En, h mit LK	"	0.0 ...	kJ		D6		DIGI	D h	B-07
Psychrometer, digital:									
1. Trockentemperatur TT, t	FNAD46	0.0 ...	°C		D6		DIGI	D t	B-01
2. Feuchtemperatur HT, t _w	"	0.0 ...	°C		D6		DIGI	D t _w	B-09
3. Rel. Feuchte RH, U _w , m. LK	"	0.0 ...	%H		D6		DIGI	D U _w	B-02
4. Luftdruck AP, p	"	300.0...	mb		D6		DIGI	D p	B-03
x. Taupunkttemp. DT, t _d , m. LK	"	-64.8 ...	°C		D6		DIGI	D t _d	B-08
x. Mischungsverhält. MH, r, LK	"	0.0 ...	g/k		D6		DIGI	D r	B-04
x. Abs. Feuchte AH, d _v , m. LK	"	0.0 ...	g/m ³		D6		DIGI	D d _v	B-05
x. Partialdampfdruck VP, e, LK	"	0.0 ...	mb		D6		DIGI	D e	B-06
x. Enthalpie En, h mit LK	"	0.0 ...	kJ/kg		D6		DIGI	D h	B-07
Materialfeuchtesensor									
1. Feuchte Baustoffe	FHA696MF	0.0 ...	B%		Normal		D2.6		B53
2. Feuchte Holz	"	0.0 ...	H%		Normal		D2.6		B53
x. Feuchte Papier	"	0.0 ...	P%		Normal		D2.6		B53

Geberart	Fühler-Nr.	Messbereich	Dim	Stecker -Nr.	St.-Typ	Linearisierungs- Genauigkeit	Kürzel	V6/V7	Befehl
Strömung, siehe Kapitel 3.7									
Flügelrad mini, D6 mn20	FVAD15H120	0... 22,50	m/s		D6		DIGI		B-05
Flügelrad mini, D6 mn40	FVAD15H140 FVAD15H25xxx	0 ... 45,00	m/s		D6		DIGI		B-06
Flügelrad micro, D6 mc20	FVAD15H220	0,60 ... 22,50	m/s		D6		DIGI		B-01
Flügelrad micro, D6 mc40	FVAD15H240 FVAD15H16xxx	0 ... 44,00	m/s		D6		DIGI		B-02
Flügelrad Frequenz Hz	FVAD15Hxxx	0 ... 65000	Hz		D6		DIGI		B-13
Flügelrad Frequenz 0,1 Hz	FVAD15Hxxx	0 ... 6500,0	Hz		D6		DIGI		B-14
Flügelrad Frequenz 0,01 Hz	FVAD15Hxxx	0 ... 650,00	Hz		D6		DIGI		B-15
Flügelrad Drehzahl	FVAD15Hxxx	8... 65000	U/min		D6		DIGI		B-16
Flügelrad Makro	FVAD15SMA1	0,20 ... 20,00	m/s		D6		DIGI	D420	B-05
Flügelrad Frequenz Hz	FVAD15SMA1	0 ... 65000	Hz		D6		DIGI	D f0	B-07
Flügelrad Frequenz 0,1 Hz	FVAD15SMA1	0,0 ... 6500,0	Hz		D6		DIGI	D f1	B-08
Flügelrad Freq. 0,01 Hz	FVAD15SMA1	0,00 ... 650,00	Hz		D6		DIGI	D f2	B-09
Flügelrad Drehzahl	FVAD15SMA1	0 ... 65000	UpM		D6		DIGI	Drpm	B-10
Turbinen-Durchflußm.	FVA915Vx		m/s		Zähler		Freq		B29
Thermoanemometer									
FVAD35THx,									
1. Temperatur	FVAD35THx	-20,00... 70,00	°C		D6		DIGI	D t	B-01
2. Strömung	FVAD35TH4	0,08... 2,000	m/s		D6		DIGI	D v	B-02
2. Strömung	FVAD35TH5	0,20... 20,00	m/s		D6		DIGI	D v	B-02
3. Luftdruck AP, p	FVAD35THx	300,0... 1100,0	mb		D6		DIGI	D p	B-03
FVAD05TOKx									
1. Strömung, v 2,5 m/s	FVAD05TOKx	0,050... 2,500	m/s		D6		DIGI		B-01
2. Strömung, v 1,0 m/s	FVAD05TOKx	0,050... 1,000	m/s		D6		DIGI		B-02
2. Luftdruck AP, p	FVAD05TOKx	300,0... 1100,0	mbar		D6		DIGI		B-03
3. Spannung Volt	FVAD05TOKx	0,000... 10,000	V		D6		DIGI		B-04

Geberart	Fühler-Nr.	Messbereich	Dim	Stecker -Nr.	St.-Typ	Linearisierung s-Genauigkeit	Kürze I	V6/V7	Befehl
Thermosensor SS20	<SS 20.21>	0.50... +20.00	m/s	ZA9602SSS	Teiler	± 0.02 m/s	L920		B99
Staudrucksensor									
Staudruck 250 Pa	FDA602S2K	-250.0 ... +250.0	Pa		Druck	-	D2.6		B53
1. Strömung 40m/s, TK u. LK	FDA602S1K	0.5 ... 40.0	m/s		Druck	± 0.1 m/s	L840		B40
2. Staudruck 1250 Pa	"	-1250.0 ... 1250.0	Pa		Druck	-	D2.6		B53
1. Strömung 90m/s, TK u. LK	FDA602S6K	1.8 ... 90.0	m/s		Druck	± 0.1 m/s	L890		B41
2. Staudruck 6800 Pa	"	-6800 ... 6800	Pa		Druck	-	D2.6		B53
Wetterstation, siehe Kapitel 3.6									
Windrichtung min	FMD760/770	0 ... 359.	°		D7		D Dmin		B-01
Windrichtung gemittelt	"	0 ... 359.	°		D7		D Davg		B-02
Windrichtung max	"	0 ... 359.	°		D7		D Dmax		B-03
Windgeschwindigkeit min	"	0.0 ... 60.0	m/s		D7		D vmin		B-04
Windgeschwindigkeit gemittelt	"	0.0 ... 60.0	m/s		D7		D vavg		B-05
Windgeschwindigkeit max	"	0.0 ... 60.0	m/s		D7		D vmax		B-06
Lufttemperatur momentan	"	-52.0 ... +60.0	°C		D7		D t		B-07
Lufttemperatur min	"	-52.0 ... +60.0	°C		D7		D tmin		B-08
Lufttemperatur gemittelt	"	-52.0 ... +60.0	°C		D7		D tavg		B-09
Lufttemperatur max	"	-52.0 ... +60.0	°C		D7		D tmax		B-10
Rel. Feuchte momentan	"	0.0 ... 100.0	%H		D7		D Uw		B-11
Luftdruck momentan	"	600.0 ... 1100.0	mbar		D7		D p		B-12
Regenmenge	"	0.00 ... 999.99	mm		D7		D R		B-13
Regenintensität	"	0 ... 200.0	mm/h		D7		D Ri		B-14
Schnee-/Hagelmenge	"	0 ... 999.99	mm		D7		D H		B-15
Schnee-/Hagelintensität	"	0 ... 200.0	mm/h		D7		D Hi		B-16
Windrichtung Kürzel	"	0 ... +359	°		D7		D Dtxt		B-17
Strahlung, nur bei FMD770	FMD770	0 ... 2000.0	W/m2		D7		D GR		B-18

Geberart	Fühler-Nr.	Messbereich	Dim	Stecker -Nr.	St.-Typ	Linearisierungs- Genauigkeit	Kürzel	V6/V7	Befehl
Sensoren für mechanische Größen, siehe Kapitel 3.8									
Barometer	FDAD12SA	300.0...	mb		D6		DIGI	D p	B-01
Druckaufnehmer	FD8214	2,5...	bar	ZA8214AK	Kabel		D2.6		B53
1. Druckaufnehmer	FDA602LxAK	0.000...	bar		Normal		D2.6		B53
2. Temperatur Kältemittel R22, t	Taudruck 0..36 bar	-90.0...	°C	Geräteoption R2*	Normal	<-24°C:± 0.2K; >-24°C:±0.1K	R 22		B20
3. Kältemittel R23, t	Taudruck 0..49 bar	-100.0...	°C	"	Normal	<-24°C:± 0.2K; >-24°C:±0.1K	R 23		B19
4. Kältemittel R134a, t	Taudr. 0..40.5 bar	-75.0...	°C	"	Normal	<-16°C:± 0.2K; >-16°C:±0.1K	R134		B21
x. Kältemittel R404A, t"	Siededr. 0..32 bar	-60.0...	°C	"	Normal	± 0.1 K	R404		B22
x. Kältemittel '404A, t'	Taudruck 0..32 bar	-60.0...	°C	"	Normal	± 0.1 K	'404		B17
x. Kältemittel R407C, t"	Siededr. 0..46 bar	-50.0...	°C	"	Normal	<-30°C:± 0.2K; >-30°C:±0.1K	R407		B23
x. Kältemittel '407C, t'	Taudruck 0..46 bar	-50.0...	°C	"	Normal	<-30°C:± 0.2K; >-30°C:±0.1K	'407		B62
x. Kältemittel R410, t	Taudruck 0..49 bar	-70.0...	°C	"	Normal	<-30°C:± 0.2K; >-30°C:±0.1K	R410		B25
x. Kältemittel R417, t	Taudruck 0..27 bar	-50.0...	°C	auf Anfrage	Normal	<-35°C:± 0.2K; >-35°C:±0.1K	R417		B26
x. Kältemittel R507, t	Taudruck 0..37 bar	-70.0...	°C	"	Normal	<-30°C:± 0.2K; >-30°C:±0.1K	R507		B18
x. Kältemittel R717, t	Taudruck 0..65 bar	-46.0...	°C	"	Normal	± 0.1 K	R717		
x. Kältemittel R290, t	Taudruck 0..37 bar	-90.0...	°C	"	Normal	± 0.1 K	R290		
x. Kältemittel R600A, t	Taudruck 0..36 bar	-50.0...	°C	"	Normal	± 0.1 K	R600		

Geberart	Fühler-Nr.	Messbereich	Dim	Stecker -Nr.	St.-Typ	Linearisierungs-Genauigkeit	Kürzel	V6/V7	Befehl
1. Drucksensor 200M/s	FDAD33/35		bar		D6		DIGI	D p	B-01
2. Maxwert	"		bar		D6		DIGI	DMax	B-02
3. Minwert	"		bar		D6		DIGI	DMin	B-03
4. Mittelwert	"		bar		D6		DIGI	DAvg	B-04
Drucksensor 500M/s 50000Dig	FD0602L		bar	ZDD702AKL	D7			D U24	B-02
Drucksensor 5M/s 200000Dig	FD0602L		bar	ZDD702AKL	D7			D U25	B-01
Drucksensor 500M/s 50000Dig	FD8214		bar	ZDD714AK	D7			D U24	B-02
Drucksensor 5M/s 200000Dig	FD8214		bar	ZDD714AK	D7			D U25	B-01
Drehzahlsonde digital	FUA919-2	8... 30000	UpM		Zähler		Freq		B29
GPS-Sonde									
1. Längengrad	FGD701	-180. ... +180.	°		D7			D LG_G	B-02
2. Breitengrad	"	-90. ... +90.	°		D7			D BG_G	B-04
3. Höhe über Geoid	"	0.0 ... +9999.9	m		D7			D HGeo	B-06
4. Geschwindigkeit	"	0.0 ... +9999.9	km/h		D7			D vkmh	B-09
5. Bewegungsrichtung	"	0.0 ... 359.0	°		D7			D °	B-11
Lichtsensoren, siehe auch Kapitel 3.10									
1. 26000 Lux	FLA613VL	0. ... 26000	Lux		Normal		D26O		B52
2. 260 kLux	"	0.00. 260.00	kLux		Normal		D26O		B52
1. Farbtemperatur	FLAD23CCT	0. ... 30000	K		D6		DIGI	DCCT	B-01
2. Beleuchtungsstärke	"	0. ... 65000	Lux		D6		DIGI	kEv0	B-02
3. Beleuchtungsstärke	"	0.00 ... 170.00	kLux		D6		DIGI	kEv2	B-03
Sensoren für Wasseranalyse, siehe Kapitel 3.11									
pH/Redox-Sonden:									
pH-Sonde									
1. Temperatur NTC Typ N	FY96PHxx	-50.00... +125.00	°C	ZA9640AKY4	Kabel	± 0.05 K	Ntc		B09

Geberart	Fühler-Nr.	Messbereich	Dim	Stecker -Nr.	St.-Typ	Linearisierungs- Genauigkeit	Kürzel	V6/V7	Befehl
2. pH-Sonde mit TK	"	0.00... 14.00	pH	"	Kabel		D2.6		B53
Redox-Sonde	FY96RXX	-1000.0... +1000.0	mV	ZA9610AKY5	Kabel		D2.6		B53
Leitfähigkeitssonden									
Leitfähigkeitssonde 2L m. TK	FYA641LF/2/3	0.0 ... 20.000	mS		Leitwert	± 0.2 % v.Mw.		LF	B60
Leitfähigkeitssonde 4L m. TK	FYD741LF	-5.00 ... +70.00	°C		D7			D t	B-01
"	"	0.00 ... 500.00	uS		D7			DLF1	B-02
"	"	0.000 ... 50.000	mS		D7			DLF2	B-03
"	"	0.00 ... 500.00	mS		D7			DLF3	B-04
O₂-Sonde für gelösten Sauerstoff in Wässern									
1. NTC Typ N	FYA640O2	-50.00... +125.00	°C		Normal	± 0.05 K	Ntc		B09
2. O ₂ -Sättigung mit TK, LK	"	0 ... 260	%		Normal	-	O2-S		B55
3. O ₂ -Konzentration m. TK	"	0.0 ... 40.0	mg/l		Normal	± 0.2 mg/l	O2-C		B66
O ₂ -Sonde für Gase	FYA600O2	1.00 ... 100.00	%		Normal	-	mV 2		B28
CO ₂ -Sonde für Gase	FYA600CO2	0.0 ... 25.00	%		Normal	± 0.2 % v.Mw.	CO2		B64
1. CO ₂ -Konzentration	FYAD00CO2	0. ... 10000	%		D6	-	DIGI	DCO2	B-01
2. Luftdruck	"	300.0... 1100.0	mb		D6	-	DIGI	D p	B-02
Sensoren für Gasanalyse, siehe Kapitel 3.12									
Funktionskanäle:									
	Funktion/Bezug								
Differenz	(Mb1-Mb2)					-	Diff		B71
Maximalwert	(Mb1)					-	Max		B72
Minimalwert	(Mb1)					-	Min		B73
Mittelwert über Zeit	(Mb1)					-	M(t)		B74
Mittelwert über Messst.	(Mb2...Bb1)					-	M(n)		B75
Summe über Messstellen	(Mb1)	0 ... 65000				-	S(n)		B76
Gesamtpulszahl	(Mb1)	0 ... 65000		ZA9909AK2U		-	S(t)		B77
Pulszahl/Druckzyklus	(Mb1)	0... 65000		ZA9909AK2U		-	S(P)		B78

Geberart	Fühler-Nr.	Messbereich	Dim	Stecker -Nr.	St.-Typ	Linearisierungs-Genauigkeit	Kürzel	V6/V7	Befehl
Alarmwert	(Mb1)	0.0...	%			-	Alm		B79
Wärmeoeffizient	M(q) / M(DT)		W/m²K			-	q/dt		B80
Wet-Bulb-Globe-Temp.	0.1TT+0.7HT+0.2GT		°C			-	WBGT		B02
Batteriespannung		0.00...	V			-	Batt		B14
Messwert *	(Mb1)					-	Mess		B81
Vergleichstellentemp. *		-30.00...	°C			± 0.05 K	CJ		B82
Anzahl gemittelter Werte *	(Mb1)	0...				-	n(t)		B83
Volumenstrom *	M̄(Mb1) * Q	0...	m³/h			-	Flow		B84
Timer Is *		0...	s			-	Time		B85
Timer 0.1s * Exp=-1		0...	s			-	Time		B85
Luftdruck * geräteintern		300.0...	mb			-	AP		B86

TK = Mit Temperaturkompensation, LK = Mit Luftdruckkompensation, Mbx = Bezugskanäle

Fühler Typ D6 können nur mit V7-Geräten oder mit USB-Kabel ZA1919-AKUV konfiguriert werden, Anzeige mit Bereich DIGI

Fühler Typ D7 können nur mit V7-Geräten oder mit USB-Kabel ZA1919-AKUV verwendet werden

Fühler Typ X6° können nur mit Referenzmessgeräten 1030-2, 1036-2 oder 8036, Typ X6° nur mit Referenzmessgerät 1020-2 verwendet werden

* Bereich je nach Typ und Version des Gerätes verfügbar, teilweise abweichende Daten (siehe Geräteanleitung)

3.2 Temperaturfühler

Auswahl

Welche Art Temperaturfühler Sie benötigen, hängt von Ihrer Messaufgabe ab. Grundsätzlich stehen Thermoelemente, Widerstandssensoren (Pt100 und NTC) und Strahlungsthermometer (Infrarotsensoren) zur Auswahl.

Als Faustformel gilt:

1. Thermoelementfühler sind sehr schnell und haben einen großen Messbereich.
2. Pt100-Fühler sind langsamer, aber genauer.
3. NTC-Fühler sind schnell, sehr genau, haben aber einen eingeschränkten Messbereich.
4. Infrarotsensoren berühren das Messobjekt nicht, haben sehr kleine Zeitkonstanten, sind aber vom Emissionsgrad abhängig.
5. Je größer der Messbereich, desto universeller die Einsatzmöglichkeiten.

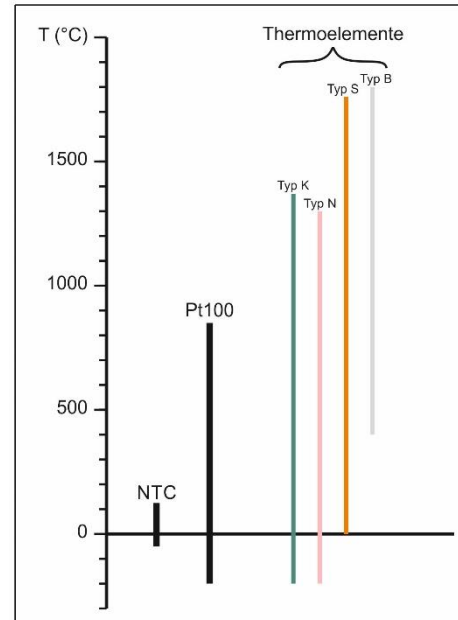


Abb. 3.2.1

Temperatureinsatzbereiche verschiedener Temperaturfühler

Auswahlkriterien:

Den für Ihre Messaufgabe geeigneten Temperaturfühler wählen Sie nach folgenden Kriterien aus:

- Messbereich
- Genauigkeit
- Ansprechzeit
- Beständigkeit
- Bauform

Ausführungen:

- Oberflächenfühler für gute Wärmeleiter
- Oberflächenfühler für schlechte Wärmeleiter
- Tauchfühler für Flüssigkeiten
- Tauchfühler für Luft und Gase
- Einstechfühler
- Hochtemperaturfühler (Messbereich beachten)
- Infrarotsensor für berührungslose Messungen
- Schwertfühler für Papier, Karton, Tabak, Textilien

3.2.1 Thermoelemente

Messprinzip

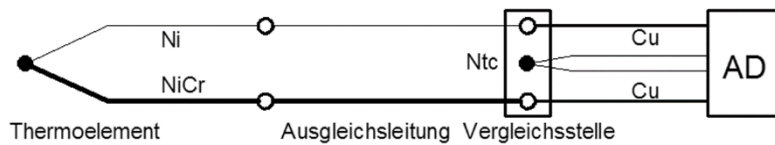


Abb. 3.2.2
Thermoelement mit
Ausgleichsleitung und
Vergleichsstelle

Thermoelemente bestehen aus zwei punktverschweißten Drähten aus unterschiedlichen Metallen und Metalllegierungen. Bei der Temperaturmessung wird der sogenannte thermoelektrische Effekt an der Kontaktfläche ausgenutzt. Er ruft eine relativ kleine Thermospannung hervor, die von der Temperaturdifferenz zwischen Messstelle und Vergleichsstelle abhängt.

Grundlagen

Vergleichsstelle

Mit Thermoelementen kann man die absolute Temperatur nur bestimmen, wenn die Anschlussklemmentemperatur auf bekannter Temperatur (z.B. mit Eiswasser oder Thermostat) gehalten oder diese sogenannte Vergleichsstellentemperatur dauernd gemessen wird.

Bei ALMEMO® Geräten befindet sich in der ALMEMO® Buchse im Kontakt ein Miniatur-NTC-Temperaturfühler, um die Temperatur der Übergangsstelle vom Thermoelement auf Kupfer so exakt wie möglich zu erfassen. Da sich jede Temperaturdifferenz zwischen Übergangsstelle und Temperaturfühler als Messfehler bemerkbar macht, gibt es für Thermoelemente Typ K, N, J und T ALMEMO® Stecker mit Stiften aus Thermomaterial, sodass sich die Übergangsstelle wirklich in unmittelbarer Nähe des NTC-Temperaturfühlers befindet (ZA 902x-FSx).

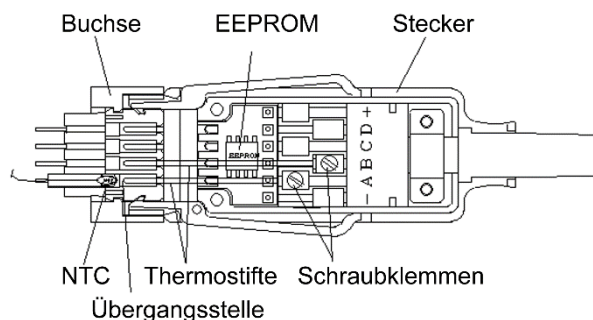


Abb. 3.2.3
ALMEMO® Stecker ZA 902x-FSx
für Thermoelemente mit Stiften aus Thermomaterial

Da die Kennlinien der Thermoelemente nichtlinear sind, darf zur Berechnung der absoluten Temperatur nicht die Temperatur der Vergleichsstelle zur Messtemperatur addiert werden, sondern zur Messspannung muss die Spannung addiert werden, die der jeweiligen Vergleichsstellentemperatur entspricht.

Beispiel für NiCr-Ni Thermoelement:

	Spannung		Temperatur	
Messwert	24,902 mV	→	600,0°C	
Vergleichsstellentemperatur	1,000 mV	←	25,0°C	
Korrigierter Messwert	25,902 mV	→	623,5°C	nicht 625°C!

Diese Rechnungen werden im ALMEMO® Messgerät vorgenommen, bei Messungen mit externer Vergleichsstelle (siehe Kapitel 6.7.3) ist das Verständnis der Zusammenhänge für den Anwender aber sehr hilfreich.

Auswahl, Produktübersicht

Es gibt eine Reihe von Thermoelementen, die sich durch den Temperaturbereich, die Empfindlichkeit und vor allem die Verträglichkeit mit dem Messmedium unterscheiden.

Grundwerte der Thermospannungen nach IEC 584-1:1995 (ITS90)

Temperatur [°C]	NiCr-Ni Typ K U [mV]	NiCrSi-Sil NiSi Typ N U [mV]	Fe-CuNi Typ J U [mV]	Cu-CuNi Typ T U [mV]	PtRh10-Pt Typ S U [mV]	PtRh30- PtRh6 Typ B U [mV]
-270	-	-4,345	-	-6,258	-	-
-200	-5,891	-3,990	-7,890	-5,603	-	-
-100	-3,554	-2,407	-4,633	-3,379	-	-
0	0	0	0	0	0	0
100	+4,096	+2,774	+5,269	+4,279	+0,646	+0,033
200	+8,138	+5,913	+10,779	+9,288	+1,441	+0,178
300	+12,209	+9,341	+16,327	+14,862	+2,323	+0,431
400	+16,397	+12,974	+21,848	+20,872	+3,259	+0,787
500	+20,644	+16,748	+27,393		+4,233	+1,242
600	+24,905	+20,613	+33,102		+5,239	+1,792
700	+29,129	+24,527	+39,132		+6,275	+2,431
800	+33,275	+28,455	+45,494		+7,345	+3,154
900	+37,326	+32,371	+51,877		+8,449	+3,957
1000	+41,276	+36,256	+57,953		+9,587	+4,834
1100	+45,119	+40,087	+63,792		+10,757	+5,780
1200	+48,838	+43,846	+69,553		+11,951	+6,786
1300	+52,410	+47,513			+13,159	+7,848
1400					+14,373	+8,956
1500					+15,582	+10,099
1600					+16,777	+11,263
1700					+17,947	+12,433
1800						+13,591

Thermoelemente

Eigenschaften der einzelnen Thermoelemente

Typ K, NiCr-Ni

Thermoelemente Typ K sind in einem weiten Temperaturbereich einsetzbar (-270°C bis $+1372^{\circ}\text{C}$). Sie sind zu empfehlen für die Anwendung in sauberer, oxidierender (Luft) und neutraler Atmosphäre (Edelgase).

Im Temperaturbereich zwischen 250°C und 600°C sind Thermopaare Typ K aufgrund eines Umordnungseffektes in der Kristallstruktur nicht für genaue Messungen bei schnelleren Temperaturwechselbelastungen geeignet.

Am häufigsten eingesetztes Thermoelement.

Typ N, NiCrSi-NiSi

Thermoelemente Typ N sind am besten für Anwendungen in sauberer, oxidierender (Luft) oder neutraler Atmosphäre (Edelgase) im Temperaturbereich von ca. 300°C bis 1260°C geeignet. Sie bieten hohe thermische Stabilität in Luft oberhalb 1000°C und eine höhere Widerstandsfähigkeit gegen Oxidation als Thermopaare Typ E, J, K oder T.

Sie weisen gegenüber den von der Legierung her ähnlichen Thermopaaren Typ K eine bessere thermoelektrische Stabilität über den gesamten Temperaturbereich auf und sind besser für den Einsatz unter wechselnden Temperaturen geeignet.

Dieser Thermoelement Typ wird oft in der Tieftemperaturtechnik eingesetzt, wobei beachtet werden muss, dass die gute Wärmeleitfähigkeit beider Schenkel Messfehler begünstigt.

Typ J, Fe-CuNi

Neben Typ K eines der am häufigsten eingesetzten Thermoelemente. Der Einsatz des Thermoelements sollte auf Temperaturen zwischen 0 und 750°C beschränkt bleiben. Oberhalb 750°C erhöht sich einerseits die Oxidationsgeschwindigkeit beider Thermoschenkel, andererseits kommt es bei der Curie Temperatur von Eisen (768°C) zu einer Änderung des magnetischen Zustandes und bei etwa 910°C zur Änderung der Kristallstruktur, die beide zu erheblichen irreversiblen Änderungen der Kennlinie führen können. In feuchter Umgebung kann der Eisenschenkel rostig und brüchig werden.

Typ T, Cu-CuNi

Thermoelemente Typ T werden für Anwendungen im Temperaturbereich von -200°C bis $+370^{\circ}\text{C}$ in Vakuum oder oxidierender, reduzierender oder inerte Atmosphäre (Edelgase) empfohlen. Oberhalb 370°C oxidiert der positive Zweig der Thermodrähte Typ T sehr schnell. Auch in einer Wasserstoff-Atmosphäre wird nicht zum Einsatz oberhalb ca. 370°C geraten, da der positive Zweig des Thermoelements brüchig wird. Der positive Zweig des Thermoelements hat eine hohe Wärmeleitfähigkeit.

Typ S, PtRh10-Pt

Thermoelemente Typ S können von -50°C bis etwa $+1300^{\circ}\text{C}$ im Dauerbetrieb benutzt werden. Ihre Kennlinie hat eine gute Reproduzierbarkeit, Stabilität und Beständigkeit. Am höchsten ist ihre Stabilität in sauberer oxidierender Atmosphäre (Luft), kurzzeitig können Sie auch in inerten Gasatmosphären oder im Vakuum eingesetzt werden. Vom Einsatz in reduzierender Atmosphäre wird abgeraten.

Typ B, PtRh30-PtRh6

Thermoelement für hohe Temperaturen, es kann für mehrere hundert Stunden Temperaturen bis 1700°C ausgesetzt sein. Es ist sauberer, oxidierender Atmosphäre (Luft) am beständigsten, kann aber auch in inerten Gasatmosphären oder im Vakuum eingesetzt werden.

Ausgleichsleitungen

Zur Verlängerung von Thermoelementen werden oft preiswertere und leichter handhabbare Ausgleichsleitungen verwendet, die in ihrer Thermospannung aber vom Thermoelement abweichen können. Um die Messfehler in engen Grenzen zu halten, sollte man darauf achten, dass die Kontaktstellen zum Thermoelement und zum Messgerät möglichst die gleiche Temperatur aufweisen.

Noch größere Fehler treten auf, wenn der Typ der Ausgleichsleitung nicht zum Thermoelement passt oder die Ausgleichsleitung falsch gepolt wird. Dies ist unbedingt zu vermeiden.

Anwendungsbereiche

Wegen ihrer geringen Masse haben Thermoelementfühler eine hohe Anzeigegeschwindigkeit. Daher eignen sie sich besonders für Kontrollmessungen in Fertigung, Prüffeld und Labor. Sehr vorteilhaft sind Mantelthermoelemente mit Durchmessern unter 0,5 mm, da sie intern isoliert sind und damit keine elektrische Verbindung zum Messobjekt bilden. Sie sind biegsam und lassen sich sogar einlöten.

3.2.1.1 Thermoelementfühler FTA xxx

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Für die Fühleranschlusskabel wird bei vielen Fühlertypen Thermoleitung (Litze, Thermoleitung Klasse 2) verwendet (statt der üblichen Ausgleichsleitung). Die Übergangsstelle vom Messelement (Fühlerspitze) auf das Anschlusskabel (in der Kabelübergangshülse bzw. im Handgriff) ruft so in einem weiten Temperaturbereich bis 200°C keinen Temperaturfehler hervor; die üblichen Messfehler (durch Temperaturdifferenzen an der Übergangsstelle) bei Verwendung einer Ausgleichsleitung (keine Thermoleitung) werden vermieden.

Für wenige Fühlertypen und für Verlängerungskabel wird wie bisher Ausgleichsleitung verwendet. Die Ausgleichsleitungen entsprechen in der Regel der Klasse 2 nach DIN 43722. Für den Typ K ist der Anwendungstemperaturbereich der Ausgleichsleitung 0 bis 150°C.

Ausführungen

Mantelfühler

Da die Thermoelemente, wie oben geschildert, unter bestimmten Bedingungen leicht korrodieren, werden sie häufig in einem Inconel-Rohr als Mantelthermoelemente eingesetzt. Inconel ist eine korrosionsbeständige Nickellegierung, die auch für die Anwendung in extremen Umgebungen und bei hohen Temperaturen geeignet ist.

Mantelfühler gibt es in den verschiedensten Längen und Durchmessern. Im Angebot sind mehrere Thermoelement Typen, beispielsweise NiCr-Ni, Typ K, mit Einsatztemperaturen von -40 bis +900°C oder NiCrSi-NiSi, Typ N, mit Einsatztemperaturen von -200 bis +1150°C.

Inconel-Rohre können gebogen werden. Die Kabelübergangshülse ist aus Messing gefertigt (Sechskant, L = 65 mm, Eckmaß = 9,1 mm, Einsatztemperatur -40 bis +160°C).

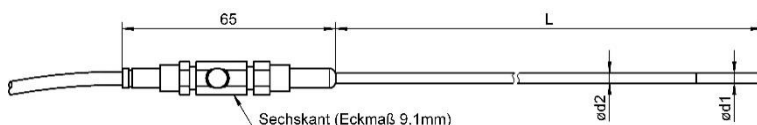


Abb. 3.2.4
Mantelfühler für Temperaturmessungen

Standardkabel: 1,5m Leitung FEP/Silikon Thermoleitung (Litze, Einsatztemperatur -50 bis +200°C, kein Temperatureinfluss am Übergang vom Messelement zum Kabel).

Fühler für Oberflächen- und Tauchmessungen

Diese Fühler haben einen Handgriff und besitzen verschiedene Spitzen, die die Fühler für Oberflächen- oder Tauchmessungen geeignet machen.

Thermoelemente

Beispiele:

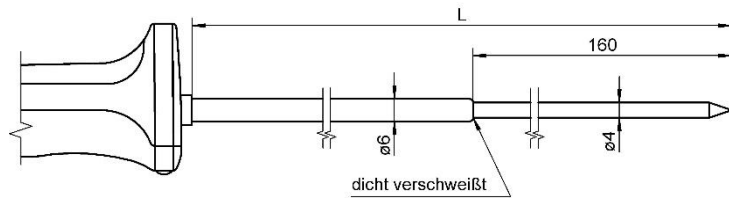


Abb. 3.2.5 FTA 1231-LxxxxH für Tauchmessungen in plastischen, pastösen Medien

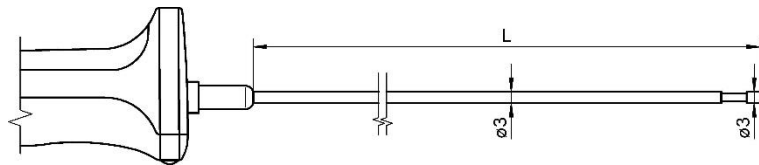


Abb. 3.2.6 FTA 122-LxxxxH für Tauch- und Oberflächenmessungen

Thermodrähte

Typische Ausführungen:

Typ	Isolierung	Einsatztemperatur	Aderndurchmesser	Außendurchmesser
T 190-0	Glasseide	-25 bis +400°C	0,5 mm	ca. 1,3 x 2,1 mm
T 190-1	Glasseide	-25 bis +400°C	0,2 mm	ca. 0,6 x 1,0 mm
T 190-2	PVC	-10 bis +105°C	0,5 mm	ca. 2,2 x 3,4 mm
T 190-3	Silikon	-45 bis +200°C	0,5 mm	ca. 4 mm
T 190-7	Keramikfaser	-40 bis +1200°C	0,8 mm	ca. 3 x 4 mm
T 190-10	FEP	-200 bis +205°C	0,5 mm	ca. 1,5 x 2,5 mm
T 190-11	FEP	-200 bis +205°C	0,2 mm	ca. 1,3 x 2,0 mm

Thermodrähte können über ALMEMO® Stecker (ZA 9020-FS, ZA 9021-FSx, ZA 9000-FSx, ZA 5690-MU) oder auch über Miniatur-Flachverbinder (ZK 9029-FS, Typ K) an ALMEMO® Geräte angeschlossen werden.

Messungen mit blanken, nicht isolierten Thermodrahtführern sind nur in Luft oder in/auf elektrisch isolierenden Materialien (z.B. Kunststoffen) zu empfehlen. Bei Messungen auf elektrisch leitenden Materialien mit (hohem) elektrischem Potential sind vorzugsweise isolierte Mantelthermoelementfühler zu verwenden. Alternativ dazu können Thermodrahtfühler galvanisch getrennt über das Messmodul ZAD 950-ABx (erhältlich für Typ K, J und T) angeschlossen werden (siehe Kapitel 4.5.3).

Technische Daten

Die Grundwerte der Thermospannungen und der zulässigen Toleranzen von Thermoelementen sind in der DIN/IEC 584 festgelegt.

Für Thermoelemente sind nach DIN/IEC 584-2 drei Genauigkeitsklassen definiert. Ahlborn bietet Thermoelementfühler in zwei dieser Genauigkeitsklassen an.

Für Typ K gelten folgende Grenzen:

	Gültigkeitsbereich	Grenzabweichung (es gilt der jeweils größere Wert)
Klasse 1:	-40 bis 1000°C	$\pm 1,5 \text{ K}$ oder $\pm 0,004 \cdot t \text{ K}$
Klasse 2:	-40 bis 1200°C	$\pm 2,5 \text{ K}$ oder $\pm 0,0075 \cdot t \text{ K}$

Die in den technischen Daten angegebenen T_{\max} -Werte beziehen sich auf die Fühlerspitze. Die Fühlergriffe und Kabel sind in der Regel bis 80°C beständig, für höhere Umgebungstemperaturen gibt es auch hitzebeständige Kabel.

Fühler altern abhängig von den Einsatzbedingungen. Dadurch kann ihre Genauigkeit mit der Zeit von der Genauigkeitsklasse abweichen, in der sie ausgeliefert wurden. Die für die Genauigkeitsklassen festgelegten Temperaturgrenzen sind nicht notwendigerweise die empfohlenen Grenzen der Anwendungstemperatur (In den Spannungsreihen werden die Thermospannungen für erheblich weitere Temperaturbereiche angegeben.). Außerhalb dieser Temperaturgrenzen sind jedoch keine Grenzabweichungen definiert.

Handhabung

Messgenauigkeit erhöhen

Die Eintauchtiefe der Thermoelementfühler sollte ausreichend groß gewählt werden. Ist der Fühler nicht tief genug eingetaucht, nimmt der nicht eingetauchte Teil der Fühlerhülle durch Wärmeleitung Einfluss auf die an der Spitze gemessene Temperatur.

Die minimale Eintauchtiefe kann festgestellt werden, indem man den Fühler möglichst tief eintaucht, ihn dann langsam herauszieht und beobachtet, wann sich der angezeigte Messwert ändert. Kurz davor besitzt der Fühler die minimale Eintauchtiefe.

Die Eintauchtiefe ist nicht nur vom Fühler, sondern auch vom umgebenden Medium und insbesondere von der Umwälzung/Bewegung des Mediums abhängig.

Die Länge der Mantelthermoelemente sollte mindestens 10 cm, besser 25 cm betragen, da sonst die Temperatur der Kabelübergangshülse das Messergebnis beeinflusst.

Fühlerschutz

Thermoelementfühler dürfen keinen plötzlichen Temperaturänderungen unterworfen werden, weder positiven noch negativen. Soll zum Beispiel die Temperatur in einem Ofen gemessen werden, sollte der Fühler mit dem Ofen zusammen aufgeheizt und auch wieder abgekühlt werden. Plötzliche Temperaturänderungen können durch Veränderungen im Material des Sensorelements die Genauigkeit des Fühlers deutlich verschlechtern.

Auch zu starke mechanische Belastungen sind bei Thermoelementen zu vermeiden, weil Gefügeänderungen Auswirkungen auf die Kennlinie haben können. Der Krümmungsradius der Inconel-Rohre darf nicht zu klein gewählt werden (mindestens 10-facher Durchmesser).

3.2.2 Pt100-Widerstandsfühler

Messprinzip

Bei der Temperaturmessung mit Pt100-Fühlern wird deren Widerstandserhöhung mit zunehmender Temperatur ausgenutzt. Der Messwiderstand wird mit einem konstanten Strom gespeist und der Spannungsabfall am Widerstand in Abhängigkeit von der Temperatur gemessen. Aufgrund der geringen Widerstandsänderung ($0,3\text{--}0,4\ \Omega/^{\circ}\text{C}$) sollte immer die 4-Leiter-Schaltung verwendet werden, um den Einfluss der Zuleitungsdrähte auszuschließen.

Grundlagen

Draht-Messwiderstände

Der Pt100 Widerstand besteht aus einem Platindraht, der in vielen Windungen in einen Glasstab eingeschmolzen oder in eine Keramikmasse eingebettet wird. Gewickelte Fühler werden vorzugsweise für höhere Temperaturen verwendet.

Schicht-Messwiderstände

Hier wird das Platin in Dünnschichttechnik mäanderförmig auf ein Trägermaterial aufgebracht und danach mit einem Überzug versehen, um es vor chemischen Einflüssen zu schützen. Dünnschicht-Sensoren werden heutzutage wegen ihres rationellen Herstellungsverfahrens bevorzugt gefertigt.

3.2.2.1 Pt100 Widerstandsfühler FPA xxx

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Analoger Stecker

Standardmäßig sind die Pt100 Fühler in unserem Sortiment mit einem Stecker (ZA 9030-FS1, siehe Kapitel 4.1.2.1) ausgestattet, der das Signal analog verarbeitet.

Folgende Messbereiche sind möglich:

Messbereich -200 bis $+850^{\circ}\text{C}$, Auflösung $0,1\ \text{K}$
Messbereich -200 bis $+400^{\circ}\text{C}$, Auflösung $0,01\ \text{K}$
Messbereich -8 bis $+65^{\circ}\text{C}$, Auflösung $0,001\ \text{K}$

Digitaler Stecker

Pt100 Fühler können auch mit digital arbeitenden D7 Steckern (ZPD700FSx, siehe Kapitel 4.1.2.3) ausgerüstet werden.

Messbereich -200 bis $+850^{\circ}\text{C}$ Auflösung $0,01\ \text{K}$

Dieser digitale ALMEMO® D7-Messstecker arbeitet mit einem eigenen eingebauten 24-Bit AD-Wandler. Die Linearisierung der Pt100-Kennlinie wird entsprechend der DIN IEC 751 fehlerfrei berechnet (kein Näherungsverfahren). Da die Gesamtgenauigkeit des Fühlers mit einem D7 Stecker nicht von einem Auswertegerät abhängt, kann der Fühler auch alleine kalibriert und sogar mehrpunktjustiert werden. Zur Fühlerkennzeichnung kann im ALMEMO® D7-Messstecker ein bis zu 20-stelliger Kommentar programmiert werden.

Ausführungen

Mantelfühler

Einsatztemperaturen der Standard Widerstands-Mantelfühler Pt100 reichen von -40 bis +500°C.

Sie sind von einem Edelstahl Rohr umgeben und besitzen eine Kabelübergangshülse (siehe Kapitel 3.2.1.1). Die Edelstahlrohre können mit einem Radius von bis zu 10 x Ø gebogen werden. Pt100 Mantelfühler sollten auf den ersten 30 mm von der Spitze her nicht gekrümmt werden.

Mantelfühler gibt es in den verschiedensten Längen und Durchmessern. Bei einzelnen Typen haben Fühlerspitze und Mantelleitung unterschiedliche Durchmesser (Fühlerspitze verstärkt). Diese Typen sind daher nicht für die Montage mit Klemmverschraubungen geeignet.

Standardkabel: 1,5m Leitung FEP/Silikon-isoliert, Einsatztemperatur -50 bis +200°C.

Fühler für Oberflächen- und Tauchmessungen

Mit Handgriff und verschiedenen Spitzen, die die Fühler für Oberflächen- oder Tauchmessungen geeignet machen (siehe Beispiele in Kapitel 3.2.1.1).

Kabelfühler

Starres Schutzrohr aus Edelstahl, in verschiedenen Längen und Durchmessern erhältlich. Es gibt keine Kabelübergangshülse. Der Kabeldurchmesser ist jeweils kleiner oder gleich dem Schutzrohrdurchmesser.

Kabelfühler gibt es auch für die Anwendung in Autoklaven, Sterilisatoren und anderen Heißdampfanwendungen, in Vakuumanwendungen und Gefriertrocknungsanlagen (FPA 30K20-L0020), sowie für Temperaturmessung im Klima- und Wärmeschränk bei hoher Luftfeuchtigkeit (FPA 40ST0050S01K-L0xxx).

Programmierung

Analoge Stecker

Pt100-Fühler FPAxxx erhalten standardmäßig den Stecker ZA 9030-FS1 mit dem Messbereich Pt100-1 (Auflösung 0,1 K). Der Bereich Pt100-2 (Auflösung 0,01 K) kann alternativ auf dem 1. oder zusätzlich auf dem 2. Kanal programmiert werden.

An V6 Geräten (2690-8A und größer) kann mit diesen Steckern der Messbereich Pt100-3 (Auflösung 0,001K) programmiert werden.

Bezeichnung	Befehl	Kürzel	Messbereich	Auflösung
Pt100-1	B01	P104	-200 bis +850°C	0,1 K
Pt100-2	B03	P204	-200 bis +400°C	0,01 K
Pt100-3	B00	P304	0 bis +65°C	0,001 K

Digitale Stecker

Stecker/Bezeichnung	Befehl	Kürzel	Messrate	Messbereich	Auflösung
ZPD700-FS 4-Leiter Pt100	B-01	DPO4	10 M/s	-200 bis +850°C	0,01 K
ZPD703-FS 3-Leiter Pt100	B-01	DPO3	10 M/s	-200 bis +850°C	0,01 K

Technische Daten

Pt100-Fühler werden serienmäßig mit Messwiderständen der Klasse B nach DIN/IEC 751 eingesetzt (Klasse A oder 1/5 DIN Klasse B gegen Aufpreis). Die in den technischen Daten angegebenen T_{\max} -Werte beziehen sich

Pt100-Widerstandsfühler

auf die Fühlerspitze. Die Fühlergriffe und Kabel sind bis 80°C beständig, für höhere Umgebungstemperaturen gibt es auch hitzebeständige Kabel.

Genauigkeitsklassen der Pt100-Fühler

Klasse	Gültigkeitsbereich		Grenzabweichung
	Drahtgewickelte Widerstände	Schichtwiderstände	
B	-196 bis +600°C	-50 bis +500°C	$\pm (0,3 + 0,005 t)$ K
A	-100 bis +450°C	-30 bis +300°C	$\pm (0,15 + 0,002 t)$ K

Beispiele für Pt100 Grenzabweichungen

Temperatur	Grenzabweichung		
	DIN Klasse B	DIN Klasse A	1/5 DIN Klasse B*
bei 0°C	$\pm 0,3$ K	$\pm 0,15$ K	$\pm 0,06$ K
bei 100°C	$\pm 0,8$ K	$\pm 0,35$ K	$\pm 0,16$ K
bei 200°C	$\pm 1,3$ K	$\pm 0,55$ K	$\pm 0,26$ K
bei 300°C	$\pm 1,8$ K	$\pm 0,75$ K	$\pm 0,36$ K

* Gültigkeitsbereich fühlenspezifisch

Genauigkeitsangaben für die digitalen Pt100 Stecker ZPD700-FS und ZPD703-FS

Bei Benutzung digitaler D7-Stecker kommt zur oben angegebenen Grenzabweichung nicht die Systemgenauigkeit des Messgeräts, sondern die des Steckers hinzu:

Systemgenauigkeit: $\pm 0,07$ K ± 2 Digit

Temperaturdrift: max. 30 ppm/K

Nenntemperatur: 22°C ± 2 K

Referenzmessgeräte

Zur Verwendung in Kalibrierlaboratorien und Qualitätssicherung stehen Referenzmessgeräte mit einer Auflösung von 0,001K zur Auswahl. Sie sind nur zusammen mit speziellen drahtgewickelten Pt100-Fühlern der Klasse 1/10 B (DIN EN 60751) einzusetzen, deren Genauigkeit durch eine Mehrpunktjustage noch verbessert wurde (SP10302D).

Handhabung

Messgenauigkeit erhöhen

Die Eintauchtiefe der Pt100 Fühler sollte ausreichend groß gewählt werden. Ist der Fühler nicht tief genug eingetaucht, nimmt der nicht eingetauchte Teil der Fühlerhülle durch Wärmeleitung Einfluss auf die an der Spitze gemessene Temperatur.

Die minimale Eintauchtiefe kann festgestellt werden, indem man den Fühler möglichst tief eintaucht, ihn dann langsam herauszieht und beobachtet, wann sich der angezeigte Messwert ändert. Kurz davor besitzt der Fühler die minimale Eintauchtiefe.

Die Eintauchtiefe ist nicht nur vom Fühler, sondern auch vom umgebenden Medium und insbesondere von der Umwälzung/Bewegung des Mediums abhängig.

Die Länge der Mantelfühler sollte mindestens 10 cm, besser 25 cm betragen, da sonst die Temperatur der Kabelübergangshülse einen zu großen Einfluss auf das Messergebnis hat.

Fühlerschutz

Pt100 Mantelfühler mit einem Durchmesser von 1 mm an der Spitze dürfen keinen Erschütterungen ausgesetzt werden. Sie müssen äußerst vorsichtig behandelt werden, sonst zerbricht das Sensorelement in der Spitze des Fühlers.

Auch Mantelfühler mit einem Durchmesser von 2 mm sind in dieser Hinsicht noch sehr empfindlich. Fühler mit größerem Durchmesser sind etwas robuster.

Auch Pt100 Temperaturfühler dürfen keinen plötzlichen Temperaturänderungen unterworfen werden, weder positiven noch negativen. Soll zum Beispiel die Temperatur in einem Ofen gemessen werden, sollte der Fühler mit dem Ofen zusammen aufgeheizt und auch wieder abgekühlt werden. Plötzliche Temperaturänderungen können durch Veränderungen im Material des Sensorelements die Genauigkeit des Fühlers deutlich verschlechtern.

3.2.3 NTC-Widerstandsfühler

Messprinzip

NTC-Fühler (Thermistoren) haben gegenüber Pt100 Fühler einen wesentlich höheren Widerstand und einen negativen Temperaturkoeffizienten, d.h. der Widerstand nimmt mit steigender Temperatur ab.

Temperatur °C	Pt100 (ITS90) R [Ω]	Temperatur °C	NTC (N) R [Ω]
-200	18,52	-50	670100
-150	40,00	-40	336500
-100	60,26	-30	177000
-50	80,31	-20	97080
0	100,00	-10	55330
50	119,40	0	32650
100	138,51	10	19900
150	157,33	20	12490
200	175,86	25	10000
250	194,10	30	8057
300	212,05	40	5327
350	229,72	50	3603
400	247,09	60	2488
450	264,18	70	1752

NTC-Widerstandsfühler

Temperatur °C	Pt100 (ITS90) R [Ω]	Temperatur °C	NTC (N) R [Ω]
500	280,98	80	1255
550	297,49	90	915,3
600	313,71	100	678,3
650	329,64	110	510,3
700	345,28	120	389,3
750	360,64	130	300,93
800	375,70	140	235,27
850	390,48	150	185,97

Hinweise zur Messung

Für Temperaturmessungen mit NTC-Fühlern ergeben sich durch Verlängerungen zusätzliche Abweichungen, die abhängig von der gemessenen Temperatur und der Kabellänge sind:

Temperatur NTC-Fühler °C	Widerstand NTC-Fühler Ohm	Fehler bei 5m °C	Fehler bei 10m °C	Fehler bei 50m °C	Fehler bei 100m °C
-20	97 080	0	0	0	0
0	32 650	0	0	0,01	0,02
25	10 000	0	0,01	0,03	0,06
50	3 603	0,01	0,02	0,09	0,18
70	1 752	0,02	0,04	0,21	0,42
100	678,3	0,06	0,13	0,65	1,3

Die angegebenen Werte sind typische Abweichungen für Kabel mit Aderquerschnitt 0,14 mm². Das entspricht bei einer Kabellänge von 100 m typ. ca. 25 Ohm Schleifenwiderstand (= 2 Adern).

3.2.3.1 NTC Widerstandsfühler FNA xxx

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Analoge Stecker

Die NTC Fühler in unserem Sortiment sind standardmäßig mit einem analog arbeitenden Stecker (ZA9040FS, siehe Kapitel 4.1.3.1) ausgestattet:

Messbereich -50 bis +125°C, Auflösung 0,01 K

Digitale Stecker

NTC-Fühler können auch mit einem digital arbeitenden D6 Stecker (ZAD040FS, siehe Kapitel 4.1.3.2) ausgerüstet werden:

Messbereich -50 bis +125°C, Auflösung 0,01 K

Messbereich -20 bis +65°C, Auflösung 0,001 K

Dieser digitale ALMEMO® D6-Messstecker arbeitet mit einem eigenen eingebauten 24-Bit AD-Wandler. Die Linearisierung der NTC-Kennlinie wird mit den Steinhart Hart Koeffizienten fehlerfrei berechnet (kein Näherungsverfahren).

Die hohe Präzision eines Temperaturfühlers mit digitalem Stecker ist unabhängig von der Verarbeitung des Signals im ALMEMO® Gerät und nachfolgenden Verlängerungskabeln.

Ausführung

Mantelfühler

Einsatztemperaturen der Standard Widerstands-Mantelfühler NTC reichen von 0 bis typ. 70°C.

Sie sind von einem Edelstahlrohr umgeben und besitzen eine Kabelübergangshülse (siehe Kapitel 3.2.1.1). Die Edelstahlrohre können mit einem Radius von bis zu 10 x Ø gebogen werden. NTC Mantelfühler sollten auf den ersten 30 mm von der Spitze her nicht gekrümmt werden.

Mantelfühler gibt es in den verschiedensten Längen und Durchmessern. Bei einzelnen Typen haben Fühlerspitze und Mantelleitung unterschiedliche Durchmesser (Fühlerspitze verstärkt). Diese Typen sind daher nicht für die Montage mit Klemmverschraubungen geeignet.

Standardkabel: 1,5m Leitung PVC/PVC-isoliert, Einsatztemperatur -20 bis +105°C.

Fühler für Oberflächen- und Tauchmessungen

Mit Handgriff und verschiedenen Spitzen, die die Fühler für Oberflächen- oder Tauchmessungen geeignet machen (siehe Beispiele in Kapitel 3.2.1.1.).

Programmierung

Analoge Stecker

NTC-Fühler FN Axxx erhalten standardmäßig den Stecker ZA 9040-FSx mit dem Messbereich NTC Typ N (Auflösung 0,01 K).

Bezeichnung	Befehl	Kürzel	Messbereich	Auflösung
NTC Typ N	B09	Ntc	-50 bis +125°C	0,01 K

Digitale Stecker

Messbereiche bei Auslieferung

Bezeichnung	Befehl	Kürzel	Exp	Messbereich	Auflösung
Ntc, t	B-01	DIGI	-2	-50 bis +125°C	0,01 K

Konfiguration über das Sensor-Menü

Es ist möglich zwei NTC Fühler über diesen Stecker anzuschließen (zweiter Fühler Klemme Ntc2-Gnd). Nur für den Fühler, der auf Klemme Ntc-Gnd angeschlossen ist, kann der Bereich Ntc3 mit einer Auflösung von 0,001 K programmiert werden.

NTC-Widerstandsfühler

Konfigurierbare Messbereiche

Bezeichnung	Anschluss	Befehl	Kürzel	Exp	Messbereich	Auflösung
Ntc, t	Klemme Ntc-Gnd	B-01	DIGI	-2	-50 bis +125°C	0,01 K
Ntc2, t	Klemme Ntc2-Gnd	B-02	DIGI	-2	-50 bis +125°C	0,01 K
Ntc3, t	Klemme Ntc-Gnd	B-03	DIGI	-3	-20 bis +65°C	0,001 K

Technische Daten

Die Genauigkeitsangaben bei den normierten NTC-Fühlern gehen aus Lieferantenangaben hervor. Das Sensorelement wird in einem Fühler verbaut und mit Anschlusskabel und ALMEMO® Stecker versehen. Verarbeitung, Übergangs- und Klemmstellen und das Anschlusskabel haben einen Einfluss auf die Genauigkeit des Temperaturfühlers.

Die in den technischen Daten angegebenen T_{\max} -Werte beziehen sich auf die Fühlerspitze. Die Fühlergriffe und Kabel sind bis 80°C beständig, für höhere Umgebungstemperaturen gibt es auch hitzebeständige Kabel.

Genauigkeitsangaben für NTC-Sensor Elemente

Bezeichnung	Gültigkeitsbereich	Grenzabweichung
NTC-Element	-20 bis < 0°C	±0,4 K
(10K bei 25°C)	0 bis 70°C	±0,2 K
	> 70 bis 125°C	±0,6 K

Genauigkeitsangaben für den digitalen NTC Stecker ZAD040FS

Bei Benutzung digitaler D6-Stecker kommt zur oben angegebenen Grenzabweichung nicht die Systemgenauigkeit des Messgeräts, sondern die des Steckers hinzu.

Messbereich	Bezeichnung	Systemgenauigkeit
-50,00 bis +125,00°C	Ntc/Ntc2 (siehe oben)	±0,05 K bei -50 bis +100°C
-20,000 bis +65,000°C	Nt3	±0,02 K bei -20 bis +65°C

Temperaturdrift: 40 ppm/K
Nominaltemperatur: 23°C ± 2K

Handhabung

Messgenauigkeit erhöhen

Es gelten die gleichen Hinweise wie für die Pt100 Fühler (siehe Kapitel 3.2.2.1.).

Fühlerschutz

NTC Temperaturfühler sind bezüglich Erschütterungen deutlich weniger empfindlich als Pt100 Fühler.

3.2.4 Wet-Bulb-Globe-Temperatur-Messung

Zur Bewertung der Arbeitsbelastung an Hitze Arbeitsplätzen und der damit verbundenen Einsatz- und Abkühlzeiten ist die Wet-Bulb-Globe-Temperatur (WBGT) der entscheidende Parameter. Temperatur, Strahlung, rel. Luftfeuchtigkeit und Luftgeschwindigkeit werden durch Messung der Trockentemperatur TT, der natürlichen Feuchttemperatur HTN eines Psychrometers und der Strahlungstemperatur GT eines Globethermometers bestimmt und als WBGT zusammengefasst.

Zur Messung von TT und HTN muss an der Buchse M0 ein Psychrometer mit abschaltbarem Motor (FNA 846-WB) angeschlossen sein, das mit den Messbereichen Ntc und P HT programmiert ist. Um die natürliche Feuchttemperatur HTN zu erhalten, muss bei der Messung die Plexiglashaube des Psychrometers abgenommen und der Lüftermotor mit dem Schiebeschalter ausgeschaltet werden.

An der Buchse M1 wird ein Globe-Thermometer (Pt100) (FPA 805-GTS) mit den Messbereichen P204 und WBGT benötigt.

Zur Berechnung der Wet-Bulb-Globe-Temperatur (WBGT) gibt es den Funktionskanal WBGT, der beim Anschluss der richtigen Fühler die Wet-Bulb-Globe-Temperatur anzeigt.

Anordnung und Programmierung der WBGT-Fühler:

Fühler	Buchse/Kanäle	Bereich	Größe	Erklärung
Psychrometer	M0, Kanal 0	Ntc	TT	Trockentemperatur der Luft in °C
	M0, Kanal 1	P HT	HTN	Natürliche Feuchttemperatur der Luft
Pt100-Globe-Thermometer	M1, Kanal 0	P204	GT	Globe-Temperatur in °C
	M1, Kanal 1	WBGT	WBGT	$0,1 \text{ TT} + 0,7 \text{ HT} + 0,2 \text{ GT}$

Um aktuelle Werte zu erhalten, muss eine kontinuierliche oder zyklische Messstellenabfrage laufen.

3.2.5 ALMEMO® Infrarot-Fühler

Grundlagen

Um mit der Infrarotmesstechnik befriedigende Ergebnisse zu erzielen, ist es wichtig, die grundlegenden Zusammenhänge und Einflüsse von Emissionsgrad, Umgebungsstrahlung und Strahlengang (Messfeld) zu beachten.

Temperaturstrahlung

Jeder Körper sendet oberhalb des absoluten Nullpunktes eine elektromagnetische Strahlung aus. Zwischen der emittierten Strahlung und der Temperatur eines Körpers besteht nach den Planck'schen Strahlungsgesetzen ein fester Zusammenhang.

Gesamtstrahlung: $S = \sigma \cdot T^4$ (Stefan-Boltzmann-Gesetz)(1)

Dieses Gesetz gilt jedoch nur für sogenannte "schwarze Strahler", die ihre gesamte Strahlung aussenden. Bei realen Körpern handelt es sich um "graue Strahler", die nur einen Teil der Strahlung emittieren. Das Verhältnis der individuellen Ausstrahlung S_O eines beliebigen Temperaturstrahlers zur Ausstrahlung eines schwarzen Strahlers S_S nennt man Emissionsgrad:

Emissionsgrad: $\varepsilon = S_O / S_S$ (2)

Bei der berührungslosen Temperaturmessung spielt der Emissionsgrad eine wichtige Rolle. Da die Infrarot-Messgeräte an "schwarzen Strahlern" kalibriert werden, ist es erforderlich, bei der Messung den Emissionsgrad der zu messenden Oberfläche zu berücksichtigen. Das Strahlungsthermometer misst eine Strahlung S_M , die sich aus der Eigenstrahlung des Messobjektes S_O und der von der Umgebung reflektierten Strahlung S_U zusammensetzt. Dies gilt für Objekte, bei denen die Transmission Null ist (nicht transparent). Die Objektstrahlung S_O ist dabei mit dem Emissionsgrad ε , die Umgebungsstrahlung S_U mit dem Reflexionsgrad ρ behaftet:

Messstrahlung: $S_M = \varepsilon \cdot S_O + \rho \cdot S_U$ (3)

Mit der Beziehung $\varepsilon + \rho = 1$ (Transmission = 0) lässt sich schließlich die Objektstrahlung bestimmen zu:

Objektstrahlung: $S_O = 1/\varepsilon \cdot (S_M - S_U) + S_U$ (4)

Speziell gilt: $S_O \approx 1/\varepsilon \cdot S_M$ (Objekttemperatur viel höher als Umgebung)

$S_O \approx S_U$ (Objekttemperatur gleich Umgebung)

Bei Objekten, deren Temperatur weit über der Umgebung liegt, kann der Einfluss der Umgebungsstrahlung vernachlässigt werden.

Sensoren

Als Messwertgeber gibt es photoelektrische Strahlungsempfänger mit hoher Empfindlichkeit und besonders kurzer Ansprechzeit, sowie thermische Detektoren mit etwas größerer Trägheit.

Strahlengänge und Messfleck

Um korrekte Messwerte zu erhalten, ist außer dem Emissionsgrad auch der Strahlengang des Sensors zu berücksichtigen. Je nach Optik ergibt sich in Abhängigkeit vom Abstand ein bestimmter Messfleckdurchmesser. Dieser Zusammenhang ist im Messfeld-Diagramm dargestellt. Der Messfleckdurchmesser muss immer kleiner sein als das Messobjekt oder die interessierende Messstelle.

Emissionsgradtabelle

Die folgende Tabelle ist als Richtwert für die Abschätzung des Emissionsgrades verschiedener Materialien gedacht.

Beachten Sie, dass der Emissionsgrad speziell bei Metallen in Abhängigkeit von Oberflächenbeschaffenheit, Oxydation, Rost bzw. Anwesenheit von Schmutz, Wasser oder Öl sehr stark variieren kann.

Material	ϵ	Material	ϵ	Material	ϵ
Aluminium blank	0,1	Federstahl	0,87	Monel oxydiert	0,4
Aluminium oxydiert	0,2 - 0,4	Gips	0,8 - 0,9	Nickel nicht oxydiert	0,15
Alu.-oxyd	0,42 - 0,26	Glas	0,85 - 0,95	Nickel oxydiert	0,2 - 0,5
Asbest	0,96	Gummi	0,95	Papier	0,95
Asphalt	0,95	Graphit	0,7 - 0,8	Putz	0,91
Basalt	0,7	Gusseisen nicht oxydiert	0,2	Quecksilber	0,1 - 0,12
Beton	0,95	Gusseisen oxydiert	0,6 - 0,95	Ruß	1
Blei oxydiert	0,2 - 0,6	Gusseisen überdreht	0,45	Sand	0,9
Bitumen	1	Haut	0,99	Schamotte	0,75
Brot	0,88	Hartfaserplatte	0,95	Schnee	0,9
Dachpappe	0,94	Heizkörper	0,8	Stahlblech mit Walzhaut	0,75
Eisen nicht oxydiert	0,1 - 0,2	Holz	0,9 - 0,95	Stahlblech blank	0,65
Eisen oxydiert	0,5 - 0,9	Kalkstein	0,95	Stahl-Drehlinge blank	0,3
Eisen gerostet	0,5 - 0,7	Keramik	0,95	Textilien	0,95
Edelstahl	0,1 - 0,8	Kohle	0,8 - 0,9	Ton	0,95
Eis	0,98	Kupfer oxydiert	0,4 - 0,9	Wasser	0,93
Emaille	0,9	Kunststoffe	0,9	Zement	0,9
Farben matt	0,95	Leder	0,94	Ziegel rau	0,93
Farben glänzend	0,9	Marmor	0,93	Ziegel glasiert	0,75
Alufarbe	0,52	Messing oxydiert	0,5	Zink oxydiert	0,1

Spektrale Abhängigkeit des Emissionsgrades

Die Infrarotmessung beschränkt sich vorwiegend auf die Wellenbereiche zwischen ca. 0,5 und 20 μm . Auch in diesem Bereich ist der Emissionsgrad teilweise stark von der Wellenlänge abhängig. Deshalb sind in bestimmten Fällen entsprechende Filter nötig.

Auswahl, Produktübersicht

Es stehen drei verschiedene Infrarot-Fühlerausführungen zum Anschluss an die ALMEMO® Messgeräte zur Verfügung:

Kompakter Infrarot-Fühler FIA 844:

Analoger Fühler, Temperaturbereich -20 bis +500°C, fester Emissionsgrad 0,95 für matte, schwarze Oberflächen, optische Auflösung 13:1 bzw. 9:1.

Digitaler Infrarot-Fühler FIAD 43-32:

Digitaler ALMEMO® D6-Fühler, Miniaturmesskopf, Temperaturbereich -40 bis +600°C, Emissionsgrad programmierbar, optische Auflösung 10:1 oder Scharfpunktoptik mit Messfleckdurchmesser 1 mm.

Infrarot-Messkopf AMiR 7838:

Industrierausführung mit Stromausgang 4 bis 20 mA, lieferbar mit ALMEMO® Anschlusskabel, verschiedene Spektralbereiche/Ausführungen für Temperaturen von -18 bis +2000°C, Emissionsgrad einstellbar, verschiedene optische Auflösungen oder Scharfpunktoptiken.

Anwendungsbereiche

Mit Infrarot-Fühlern wird die Wärmestrahlung von Objekten berührungslos erfasst und die Temperatur in °C angezeigt. Dieses Messverfahren gestattet auch die Erfassung der Oberflächentemperatur an Messorten, die mit konventionellen Kontaktfühlern nicht möglich wären. Oberflächen von Materialien mit geringer Wärmeleitung und Oberflächen von Körpern mit geringer Wärmekapazität können ohne Beeinflussung des Messobjektes und mit hoher Ansprechgeschwindigkeit gemessen werden. Ebenso ist eine Messung an bewegten, unzugänglichen oder spannungsführenden Teilen möglich.

Infrarotfühler eignen sich zur berührungslosen Temperaturmessung an Oberflächen in zahlreichen industriellen Anwendungen. Typische Einsatzgebiete sind: Messungen an Papier- oder Textilbahnen, bei Lackierstraßen, Beschichtungen, Trocknungsprozessen. Spezielle Anwendungen ergeben sich im Bereich der Elektrik/Elektronik z.B. bei der Suche nach heißen Stellen auf Platinen, Kontakten. Oberflächen-Vergleichsmessungen mit Hilfe eines Kontakt-Temperaturfühlers ermöglichen die Bestimmung des Emissionsgrads.

Hinweise zur Messung

Bei polierten oder glänzenden Metallen, sowie bei durchsichtigen Messobjekten ist der Emissionsgrad zu klein für eine sinnvolle Messung. Eine geschwärzte Messstelle hat einen Emissionsgrad von 0,9 bis 1,0 und wird damit gut messbar.

Wir empfehlen, die Messstelle mit mattem, schwarzem Lack o.ä. zu behandeln oder Emissionsgradaufkleber zu verwenden.

Emissionsgradlack bis 200°C, Artikelnummer ZX 1070-EL2

Emissionsgradlack bis 450°C, Artikelnummer ZX 1070-EL4

Emissionsgradaufkleber bis 300°C, Artikelnummer ZR 7000-EK

3.2.5.1 Kompakter Infrarot-Fühler FIA 844

Fühlereigenschaften

Ausstattung

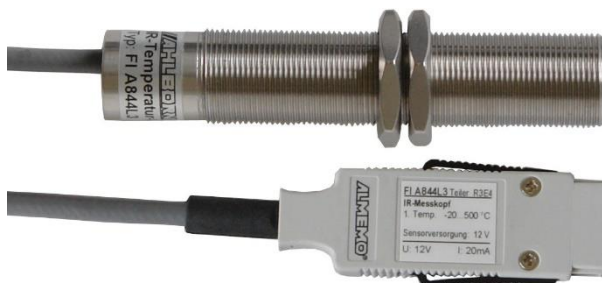


Abb. 3.2.7
Infrarot-Fühler FIA 844
mit ALMEMO® Stecker

Die Elektronik ist im Messkopf integriert. Die LED auf der Rückseite des Messkopfes signalisiert den jeweiligen Arbeitszustand des Gerätes.

Der Infrarot-Fühler arbeitet mit dem fest eingestellten Emissionsgrad 0,95.

Als Zubehör sind lieferbar: Montagewinkel und Luftblasvorsatz.

Der Messkopf besitzt ein fest angeschlossenes Kabel mit montiertem ALMEMO® Stecker. Es können zwei verschiedene Kabellänge geliefert werden: Länge 1 m oder Länge 3 m. Für größere Entfernungen zwischen Messkopf und ALMEMO® Messgerät können steckbare ALMEMO® Verlängerungskabel verwendet werden: Serie ZA 9060-VKx bis 4 m, Serie ZA 9090-VKCx bis 100 m.

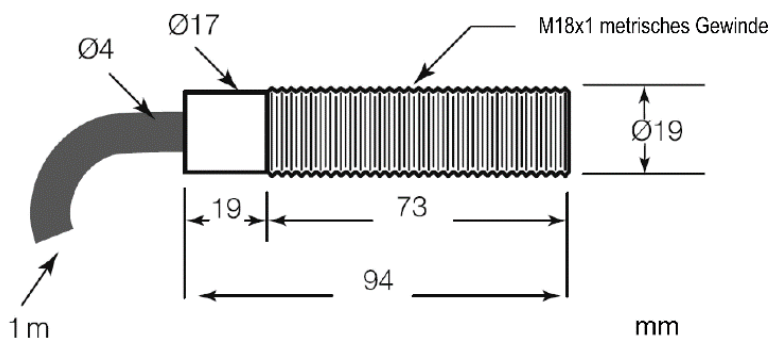
Programmierung

Der ALMEMO® Stecker wird fertig programmiert geliefert: Bereich D2.6, skaliert für den Messbereich des Fühlers, Fühlerversorgung über den ALMEMO® Stecker.

Technische Daten

Temperaturbereich	-20 bis +500°C
Spektrale Empfindlichkeit	8 bis 14 µm
Optische Auflösung (90% Energie)	13:1 (11,5 mm bei 150 mm Abstand), Fernfeld 9:1
Genauigkeit	±1,5% v. Messwert oder ±2 K, es gilt der jeweils größere Wert ±3,5 K für Messwerte < 0°C
Reproduzierbarkeit	±0,5% v. Messwert oder ±1 K, es gilt der jeweils größere Wert
Nennbedingungen	23°C ±5 K, Emissionsgrad 0,95
Temperaturauflösung	0,1 K
Ansprechzeit	150 ms (95%)
Emissionsgrad	0,95 fest eingestellt
Spannungsversorgung	über ALMEMO® Stecker (12 V DC)
Schutzklasse	IP65
Umgebungstemperatur	-10 bis +70°C
Lagertemperatur	-20 bis +85°C
Relative Luftfeuchtigkeit	10 bis 95% nicht kondensierend
Gehäuse	Edelstahl
Abmessungen:	Länge 94 mm, Gewinde M18x1
Anschlusskabel:	fest angeschlossen, 1 m oder 3 m, -30 bis +105°C inkl. ALMEMO® Stecker, programmiert
Gewicht:	ca. 160 g (1 m Kabel)

Abmessungen



Handhabung

Vorbereitung

Entfernung und Messfleckgröße

Das Messfeld-Diagramm gibt den Durchmesser des Messfeldes an, das vom Infrarotsensor zur Messung erfasst wird. Der Durchmesser ist abhängig vom Abstand zwischen dem Messkopf und der Oberfläche des Messobjektes.

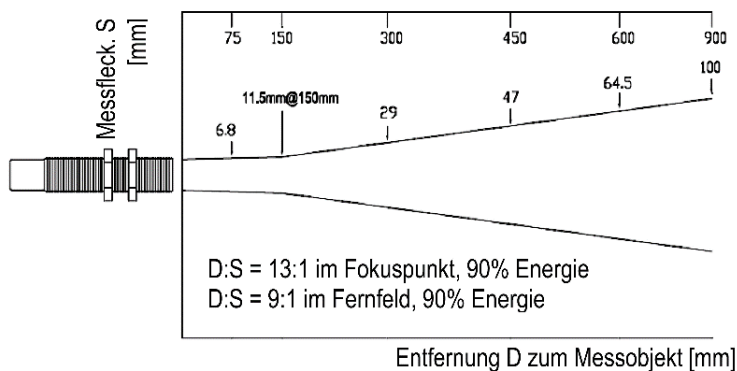


Abb. 3.2.8
Infrarot-Fühler FIA 844
Messfeld-Diagramm

Die gewünschte Messfleckgröße auf dem Messobjekt bestimmt den maximalen Abstand zwischen Messkopf und Oberfläche. Im Messfeld-Diagramm ist die Messfleckgröße in Abhängigkeit vom Abstand dargestellt. Um fehlerhafte Messungen zu vermeiden, muss das Messobjekt das gesamte Sichtfeld der Sensoroptik ausfüllen.

Umgebungstemperatur

Der Messkopf muss innerhalb des in den technischen Daten angegebenen Umgebungstemperaturbereiches betrieben werden.

Der Einbauort des Messkopfes wird so gewählt, dass die Umgebungstemperatur des Messkopfes während der Messung konstant (stationär) ist. Eine schwankende Umgebungstemperatur ist unbedingt zu vermeiden. Schwankungen würden sich unmittelbar auf die Anzeige der gemessenen Oberflächentemperatur auswirken.

Befestigung

Der Messkopf wird über sein Gewinde montiert. Als Zubehör sind ein starrer oder ein justierbarer Montagewinkel lieferbar.

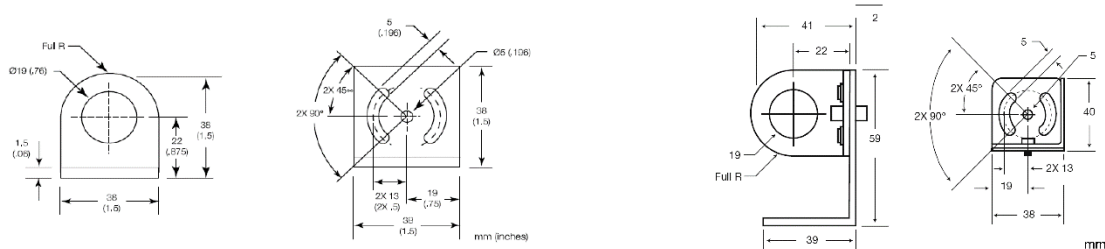


Abb. 3.2.9 starrer Montagewinkel justierbarer Montagewinkel

Montieren Sie den Messkopf möglichst senkrecht zur Oberfläche des Objektes! Generell sollte der Montagewinkel 30° nicht überschreiten, um den Anteil der an der Oberfläche reflektierten Strahlung gering zu halten. Ebenfalls sollten Reflexionen von umliegenden Temperaturquellen durch Abschirmen des Objektes minimiert werden.

Luftreinheit

Um Fehlmessungen und Beschädigungen der Linse zu vermeiden, sollte diese stets vor Staub, Rauch, Dunst und sonstigen Verunreinigungen geschützt werden. In Umgebungen mit Staubbelastung oder hoher Luftfeuchtigkeit ist ein Luftblasvorsatz (Zubehör) empfehlenswert.

Luftblasvorsatz

Der Luftblasvorsatz dient dazu, Staub, Feuchtigkeit, Schwebepartikel und Dampf von der Linse fernzuhalten. Er kann vor oder hinter dem Haltewinkel montiert werden.

Er verfügt über einen Schnellverbinder für den Anschluss der Spülluft. Es wird empfohlen, einen 4 mm Kunststoffschlauch zum Anschluss der Spülluft an den Verbinder zu verwenden. Die Luft strömt durch den Verbinder in den Luftblasvorsatz hinein und aus der Öffnung an der Vorderseite wieder heraus. Der Luftdruck sollte zwischen 0,6 und 1 bar betragen. Es muss ölfreie, technisch reine Luft verwendet werden.

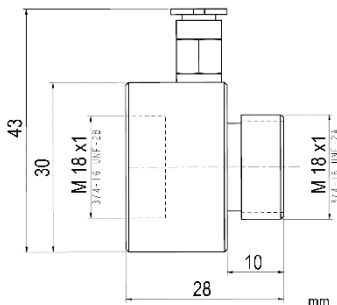


Abb. 3.2.10 Luftblasvorsatz

Messen

Der Infrarot-Fühler arbeitet mit dem fest eingestellten Emissionsgrad 0,95. Damit können nur Messobjekte mit einer matten, schwarzen Oberfläche mit ausreichender Genauigkeit gemessen werden. Ist die Oberfläche glänzend/spiegelnd, können Emissionsgradlack oder Emissionsgradaufkleber verwendet werden.

Der Messkopf ist mit dem benötigten Zubehör fertig montiert, im festgelegten Abstand zum Messobjekt stationär befestigt und auf die Oberfläche des Messobjektes ausgerichtet.

Der ALMEMO® Stecker des Infrarot-Fühlers wird in den Messeingang eines ALMEMO® Messgerätes gesteckt, das Messgerät eingeschaltet und der Messwert abgelesen und weiterverarbeitet.

LED-Anzeige des Messkopf-Status

Der Messkopf-Status wird durch unterschiedliche Blinkmodi der LED auf der Rückseite des Messkopfes signalisiert:

Status	LED
Normal	※※※※※※※※※※○※※※※※※※※
Außerhalb des Messbereiches	※○※○○○○○※○※○○○○○※
Instabil	※○○○※○○○※○○○※○○○※○○○
Alarm / Störung	※※※※※※※※※※※※※※※※※※

Der instabile Status wird typischerweise durch die Aufwärmphase oder durch Thermoschockereignisse verursacht.

Wartung

Reinigung des Messfensters

Auf die Sauberkeit des Messfensters ist stets zu achten. Fremdkörper beeinträchtigen die Messgenauigkeit. Die Reinigung des Messfensters muss mit Vorsicht erfolgen. Folgende Vorgehensweise wird empfohlen:

1. Lose Partikel mit sauberer Luft wegbblasen.
2. Verbleibende Partikel am besten äußerst vorsichtig mit einem Mikrofasertuch (für optische Geräte) entfernen.
3. Stärkere Verunreinigungen mit einem sauberen, weichen Tuch entfernen, das mit destilliertem Wasser angefeuchtet wurde. Auf jeden Fall Kratzer auf der Linsenoberfläche vermeiden!

Falls Silikone, die z. B. in Handcremes enthalten sind, auf die Optik gelangen, die Oberfläche vorsichtig mit Hexan reinigen. Das Messfenster anschließend lufttrocknen lassen.

Für die Entfernung von Fingerabdrücken oder Fett können Spiritus oder technischer Alkohol oder Kodak Linsenreiniger verwendet werden:

Eines der oben genannten Mittel auf die Optik aufbringen. Vorsichtig mit einem weichen sauberen Tuch wischen, bis auf der Oberfläche Farben zu sehen sind. Anschließend die Oberfläche lufttrocknen lassen. Die Oberfläche nicht trocken reiben - sie könnte zerkratzt werden!



Keinen Ammoniak oder Ammoniak enthaltende Reiniger zur Reinigung benutzen. Dies könnte zur Dauerbeschädigung der Oberfläche führen!

3.2.5.2 Digitaler Infrarotfühler FIAD 43

Fühlereigenschaften

Ausstattung



Abb. 3.2.11
Digitaler Infrarotfühler FIAD 43
mit ALMEMO® Stecker

Der ALMEMO® D6-Fühler FIAD 43 ist ein digitaler Fühler. Im Messkopf ist die vollständige Elektronik integriert. Alle Sensordaten und Abgleichwerte sind im Messkopf gespeichert. Der Emissionsgrad des Messobjektes (materialabhängig) ist einstellbar. Der Messwert wird digital an den ALMEMO® Stecker übertragen. So ist der Messwert u.a. unabhängig von einem Verbiegen oder Bewegen des Sensorkabels.

Als Option (nur ab Werk) sind lieferbar: Luftkühlgehäuse, Luftblasvorsatz und Umlenkspiegel.

Als Zubehör sind lieferbar: Montagewinkel, Scharfpunkt-Vorsatzlinse und Schutzfenster.

Der Messkopf besitzt ein fest angeschlossenes Kabel mit montiertem digitalen ALMEMO® D6-Stecker. Es können zwei verschiedene Kabellängen geliefert werden: Länge 1 m oder Länge 3 m. Für größere Entfernungen zwischen Messkopf und ALMEMO® Messgerät können steckbare ALMEMO® Verlängerungskabel verwendet werden: Serie ZA 9060-VKx bis 4 m, Serie ZA 9090-VKx bis 100 m.

Programmierung

Der ALMEMO® Stecker wird fertig programmiert geliefert. Fühlerversorgung geschieht über den ALMEMO® Stecker.

Messbereich bei Auslieferung

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
Objekt Temperatur t_o	B-01	DIGI	-1	-40 bis +600	°C	0,1 °C

Konfigurierbare Messbereiche

Die Konfiguration der Messbereiche erfolgt im Sensormenü an einem ALMEMO® V7-Messgerät oder direkt am PC (über das Anschlusskabel ZA 1919-DKUV) in der Software ALMEMO® Control. Auf dem 2. Kanal kann die Umgebungstemperatur des Sensors aktiviert werden oder ein 2. Temperaturkanal, um die Messwerte z.B. zusätzlich in einer anderen Dimension darzustellen.

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. * Objekt Temperatur t_o	B-01	DIGI	-1	-40 bis +600	°C	0,1 °C
2. ~ Umgebungstemperatur t_a	B-02	DIGI	-1	-10 bis +120	°C	0,1 °C

* Auslieferungszustand

~ Bereich auch über ALMEMO® Gerät aktivierbar.

Konfiguration am PC in der Software ALMEMO® Control über das Sensor-Menü

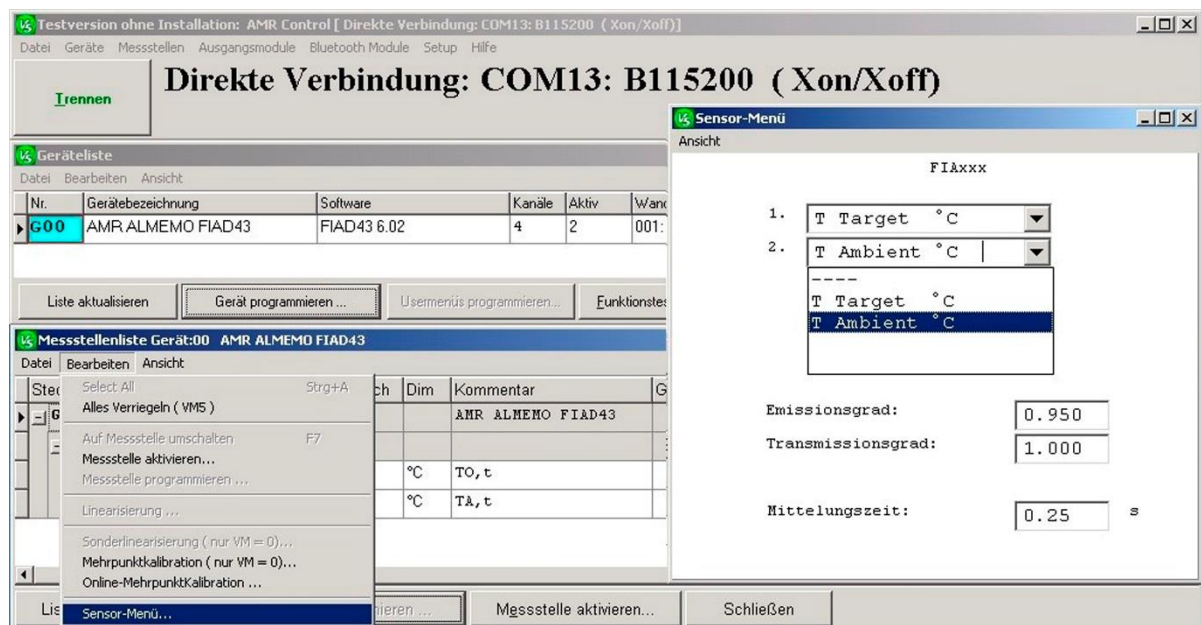


Abb. 3.2.12 Konfiguration am PC in der Software ALMEMO® Control über das Sensor-Menü

Emissionsgrad

Der Emissionsgrad des Messobjektes (materialabhängig) kann im Sensormenü eingestellt werden (siehe Abbildung 3.2.13).

Wird der Fühler an einem ALMEMO® V6-Gerät betrieben, kann der Emissionsgrad auch in der normalen V6-Fühlerprogrammierung eingestellt werden. Bei angestecktem Infrarotfühler wird der Parameter ‚Steigungskorrektur‘ durch den Parameter ‚Emission‘ ersetzt, sodass hier der Emissionsgrad programmiert werden kann.

Bei Auslieferung ab Werk ist der Emissionsgrad auf 0,95 eingestellt, d.h. für matte, schwarze Oberflächen.

Transmissionsgrad der Scharfpunkt-Vorsatzlinse oder des Schutzfensters

Bei Verwendung der Scharfpunkt-Vorsatzlinse oder eines Schutzfensters ist es nötig, den Transmissionsgrad der Scharfpunkt-Vorsatzlinse oder des Schutzfensters zu berücksichtigen. Diese Einstellung ist nur im Sensormenü möglich (siehe Abbildung 3.2.13).

Bei Auslieferung ab Werk ist der Transmissionsgrad auf 1,00 eingestellt, d.h. für den Betrieb ohne Vorsatzlinse oder Schutzfenster.

Technische Daten

Temperaturmessbereich	-40 bis +600°C
Spektrale Empfindlichkeit	8 bis 14 µm
Optische Auflösung (90 % Energie)	10:1 mit Scharfpunkt-Vorsatzlinse: 1 mm bei Abstand 10 mm, Transmissionsgrad 0,75 programmieren (siehe oben, ‚Programmierung‘)
Genauigkeit	±1 % v. Messwert oder ±1 K, es gilt der jeweils größere Wert, ±2 K für Messwerte < 20°C
Reproduzierbarkeit	±0,5 % v. Messwert oder ±0,5 K, es gilt der jeweils größere Wert
Nennbedingungen	23°C ± 5 K, Emissionsgrad 1
Temperaturkoeffizient	±0,05 K/K oder ±0,05%/K v. Messwert, es gilt der jeweils größere Wert
Temperaturauflösung	0,1 K
Ansprechzeit	130 ms (90%)
Emissionsgrad	0,95 (ab Werk programmiert), Programmierung im Bereich 0,1 bis 1,0 bei den aktuellen ALMEMO® Geräten V6 über das Gerät (teilweise nur über Schnittstelle).
Transmissionsgrad der Scharfpunkt-Vorsatzlinse oder des Schutzfensters	1,0 (ab Werk programmiert), Programmierung im Bereich 0,1 bis 1,0 direkt am PC mit dem USB-Adapterkabel ZA1919AKUV
Schutzklasse	IP65 (NEMA 4)
Umgebungstemperatur	-10 bis +120°C, mit Luftkühlgehäuse: -10 bis +200°C
Lagertemperatur	-20 bis +120°C
Relative Luftfeuchtigkeit	10 bis 95% nicht kondensierend
Gehäuse	Edelstahl
Abmessungen	Messkopf: L 28 x Ø 14 mm, Gewinde M12 x 1
Gewicht	Messkopf: 50 g mit 1 m Kabel
Anschlusskabel	fest angeschlossen, PUR, Länge siehe oben unter ‚Ausstattung‘, mit ALMEMO® D6 Stecker
ALMEMO® D6-Stecker	Refreshzeit: 0,25 Sek. für alle Kanäle Versorgungsspannung: 6 bis 13 V DC, Stromverbrauch: 4 mA

Abmessungen

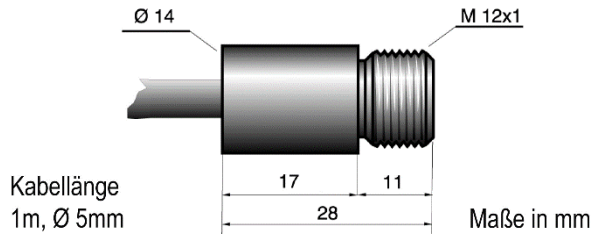


Abb. 3.2.13
Digitaler Infrarotfühler FIAD 43
Maße

Handhabung

Vorbereitung

Entfernung und Messfleckgröße

Das Messfeld-Diagramm gibt den Durchmesser des Messfeldes an, das vom Infrarotsensor zur Messung erfasst wird. Der Durchmesser ist abhängig vom Abstand zwischen dem Messkopf und der Oberfläche des Messobjektes.

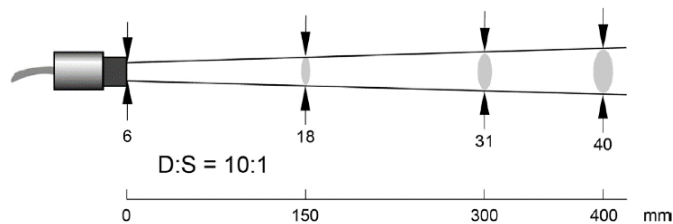


Abb. 3.2.14
Messfeld-Diagramm

Die gewünschte Messfleckgröße auf dem Messobjekt bestimmt den maximalen Abstand zwischen Messkopf und Oberfläche. Im Messfeld-Diagramm ist die Messfleckgröße in Abhängigkeit vom Abstand dargestellt. Um fehlerhafte Messungen zu vermeiden, muss das Messobjekt das gesamte Sichtfeld der Sensoroptik ausfüllen.

Scharfpunkt-Vorsatzlinse

Die Scharfpunkt-Vorsatzlinse wird eingesetzt, um einen sehr kleinen Messfleck von bis zu 1 mm zu erreichen.

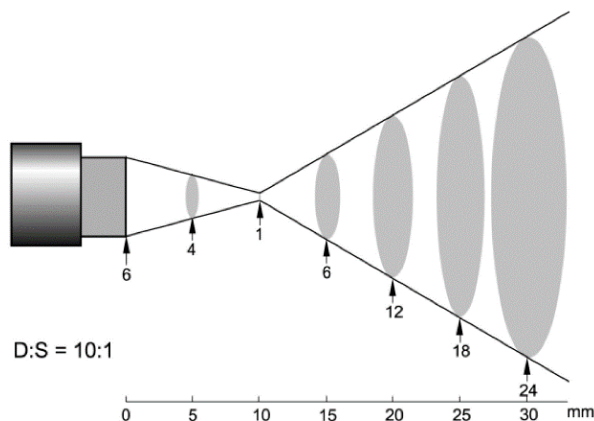


Abb. 3.2.15
Messfeld-Diagramm mit Scharfpunkt-Vorsatzlinse

Wichtig: Bei Verwendung der Scharfpunkt-Vorsatzlinse muss der Transmissionsgrad der Scharfpunkt-Vorsatzlinse im ALMEMO® D6-Sensormenü eingestellt werden, siehe oben unter ‚Programmierung‘.

Umgebungstemperatur

Der Messkopf muss innerhalb des in den technischen Daten angegebenen Umgebungstemperaturbereiches betrieben werden.

Luftkühlgehäuse (Option, nur ab Werk montiert möglich)

Der Messkopf kann bei Einsatz der Luftkühlung bei einer Umgebungstemperatur von bis zu 200°C betrieben werden. Das System zur Luftkühlung besteht aus einem T-Adapter inklusive 0,8 m (alternativ 2,8 m) Luftschlauch, Isolierung und Luftblasvorsatz.

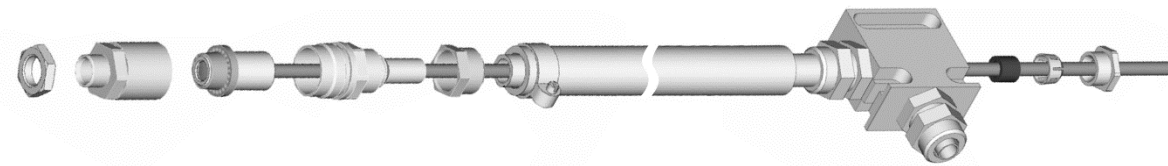


Abb. 3.2.16 Luftkühlung mit T-Adapter, Luftschlauch, Isolierung und Luftblasvorsatz

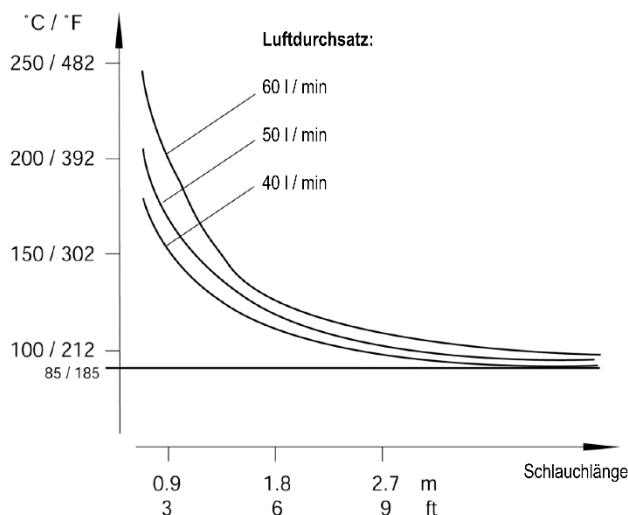


Abb. 3.2.17 Max. Umgebungstemperatur in Abhängigkeit von Luftdurchsatz und Schlauchlänge.
Anmerkung: „Schlauchlänge“ ist die Länge des Schlauchteils, die der höheren Umgebungstemperatur ausgesetzt ist.

Der Einbauort des Messkopfes wird so gewählt, dass die Umgebungstemperatur des Messkopfes während der Messung konstant (stationär) ist. Eine schwankende Umgebungstemperatur ist unbedingt zu vermeiden. Schwankungen würden sich unmittelbar auf die Anzeige der gemessenen Oberflächentemperatur auswirken.

Befestigung

Der Messkopf wird über sein Gewinde montiert. Als Zubehör sind ein starrer oder ein justierbarer Montagewinkel lieferbar.

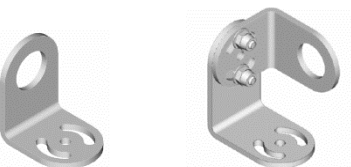


Abb. 3.2.18 starrer und justierbarer Montagewinkel

Montieren Sie den Messkopf möglichst senkrecht zur Oberfläche des Objektes! Generell sollte der Montagewinkel 30° nicht überschreiten, um den Anteil der an der Oberfläche reflektierten Strahlung gering zu halten. Ebenfalls sollten Reflexionen von umliegenden Temperaturquellen durch Abschirmen des Objektes minimiert werden.

Luftreinheit

Um Fehlmessungen und Beschädigungen der Linse zu vermeiden, sollte diese stets vor Staub, Rauch, Dunst und sonstigen Verunreinigungen geschützt werden. In Umgebungen mit Staubbelastung oder hoher Luftfeuchtigkeit ist ein Luftblasvorsatz (Option) empfehlenswert.

Luftblasvorsatz (Option, nur ab Werk montiert möglich)

Der Luftblasvorsatz dient dazu, Staub, Feuchtigkeit, Schwebepartikel und Dampf von der Linse fernhalten.



Abb. 3.2.19 Luftblasvorsatz

Er verfügt über einen Einschraubverbinder für den Anschluss der Spülluft. Es wird empfohlen, einen Kunststoffschlauch mit Innendurchmesser 3 mm und Außendurchmesser 5 mm zu verwenden. Die Luft strömt durch den Verbinder in den Luftblasvorsatz hinein und aus der Öffnung an der Vorderseite wieder heraus. Der Luftdruck darf max. 5 bar betragen. Es muss ölfreie, technisch reine Luft verwendet werden.

Umlenkspiegel mit integriertem Luftblasvorsatz (Option, nur ab Werk montiert möglich)



Abb. 3.2.20 Umlenkspiegel mit integriertem Luftblasvorsatz

Für besondere Einbausituationen kann ein 90° Umlenkspiegel eingesetzt werden (Umgebungstemperatur max. 180°C). Die Länge des Infrarot-Strahls innerhalb des Umlenkspiegels beträgt 18 mm, welche bei der Berechnung der Messfleckgröße zu berücksichtigen ist.

Scharfpunkt-Vorsatzlinse

Die Scharfpunkt-Vorsatzlinse hat einen Außendurchmesser von 17 mm. Die Linse kann direkt auf den Messkopf geschraubt werden. Im Betrieb müssen Messkopf und Vorsatzlinse dieselbe Temperatur haben.

Messkopf mit montierter Scharfpunkt-Vorsatzlinse

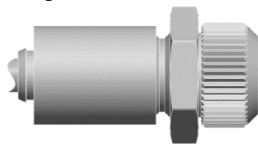


Abb. 3.2.21 Scharfpunkt-Vorsatzlinse

Technische Daten

Material Halter	Edelstahl
Material Fenster	Silizium (undurchsichtig, gewölbt)
Transmissionsgrad	0,75 ± 0,05
maximale Umgebungstemperatur	180°C

Wichtig: Bei Verwendung der Scharfpunkt-Vorsatzlinse muss der Transmissionsgrad der Scharfpunkt-Vorsatzlinse im ALMEMO® D6-Sensormenü eingestellt werden, siehe oben unter ‚Programmierung‘.

Schutzfenster

Schutzfenster werden eingesetzt, um die Optik des Messkopfes vor äußeren Schmutzeinflüssen zu schützen. Das Schutzfenster hat einen Außendurchmesser von 17 mm. Es kann direkt auf den Messkopf geschraubt werden. Im Betrieb müssen Messkopf und Vorsatzlinse dieselbe Temperatur haben.

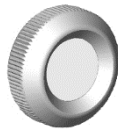


Abb. 3.2.22 Schutzfenster

Technische Daten

Material Halter	Edelstahl
Material Fenster	Zinksulfid (durchsichtig, flach)
Transmissionsgrad	$0,75 \pm 0,05$
maximale Umgebungstemperatur	180°C

Wichtig: Bei Verwendung des Schutzfensters muss der Transmissionsgrad des Schutzfensters im ALMEMO® D6-Sensormenü eingestellt werden, siehe oben unter „Programmierung“.

Messen

Der Messkopf ist mit dem benötigten Zubehör fertig montiert, im festgelegten Abstand zum Messobjekt stationär befestigt und auf die Oberfläche des Messobjektes ausgerichtet.

Der Fühler ist fertig konfiguriert mit dem Emissionsgrad des Messobjektes und bei Verwendung von Scharfpunkt-Vorsatzlinse oder Schutzfenster mit dem entsprechenden Transmissionsgrad.

Der ALMEMO® Stecker des Infrarot-Fühlers wird in den Messeingang eines ALMEMO® Messgerätes gesteckt, das Messgerät eingeschaltet und der Messwert abgelesen und weiterverarbeitet.

Wartung

Reinigung des Messfensters

Auf die Sauberkeit des Messfensters ist stets zu achten. Fremdkörper beeinträchtigen die Messgenauigkeit. Die Reinigung des Messfensters muss mit Vorsicht erfolgen. Folgende Vorgehensweise wird empfohlen:

1. Lose Partikel mit sauberer Luft wegblasen.
2. Verbleibende Partikel am besten äußerst vorsichtig mit einem Mikrofasertuch (für optische Geräte) entfernen.
3. Stärkere Verunreinigungen mit einem sauberen, weichen Tuch entfernen, das mit destilliertem Wasser angefeuchtet wurde. Auf jeden Fall Kratzer auf der Linsenoberfläche vermeiden!

Falls Silikone, die z. B. in Handcremes enthalten sind, auf die Optik gelangen, die Oberfläche vorsichtig mit Hexan reinigen. Das Messfenster anschließend lufttrocknen lassen.

Für die Entfernung von Fingerabdrücken oder Fett können Spiritus oder technischer Alkohol oder Kodak Linsenreiniger verwendet werden. Nachdem eines dieser Mittel auf die Optik aufgebracht wurde, sollte vorsichtig mit einem weichen sauberen Tuch gewischt werden, bis auf der Oberfläche Farben zu sehen sind. Anschließend die Oberfläche lufttrocknen lassen. Die Oberfläche nicht trocken reiben - sie könnte zerkratzt werden!



Keinen Ammoniak oder Ammoniak enthaltende Reiniger zur Reinigung benutzen. Dies könnte zur Dauerbeschädigung der Oberfläche führen!

3.2.5.3 Infrarot-Messkopf AMiR 7838

Fühlereigenschaften

Ausstattung



Abb. 3.2.23 Infrarot-Messkopf AMiR 7838

Der Infrarot-Messkopf AMiR 7838 ist ein eigenständiges Gerät in Industrieausführung mit 2-Draht-Stromausgang 4 bis 20 mA. Der Lieferung liegt eine vollständige Bedienungsanleitung bei.

Im Folgenden wird zusätzlich zu dieser Bedienungsanleitung der Betrieb des Messkopfes an einem ALMEMO® Universalmessgerät beschrieben.

Der Infrarot-Messkopf AMiR 7838 mit dem Stromausgang 4 bis 20 mA (2-Draht-Schaltung) kann mit einem ALMEMO® Anschlusskabel ZA 7838-AK (Zubehör) geliefert werden.

Das Kabel wird im Messkopf fest angeklemmt. Der ALMEMO® Stecker liefert die Versorgung 12 V DC für den Messkopf und misst über den im ALMEMO® Stecker eingebauten Shunt (2 Ohm) den Signalstrom.

Programmierung

Bereich D2.6, skaliert für den Messbereich des Fühlers, Fühlerversorgung über den ALMEMO® Stecker.

Skalierung im ALMEMO® Stecker

Die Skalierung des Stromsignals wird entsprechend dem Temperatur-Messbereich des Infrarot-Messkopfes im ALMEMO® Stecker programmiert: Bereich % (4-20 mA, Multiplexer C-B), ab Werk skaliert für den Messbereich des Messkopfes (vom Anwender veränderbar). Nach dem Anstecken wird am ALMEMO® Messgerät sofort der Messwert in °C angezeigt.

Emissionsgrad

Der Emissionsgrad des Messobjektes (materialabhängig) wird am Messkopf eingestellt: Beim Standardmodell über 2 Drehschalter unter der Abdeckkappe auf der Rückseite, beim programmierbaren Smart-Modell über die Software. Siehe Bedienungsanleitung des Messkopfes. Bei Auslieferung ab Werk ist der Emissionsgrad 0,95 eingestellt, d.h. für matte, schwarze Oberflächen.

Transmissionsgrad des Schutzfensters

Bei Verwendung eines Schutzfensters ist es nötig, den Transmissionsgrad des Schutzfensters zu berücksichtigen. Diese Einstellung wird am Messkopf vorgenommen (siehe Bedienungsanleitung des Messkopfes). Bei Auslieferung ab Werk ist der Transmissionsgrad 1,00 berücksichtigt, d.h. für den Betrieb ohne Schutzfenster.

Technische Daten

Der Infrarot-Messkopf AMiR 7838 wird in verschiedenen Ausführungen mit unterschiedlichen Spektralbereichen für Temperaturen von -18 bis +2000 °C und mit verschiedenen optischen Auflösungen oder Scharfpunkttopiken geliefert (siehe Bedienungsanleitung des Messkopfes).

Handhabung

Montage

Die Montage des Messkopfes und der Zubehörteile ist in der Bedienungsanleitung des Messkopfes beschrieben.

Messen

Der Messkopf ist mit dem benötigten Zubehör fertig montiert, im festgelegten Abstand zum Messobjekt stationär befestigt und auf die Oberfläche des Messobjektes ausgerichtet.

Am Messkopf ist der Emissionsgrad des Messobjektes eingestellt und bei Verwendung eines Schutzfensters der Transmissionsgrad des Schutzfensters berücksichtigt.

Der ALMEMO® Stecker des ALMEMO® Anschlusskabels wird in den Messeingang eines ALMEMO® Messgerätes gesteckt, das Messgerät eingeschaltet und der Messwert abgelesen und weiterverarbeitet.

Wartung

Die Wartung des Messkopfes ist in der Bedienungsanleitung des Messkopfes beschrieben.

3.3 Wärmeflussplatten für die Bauphysik

Grundlagen

Der Wärmedurchgang eines Bauteils ist durch komplexe Zusammenhänge gekennzeichnet und hängt u.a. von den Wärmeleitfähigkeiten der verwendeten Materialien, ihren Schichtdicken, von der Bauteilgeometrie (ebene Wand, zylindrisch gekrümmte Rohrwandung, etc.) sowie den Übergangsbedingungen an den Bauteiloberflächen ab.

Wärmedurchgangskoeffizient (U)

Der Wärmedurchgangskoeffizient (U) [U-Wert, früher k-Wert] beschreibt die Wärmemenge durch eine ein- oder mehrlagige Materialschicht, welche in einer Sekunde durch eine Fläche von 1 m² fließt, wenn sich die beidseitig anliegenden Lufttemperaturen stationär um 1 K unterscheiden.

Gegenüber dem Wärmedurchlasskoeffizienten (Λ) werden beim U-Wert die Übergangskoeffizienten (α_i ; α_a), sprich die Intensitäten des Wärmeübergangs an den Grenzflächen innen und außen mit berücksichtigt.

Der Wärmedurchgangskoeffizient (U) ist der Reziprokwert des Wärmedurchgangswiderstandes (R_k), welcher sich aus der Summe der Wärmedurchlasswiderstände (R) der einzelnen hintereinander liegenden Bauteilschichten sowie der Wärmeübergangswiderstände (R_i ; R_a) zu den umgebenden Schichten (Luft etc.) an den beiden Oberflächen zusammensetzt:

$$U = \frac{1}{R_k} = \frac{1}{(R_i + R + R_a)} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_a}\right)}$$

U = Wärmedurchgangskoeffizient in [W/m²K]

R_k = gesamter Wärmedurchgangswiderstand in [m²K/W]

R_i = Wärmeübergangswiderstand auf der Innenseite des Bauteils in [m²K/W]

R_a = Wärmeübergangswiderstand auf der Außenseite des Bauteils in [m²K/W]

R = Wärmedurchlasswiderstand in [m²K/W] (der einzelnen Schichten)

α_i = Wärmeübergangskoeffizient innen in [W/m²K]

α_a = Wärmeübergangskoeffizient außen in [W/m²K]

Λ = Wärmedurchlasskoeffizient [W/m²K]

Wärmedurchgangswiderstand	=	Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Schichten + Wärmeübergangswiderstände	$R_k = R + R_i + R_a$
Wärmedurchlasswiderstand	=	1 / Wärmedurchlasskoeffizient	$R = 1 / \Lambda$
Wärmeübergangswiderstand	=	1 / Wärmeübergangskoeffizient	$R_i = 1 / \alpha_i$, $R_a = 1 / \alpha_a$
Wärmedurchgangswiderstand	=	1 / Wärmedurchgangskoeffizient	$R_k = 1 / U$

Wärmestromdichte (q)

Durch ein Außenbauteil, an dessen einer Seite Innenluft mit der Temperatur (T_{Li}) und an dessen anderer Seite Außenluft mit der Temperatur (T_{La}) angrenzt, fließt im Gleichgewichtszustand ein Wärmestrom mit der Dichte q. Die Wärmestromdichte errechnet sich nach folgender Formel:

$$q = U (T_{Li} - T_{La})$$

U = Wärmedurchgangskoeffizient in [W/m²K]

q = Wärmestromdichte in [W/m²]

T_{Li} , T_{La} = Temperatur Luft innen, Temperatur Luft außen in [°C]

Messprinzip

Ermittlung von Wärmekoeffizienten

Das Messprinzip zur quantitativen Erfassung von Wärmedurchgangsverlusten an Trennwänden, wie z.B. an Hauswänden, Erwärmungsanlagen usw., basiert auf der sogenannten Hilfswandmethode, bei welcher ein Messfühler (Wärmestromplatte) direkt in den Wärmeübergang eingebracht wird. Anhand der bekannten thermischen Eigenschaften des Fühlers und der thermoelektrisch gemessenen Temperaturdifferenz wird die Dichte (q) des Verlustwärmestroms bestimmt.

Werden zusätzlich beidseitig die Oberflächentemperaturen sowie die Lufttemperaturen im Übergangsbereich eines Bauteiles erfasst, können daraus alle relevanten Wärmekoeffizienten berechnet werden.

Wand mit aufgesetzter Wärmeflussplatte (Hilfswand):

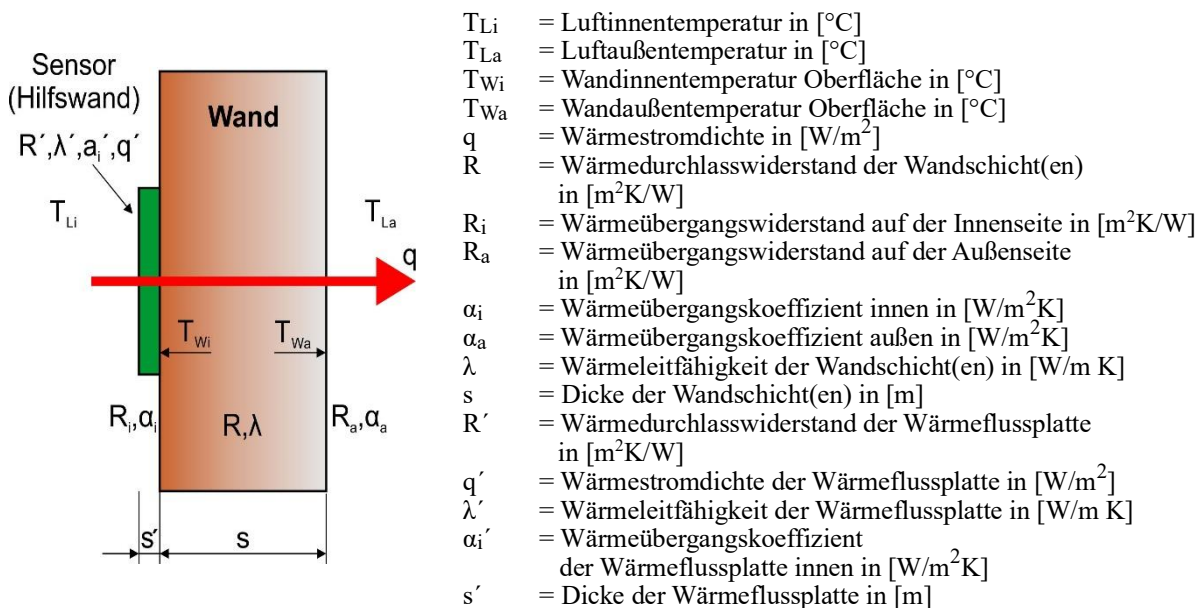


Abb. 3.3.1 Wand mit aufgesetzter Wärmeflussplatte

Praktisch stößt die Anwendung der Formeln auf Schwierigkeiten, da diese nur im Gleichgewichtszustand gültig sind (d.h. zeitlich konstante Temperaturverhältnisse, die Wand gibt genauso viel Wärme ab, wie sie aufnimmt, die Wärmespeicherfähigkeit der Wand spielt dabei keine Rolle).

Weiterhin müssen die Temperaturen exakt definiert werden.

Deshalb basiert die Berechnung auf der zyklischen Erfassung der Temperaturmittelwerte und der Mittelwerte der Wärmestromdichte.

Bei genügend langer Messzeit wird der Einfluss der Wärmekapazität des Bauteiles auf die Berechnung, z.B. des U-Wertes, vernachlässigbar klein und der Mittelwert erreicht den tatsächlichen U-Wert, z.B. der Wand.

Je nach Anbringung der Temperaturfühler entspricht der Quotient $q/(T_1 - T_0)$ dem Wärmeübergangskoeffizienten (α_i ; α_a), dem Wärmedurchlasskoeffizienten (Λ) oder dem Wärmedurchgangskoeffizienten (U) bzw. ihren Reziprokwerten (siehe Tabelle oben in „Grundlagen“):

$$\text{Wärmeübergangskoeffizient } \alpha_i = \left(\frac{\text{Wärmestromdichte } q}{(\text{Wandinnentemperatur } T_{Wi} - \text{Luftinnentemperatur } T_{Li})} \right)$$

$$\text{Wärmeübergangskoeffizient } \alpha_a = \left(\frac{\text{Wärmestromdichte } q}{(\text{Wandaußentemperatur } T_{Wa} - \text{Luftaußentemperatur } T_{La})} \right)$$

$$\text{Wärmedurchlasskoeffizient } \Lambda = \left(\frac{\text{Wärmestromdichte } q}{(\text{Wandinnentemperatur } T_{Wi} - \text{Wandaußentemperatur } T_{Wa})} \right)$$

Experimenteller U-Wert:

$$\text{Wärmedurchgangskoeffizient } U = \left(\frac{\text{Wärmestromdichte } q}{(\text{Luftinnentemperatur } T_{Li} - \text{Luftaußentemperatur } T_{La})} \right)$$

Beispiel 1:

Es besteht die Möglichkeit, den für die Wärmedämmeigenschaften einer Wand entscheidenden Wärmedurchlasswiderstand (R) aus Messungen der inneren und äußeren Oberflächentemperaturen sowie der Wärmestromdichte (q) zu bestimmen:

$$q = \frac{1}{R} (T_{Wi} - T_{Wa})$$

Beispiel 2:

Bei bekanntem bzw. gemessenem U-Wert kann der Wärmedurchlasswiderstand (R) aus dem U-Wert berechnet werden:

$$R = \frac{1}{U} - \frac{1}{\alpha_i} - \frac{1}{\alpha_a}$$

Für diesen Fall müssen die Wärmeübergangskoeffizienten (α_i ; α_a) bekannt sein, oder man verwendet die Werte aus der DIN:

$$\alpha_i = 7,69 \text{ [W/m}^2\text{K]}; \alpha_a = 25 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Normung

Die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten wird international im Standard ISO 6946 definiert.

Eine genormte Messvorschrift zur Bestimmung des U-Wertes existiert nicht. Die praktische Messung erfolgt auf Grundlage der Berechnungsformeln der DIN 4108, Wärmeschutz im Hochbau. Das oben beschriebene Messprinzip erfolgt also in Anlehnung an die DIN 4108, aber nicht gemäß DIN 4108.

3.3.1 ALMEMO® Wärmeflussplatten

Messprinzip

Wärmeflussplatten sind empfindliche Sensoren, die eine präzise Messung von Wärmestromdichten (q) [Energie pro Zeit und Fläche] ermöglichen.

Wird die Wärmeflussplatte auf die zu prüfende Messstelle gelegt, stellt sie einen dem Wärmefluss in den Weg gestellten Wärmewiderstand dar. Über die Dicke der Platte bildet sich beim Durchgang des Wärmeflusses ein Temperaturgefälle, das der Dichte des Wärmeflusses proportional ist.

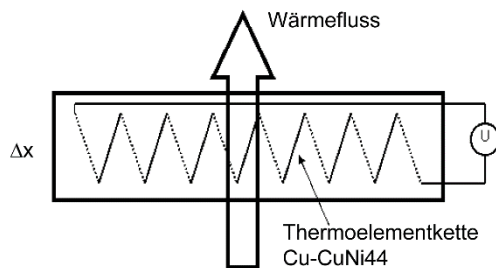


Abb. 3.3.2 Messprinzip der Wärmeflussplatte

Wärmeflussplatten bestehen aus einem Mäander vieler gegeneinander geschalteter Thermoelemente, die in einem Trägermaterial eingebettet sind.

Bei dickem Trägermaterial sind die Platten so aufgebaut, dass sich neben dem Mäander eine ausreichende Randzone (Schutzring) befindet, die ein seitliches Umlaufen des Wärmeflusses verhindert. Die Wärmeflüsse beziehen sich stets auf die vom Mäander abgedeckte Oberfläche und bilden deren Mittelwert.

Diese aktiven Sensoren liefern leicht auszuwertende Signale im Millivolt-Bereich.

Die gesuchte Wärmestromdichte (q) ergibt sich durch Multiplikation der gemessenen Gleichspannung (U_{th}) mit einer individuell bestimmten Kalibrierkonstanten (C), meist ermittelt über eine Einplatten-Apparatur nach der Beziehung:

$$q = C U_{th}$$

q = Wärmestromdichte in $[W/m^2]$, C = Kalibrierkonstante in $[W/m^2 \cdot mV]$, U_{th} = Messspannung in $[mV]$

Grundlagen

Merkregeln

Ein hoher Wärmedämmwert wird durch einen hohen Wärmedurchlasswiderstand und geringe Wärmeleitfähigkeit erreicht.

Je höher der Wärmedurchgangskoeffizient, desto grösser sind die Wärmeverluste, die durch die Wand auftreten.

Je höher der Wärmedurchgangswiderstand, desto besser ist die Wärmedämmeigenschaft.

Anwendungsbereiche

In vielen Bereichen von Naturwissenschaft und Technik werden Wärmeflussplatten eingesetzt:

1. Bestimmung der Wärmeverluste durch Wände von Gebäuden, Rohrleitungen, Kühlhäuser, Wärmespeicher
2. Kalorimetrie und Messung thermischer Stoffkennwerte
3. technische Anwendungen, bei denen eine Temperaturdifferenz als Regelgröße dient

Hinweise zur Messung

Einsatz des Messverfahrens zur U-Wert-Bestimmung

Eine wichtige Kenngröße ist der Wärmedurchgangskoeffizient (U) im Bauwesen, wo er zur Bestimmung der Transmissionswärmeverluste durch Bauteile hindurch dient.

Mit dem Transmissionswärmeverlust wird die energetische Qualität der thermischen Hülle (Isolierung von Dach, Außenwänden, Fenstern und Boden) eines Gebäudes beschrieben. Für jedes Wohngebäude ist in Abhängigkeit von der Umfassungsfläche und seinem Volumen ein zulässiger Höchstwert nach der Energieeinsparverordnung (EnEV) in der jeweils aktuellen Fassung vorgegeben.

Aufgrund der Phasenverschiebung zwischen gemessener Wärmestromdichte und den Temperaturdifferenzen sollte die Messung nur unter folgenden Bedingungen durchgeführt werden:

1. Die Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenluft muss ausreichend groß sein (Richtwert bei normaler Dämmung $\Delta T > 10$ K, Richtwert bei großer Dämmung $\Delta T > 20$ K)
2. Die Schwankungen dieser Temperaturen (u.a. Tag/Nacht) sollten während der Messdauer möglichst klein sein.
3. Die Messwerte müssen vor Ort über einen ausreichend langen Zeitraum (ca. 2 bis mehrere Tage) aufgenommen und anschließend über Mittelwerte berechnet werden.
4. Messung nur bei ausgeglichener Gebäudeinnentemperatur (Richtwert ca. 20°C)
5. Möglichst geringer Einfluss der in Abbildung 3.3.1 aufgeführten Abhängigkeiten wie direkte Sonneneinstrahlung und Feuchtigkeit (z.B. Messung nachts, Messung bei trockener Witterung und an trockenen Flächen)

Messaufbau vor Ort für Messung des U-Wertes

Die Wärmeflussplatte wird vorzugsweise an der Innenwand angebracht. Die Unterseite sollte möglichst homogen mit der Messstelle (Wandoberfläche) verbunden sein, z.B. durch Fixierung am Plattenrand mit Klebeband oder mechanischen Halteelementen. Heizkörpernähe und Fensternischen möglichst meiden.

Als Temperaturfühler eignen sich blanke, an der Spitze verschweißte Thermdrahtfühler vom Typ FT A390-0 mit unterschiedlichen Längen.

Für die Messung der Lufttemperatur innen (T_{Li}) sollte die Messspitze mindestens in einem Abstand von 10 cm über der Wärmeflussplatte angeordnet werden und ca. 10 cm in den Raum hineinragen (abwinkeln).

Für die Messung der Lufttemperatur außen (T_{La}) wird die Messspitze durch eine geeignete Mauer- oder Fensterdurchführung ebenfalls ca. 10 cm von der Außenwand fixiert.

Messaufbau vor Ort für die Messung zusätzlicher Wärmekoeffizienten

Sollen weitere Wärmekoeffizienten ermittelt werden, müssen auch die Wandoberflächentemperaturen innen und außen gemessen werden.

Als Temperaturfühler eignen sich ebenfalls blanke, an der Spitze verschweißte Thermdrahtfühler vom Typ FT A390-0 mit unterschiedlichen Längen.

Für die Messung der Wandoberflächentemperatur innen (T_{Wi}) wird die Messspitze mit geeignetem Klebeband direkt neben der Wärmeflussplatte befestigt.

Für die Messung der Wandoberflächentemperatur außen (T_{Wa}) wird die Messspitze durch eine geeignete Mauer- oder Fensterdurchführung mit geeignetem Klebeband auf der äußeren Wandoberfläche fixiert.

Zur Minimierung störender Einflüsse können die Temperaturfühler außen durch ein vorgelagertes Ableitblech geschützt werden (Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung bzw. Feuchtigkeit).

Für die Messsysteme finden Sie eine Zusammenstellung der benötigten Komponenten im Ahlborn Katalog im Kapitel Bauphysik.

Wärmeflussplatten

Messung und Berechnung des U-Wertes im ALMEMO® Gerät

Anordnung und Programmierung der Fühler

In den ALMEMO® Geräten MA2690-8A, MA2890-9 und MA710 steht ein Assistent-Menü zur Verfügung, mit dessen Hilfe je nach Betrachtung der Temperaturfühler ein Wärmekoeffizient aus einer Langzeitmessreihe berechnet wird (Geräteanleitungen, Stichwort 'Wärmekoeffizient').

Werden neben der Wärmestromdichte die Luftinnen- und Luftaußentemperaturen erfasst, handelt es sich beim im Gerät berechneten Wärmekoeffizienten um den U-Wert.

Beispiel ALMEMO® 2690-8A mit ALMEMO® Wärmeflussplatte FQA 0xx

Zur Bestimmung des Wärmekoeffizienten $\bar{q}/(T_1 - T_0)$ werden die beiden Temperaturfühler der Aufgabenstellung entsprechend auf Eingang M0 und M1, sowie die Wärmeflussplatte auf M2 angesteckt. Die Temperaturdifferenz $T(M1) - T(M0)$ wird automatisch auf Kanal M05 erfasst. Zur Messung müssen nur folgende Programmierungen durchgeführt werden:

Mittelmodus von Kanal M05: **CONT**
Mittelmodus von Kanal M02: **CONT**
Bereich von Kanal M12: **q/dt**
Zyklus eingeben mit: **Zyklus-Timer**
Messung starten mit: **<START>**
Messung stoppen mit: **<STOP>**

Innentemperatur	Kanal: 00
00: 21.67°C NiCr	
Außentemperatur	Kanal: 01
01: 11.42°C NiCr	
Differenz dt	Kanal: 05
05: 10.25°C Diff	
Mittelmodus:	CONT
Wärmefluß q	Kanal: 02:
02: 103.6 W/m²	
Mittelmodus:	CONT
Wärmekoeffizient	Kanal: 12
12: 193. W/m²	
1 Bereich:	q/dt
Zyklus-Timer:	00:30:00 Sn
START MANU	ESC

Anmerkung: Die Dimension des Wärmekoeffizienten wird in der Anzeige des MA2690-8A aus Platzgründen mit W/m² statt mit W/m²K dargestellt.

Messung und Berechnung des U-Wertes und anderer Wärmekoeffizienten mit der Software WinControl

Anordnung und Programmierung der Fühler

Zur Berechnung der mit einem ALMEMO® Gerät aufgezeichneten Messwerte steht in der für Messungen mit ALMEMO® Geräten entwickelten Software WinControl ein U-Wert-Assistent zur Verfügung (siehe Ahlborn Katalog, Kapitel Software und Kapitel Bauphysik), welcher menügeführt die Berechnung und grafische Darstellung des U-Wertes übernimmt.

Bei dieser Methode muss den Messfühlern kein Mittelmodus zugewiesen werden, da die Mittelung und Berechnung über die Software erfolgt.

Auch die Kanalanordnung der Messfühler für Wärmestromdichte und Luftinnen- sowie Luftaußentemperatur auf dem ALMEMO® Gerät kann beliebig gewählt werden. Die richtige Zuordnung der Sensoren wird ebenfalls im U-Wert-Assistent abgefragt.

Zur Messung und Erfassung eignen sich alle ALMEMO® Geräte mit internem oder externem Speicher, z.B. V6-Geräte ALMEMO 2590, 2690, 2890, 8590, 8690, 5690 und V7 Geräte ALMEMO 710, 809, 500. Darüber hinaus kann der U-Wert-Assistent auch genutzt werden, um je nach Zuordnung der Temperaturfühler (Luft- oder Oberflächentemperatur) einen anderen Wärmekoeffizienten (Definition siehe 'Messprinzip' in Kapitel 3.3) zu berechnen. Dabei muss berücksichtigt werden, dass es sich dann nicht mehr um den U-Wert handelt.

Wartung

Kalibrierung

Die Kalibrierung erfolgt bei einer Temperatur von 23°C und einer Wärmestromdichte von ca. 100 W/m². Dabei ist der Sensor zwischen zwei Moosgummiplatten eingebettet.

Schematischer Aufbau der Plattenapparatur:

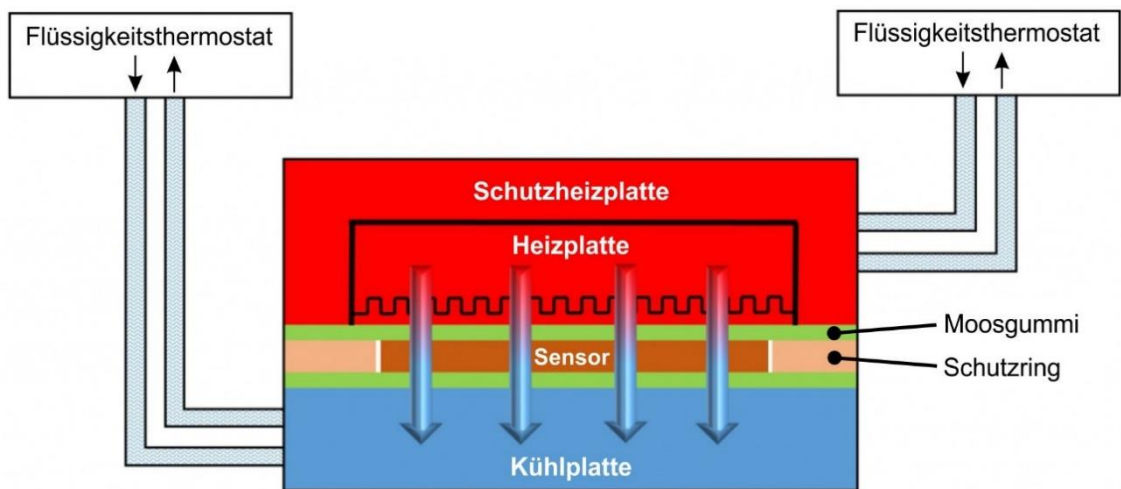


Abb. 3.3.3 Kalibrierung von Wärmeflussplatten

Die Reproduzierbarkeit der durchgeführten Kalibrierung ist besser als 1%. Für die Unsicherheit des Kalibrierwertes der Sensoren ist ein Wert von 5% für die Dauer eines Jahres garantiert.

Da die Kalibrierwerte durch Alterung, thermische Belastung und durch Eindiffundieren von Schadgasen und Wasser beeinflusst werden können, ist es empfehlenswert, die Sensoren in regelmäßigen Abständen (ca. 1 Jahr) nachkalibrieren zu lassen.

Das Ergebnis der Kalibrierung wird in einem Prüfbericht dokumentiert und gehört bei der Neulieferung einer Wärmeflussplatte zum Lieferumfang.

3.3.1.1 ALMEMO® Wärmeflussplatten FQA 0xx

Fühlereigenschaften

Ausstattung

ALMEMO® Wärmeflussplatten FQA 0xx werden anschlussfertig mit ALMEMO® Stecker geliefert. Der Kalibrierwert wird werksseitig bereits im ALMEMO® Stecker hinterlegt, sodass sofort die aktuelle Wärmestromdichte in W/m² angezeigt wird.



Abb. 3.3.4
Wärmeflussplatte FQA 017C

Programmierung

Die Auswahl des Messbereiches und die Skalierung mit dem Kalibrierwert kann gemäß folgender Tabelle auch selbst vorgenommen werden:

Wärmeflussplatten

max. Messbereich Wärmeflussdichte [W/m ²]	Kalibrierwert [W/m ² •mV]	Messbereich	Faktor	Exp.
0,0 bis 5200,0	1,0 bis 20,0	260 mV	0,100 bis 2,000	1
0,0 bis 5200,0	10,0 bis 200,0	26 mV	0,100 bis 2,000	2

Handhabung

Siehe „Hinweise zur Messung“ im Kapitel 3.3.1.

3.3.1.2 Digitale ALMEMO® D6-Wärmeflussplatten FQAD xx

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Der Fühler FQAD xx erfasst mit einem eigenen AD-Wandler die Ausgangsspannung der Wärmeflussplatte und die Temperatur eines präzisen NTC-Sensors. Diese Temperatur dient zur aktiven Temperaturkompensation der Wärmeflussplatte. Der Temperaturkoeffizient und der Kalibrierwert (Justierfaktor) für die Wärmestromdichte sind über das Sensormenü programmierbar.

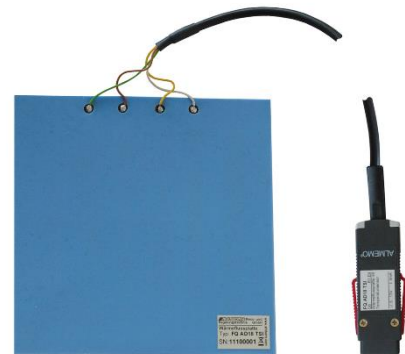


Abb. 3.3.5
Wärmeflussplatte FQAD 18T

Programmierung

Messbereiche bei Auslieferung

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. Wärmefluss φ_q	B-02	DIGI	-1	-2000 bis +2000	Wm	0,1 W/m ²
2. ~Temperatur T, t	B-01	DIGI	-2	-40 bis +80	°C	0,01 K

~ Bereich auch über ALMEMO® Gerät aktivierbar.

Soll ein Messbereich nicht angezeigt werden, kann er wie üblich über das ALMEMO® Gerät ausgeschaltet, bzw. deaktiviert und auch wieder aktiviert werden.

Konfiguration am PC über das Sensor-Menü

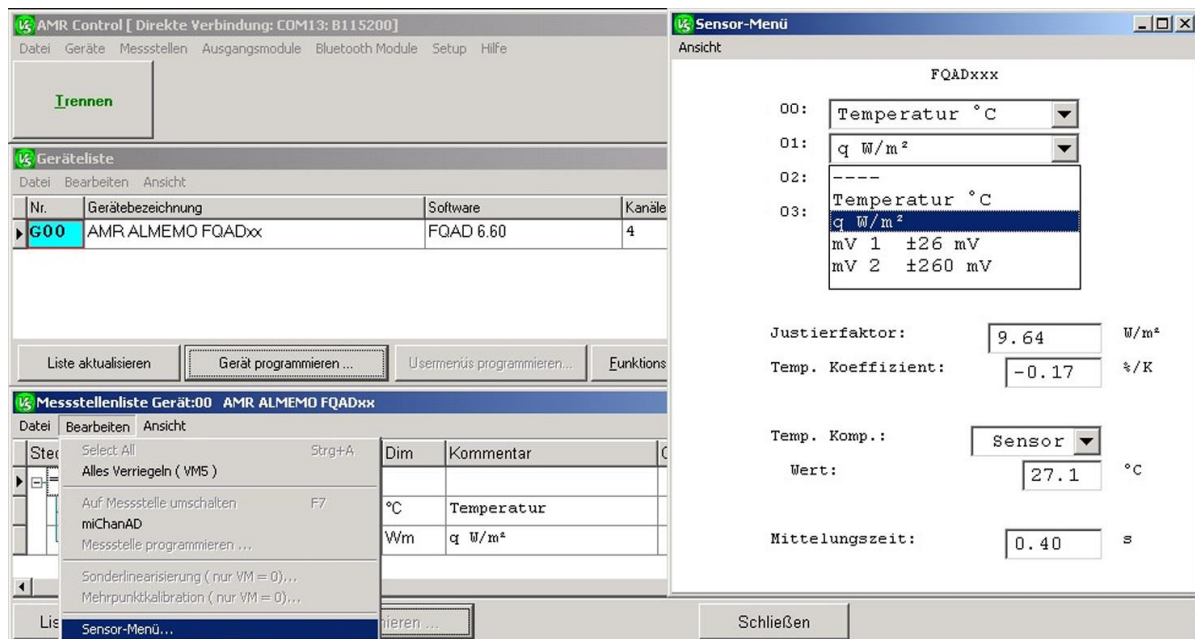


Abb. 3.3.6 Konfiguration am PC über das Sensor-Menü

Die Messbereiche der 4 möglichen Messkanäle sind aus einer Liste von 4 Bereichen konfigurierbar:

Konfigurierbare Messbereiche

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. Wärmefluss φ_q	B-02	DIGI	-1	-2000 bis +2000	Wm	0,1 W/m ²
2. Temperatur T, t	B-01	DIGI	-2	-40 bis +80	°C	0,01 K
3. Spannung U 26mV	B-03	DIGI	-3	-26 bis +26	mV	0,001 mV
4. Spannung U 260mV	B-04	DIGI	-2	-260 bis +260	mV	0,01 mV

Wärmestromkoeffizient

Zur Erfassung der Wärmestromdichte stehen 2 Spannungsmessbereiche 0 bis 26 mV und 0 bis 260 mV zur Verfügung. Zur Skalierung der Spannung in Wärmestromdichte muss im Sensormenü der Wärmestromkoeffizient als 'Justierfaktor' programmiert werden. Diesen findet man im Sensorprotokoll des Herstellers der Wärmeﬂussplatte. Bei Komplettlief erung des Messmoduls mit Wärmeﬂussplatte ist der Faktor bereits ab Werk programmiert. Die Umschaltung des Spannungsmessbereiches erfolgt auf Grundlage des programmierten Wärmestromkoeffizienten automatisch.

Temperaturmessung und -kompensation

Der Wärmestromkoeffizient ist außerdem temperaturabhängig. Die Fühler werden deshalb serienmäßig mit einem Temperatursensor ausgerüstet. Der Temperaturkoeffizient der ALMEMO® Wärmeﬂussplatten beträgt bei:

Silikonplatten: -0,17 %/K

Kunststoffplatten: -0,12 %/K

Auch dieser Koeffizient ist im Sensormenü bereits eingetragen, kann aber jederzeit geändert werden. Die

Wärmeflussplatten

Nominaltemperatur liegt bei 23°C.

Verfügt die Wärmeflussplatte über keinen Temperaturfühler, kann die Plattentemperatur auch manuell im Sensormenü eingetragen werden.

Technische Daten

Wärmeflussplatte	
Einsatzbereich	-40 bis +80°C
Wärmeflusssensor	Genauigkeit des Kalibrierwertes 5% bei 23°C
Temperatursensor	Miniatur NTC Typ N, Genauigkeit $\pm 0,5$ K bei 0 bis 80°C
AD-Wandler im ALMEMO®	
D6-Stecker	
Messbereiche	Temperatur NTC: -50 bis 125°C Genauigkeit: $\pm 0,05$ K (-50 bis 100°C) Temperaturdrift 0,004 %/K (40 ppm) Wärmefluss: 0 bis 26,000 mV oder 0 bis 260,00 mV Genauigkeit: $\pm 0,02\%$ v.Mw. ± 2 Digit Temperaturdrift 0,003 %/K (30 ppm)
Nenntemperatur	23°C ± 2 K
Refreshrate	0,4 Sekunden für alle Kanäle
Steckerfarben	zweifarbzig hell- und dunkelgrau, rote Hebel
Versorgungsspannung	6 bis 13 V DC
Stromverbrauch	4 mA

Anschlussbelegung

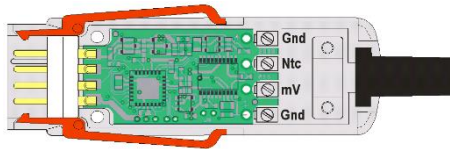


Abb. 3.3.7 ALMEMO® D6 Stecker

Die beiden Fühler für Wärmefluss (mV) und Temperatur (NTC) werden an die entsprechenden Klemmen mV-Gnd und Ntc-Gnd angeschlossen.

Handhabung

Siehe ‚Hinweise zur Messung‘ im Kapitel 3.3.1.

3.4 Fühler zur Messung der Luftfeuchtigkeit

Grundlagen

Feuchtemessgrößen, deren Formelzeichen und Beschreibung

Feuchtemessgröße	Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
Gasdruck	p	Pa	Gesamtdruck, der sich aus der Summe der Partialdrücke der gasförmigen Komponenten zusammensetzt
Gastemperatur	t, T	°C, K	Temperatur eines Gases oder Gasgemisches
Sättigungsdampfdruck in Gas über Wasser	e_w'	Pa	Dampfdruck in einem realen Gas oder Gasgemisch bei Sättigung über Wasser
Wasserdampfpartialdruck in einem realen Gas	e'	Pa	Partialdruck der gasförmigen Phase des Wassers in einem gegebenen Volumen eines realen Gases oder Gasgemisches
Taupunkttemperatur	t_d	°C	Diejenige Temperatur, bei welcher der aktuelle Wasserdampfpartialdruck gleich dem Sättigungsdampfdruck ist und bei der Kondensation einsetzt
Relative Feuchte in Bezug auf Wasser	U_w	%	In Prozent angegebenes Verhältnis des Wasserdampfpartialdrucks zum Sättigungsdampfdruck bei Sättigung über Wasser und bei gleichem Gesamtdruck und gleicher Temperatur
Wasserdampfdichte, auch absolute Feuchte	d_v	kg/m ³	Die absolute Feuchte gibt das Gewicht des Wasserdampfes an, das in einem m ³ Luftwasserdampfgemisch enthalten ist.
Mischungsverhältnis	r	kg/kg	Verhältnis der Masse des Wasserdampfes zu der Masse des trockenen Gases
Spezifische Enthalpie	h	J/kg	Zustandsgröße des feuchten Gases, die sich aus den spezifischen Enthalpien der Komponenten des Gemisches zusammensetzt und auf den Masseanteil des trockenen Gases bezogen ist
Feuchttemperatur	t_w	°C	Temperatur, die sich an der Grenzfläche einer befeuchteten Oberfläche und einem vorbeiströmenden Gas einstellt
Enhancement-Faktor für Wasser	f_w		Der Enhancement-Faktor berücksichtigt die Wechselwirkungen zwischen Wasser und Gas im realen System

Kapazitive Feuchtefühler

Feuchtemessgrößen, deren Einheit und Formel

Feuchtemessgröße	Einheit	Formel
Gastemperatur	°C	$t = (T - 273,15 \text{ K}) \cdot \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{K}}$
Sättigungsdampfdruck in Gas über Wasser	Pa	$e'_w = f_w \cdot e_w$ $\ln e_w(T_s) = 21,2409642 - \frac{6096,9385}{T_s} - 0,02711193 \cdot T_s + 1,673952 \cdot 10^{-5} \cdot T_s^2 + 2,433502 \cdot \ln T_s$ <p> T_s: Sättigungstemperatur in K $e_w(T_s)$: zugehöriger Sättigungsdampfdruck in reiner Phase über Wasser in Pa $e'_w = f_w \cdot e_w$, Sättigungsdampfdruck in Gas über Wasser in Pa f_w: Enhancement-Faktor </p>
Wasserdampfpartialdruck im realen Gas	Pa	$e' = x_v \cdot p$
Taupunkt	°C	$e' = e_w'(p, t_d)$
Relative Feuchte in Bezug auf Wasser	%	$U_w = \frac{e'}{e_w(t) \cdot f_w(p, t)} \cdot 100$
Wasserdampfdichte, auch absolute Feuchte	kg/m ³	$d_v = 0,0021667 \cdot \frac{1}{Z_{\text{mix}}} \cdot \frac{e'}{T}$
Mischungsverhältnis	kg/kg	$r = 0,62198 \cdot \frac{e'}{(p - e')}$
Spezifische Enthalpie	J/kg	$h = c_{pa} \cdot t + (l_w + c_{pv} \cdot t) \cdot r$ <p> c_{pa}: spezifische Wärmekapazität des trockenen Gases c_{pv}: spezifische Wärmekapazität von Wasserdampf bei konstantem Druck l_w: spezifische latente Wärme (Verdampfungswärme von Wasser) </p>

3.4.1 Kapazitive Feuchtefühler

Messprinzip

Bei kapazitiven Feuchtefühlern ist auf einem Substrat eine feuchteempfindliche Polymerschicht zwischen zwei Elektroden aufgebracht. Durch Wasserdampfaufnahme entsprechend der relativen Luftfeuchtigkeit ändert sich die Dielektrizitätskonstante und damit die Kapazität des Dünnschichtkondensators. Das Messsignal ist direkt proportional zur relativen Feuchte.

Um andere Feuchtegrößen wie absolute Feuchte, Mischung, Dampfdruck und Enthalpie aus der so gemessenen relativen Feuchte zu ermitteln, werden auch Temperatur und Umgebungsdruck (Gasdruck) benötigt, die deshalb in den Fühlern gleichzeitig mit der relativen Feuchte erfasst werden.

Analoge Fühler (z.B. FHA 646-R, siehe Kapitel 3.4.1.4) greifen zur Ermittlung der Rechengrößen auf Näherungsverfahren zurück, die von den ALMEMO® Messgeräten durchgeführt werden. In den ALMEMO® Steckern der digitalen Fühler (D6) werden für die Berechnung die Formeln nach Dr. Sonntag unter Berücksichtigung des Enhancementfaktors nach W. Bögel (Korrekturfaktor $f_w(t, p)$ für reale Mischgassysteme) angewandt.

Auswahl, Produktübersicht

Feuchtefühler

	Einsatzbereich Feuchte	Einsatzbereich Temperatur am Sensorelement	Genauigkeit
FHAD 46-C4x	5 bis 98% rH	-40 bis +85°C	Feuchte: ±2,0% rH im Bereich 10 bis 90% rH ±4,0%rH im Bereich 5 bis 98 %rH (bei 23°C ± 5 K) Temperatur: typ. ±0,2 K bei 50 bis 60°C max. ±0,4 K bei 5 bis 60°C max. ±0,7 K bei -20 bis 80°C
FHAD 46-C2	5 bis 98% rH	-20 bis +60°C	siehe FHAD 46-C4x
FHAD 46-C0	5 bis 98% rH	-20 bis +80°C	siehe FHAD 46-C4x
FHAD 46-C7 druckdicht, mit Gewinde	5 bis 98% rH	-20 bis +80°C	siehe FHAD 46-C4x
FHAD 36-RASx	0 bis 100% rH	-50 bis +90°C	Feuchte: ±1,3% rH (bei 23°C ± 5 K) Temperatur: ±0,2 K (bei 23°C ± 5 K)
FHAD 36-RICx	0 bis 100% rH	-100 bis +170°C	siehe FHAD 36-RASx
FHAD 36-RHKx	0 bis 100% rH	-100 bis +150°C, bzw. 170°C	siehe FHAD 36-RASx
FHA 646-R analoger Fühler	5 bis 98% rH	-30 bis +100°C	Feuchte: ±2,0% rH im Bereich < 90% rH (bei 23°C ± 3 K) Temperatur: -20 bis 0°C: ±0,4 K 0 bis 70°C: ±0,2 K 70 bis 100°C: ±0,6 K

Auswahlkriterien für Filter (Sensorschutz)

Material	max. Temp.	Einsatz-Hinweise
Polyethylen	100°C	Empfohlenes Filter-Material für alle Anwendungen unter 100°C. Gute Reaktion und guter Schutz vor Feinstaubpartikeln. Keine Wasseraufnahme oder -speicherung.
PTFE	200°C	Guter Schutz vor Feinstaubpartikeln und Salz (Meeresumgebungen). Mäßig verlangsamte Reaktion.
Edelstahl-Drahtgeflecht DIN 1.4401 (V4A)	200°C	Bietet schnellste Reaktionszeit. Nicht empfohlen in Umgebungen mit Feinstaubpartikeln (Verstopfung) und in bioaktiven Umgebungen.
Edelstahl-Sinterfilter DIN 1.4401 (V4A)	200°C	Gute Reaktion bei niedrigen Feuchtwerten. Nicht bei hohen Feuchtwerten verwenden. Bietet besten Schutz vor abrasiven* Partikeln.

* abrasiver Verschleiß: der Abtrag von Oberflächen durch schleifende Medien

Anwendungsbereiche

FHAD 46-C4x, -C2, -C0 und FHAD 36-RSx

Klimamessung, Heizung-Lüftung-Klima, Lebensmittellager, Gesundheitswesen (Blutspendedienste, Krankenhäuser), Klima in Lagerhäusern, Gebäudeautomation, Papier-, Textil- und Pharmaindustrie

FHAD 36-RICx

Prozessmessung in Industrie und Forschung, auch feste Montage

FHAD 36-RHKx

Kontrollmessungen in Luftkanälen, Trocknern, Klimakammern und Öfen

FHAD 46-C7

Druckdichter Fühler, z.B. Messungen in Druckluftleitungen

FHA 646-R

Messungen zwischen Leiterplatten, in Gehäusen, in Wänden und Decken, sowie Isolationen in der Bautechnik und im Denkmalschutz

Hinweise zur Messung

Richtlinien für Messungen mit Handfühlern

Feuchtefühler müssen sich während der Messungen bezüglich der Feuchte und der Temperatur mit ihrer Umgebung in einem eingeschwungenen (stationären) Zustand befinden.

Zu Beginn der Messung oder wenn der Fühler an eine andere Stelle im Messaufbau bewegt wurde, muss ihm ausreichend Zeit gegeben werden, sich der zu messenden Umgebung anzugleichen.

Wenn der Fühler kälter ist als die Umgebung, kann sich auf den Sensorelementen Kondensat bilden. Geschieht das während einer Messung, liefert der Fühler keine verlässlichen Messwerte mehr. Die Messung sollte abgebrochen und das Sensorelement bei abgenommenem Filter getrocknet werden. Kalibrierungen der Fühler sind auch danach noch gültig.

Stehende Luft ist ein ausgezeichnete Isolator. Wenn sich die Luft nicht bewegt, können selbst in kleinen Abständen größere Unterschiede in der Temperatur und der Feuchte auftreten. Deshalb sollte während der Messungen für eine ausreichend Belüftung gesorgt werden.

Richtlinien für Messungen bei fester Installation

Installieren Sie den Fühler an einem Ort, wo die Feuchte-, Temperatur- und Druckverhältnisse für die zu messende Umgebung repräsentativ sind.

Folgendes ist zu vermeiden:

- Fühler zu nahe an Heizelement, Kühlschlange, kalter oder warmer Wand, direkte Sonneneinstrahlung etc.
- Fühler zu nahe an Dampf-Injektor, Befeuchter, oder er ist direktem Niederschlag ausgesetzt.
- Instabile Druckverhältnisse bei großen Luftturbulenzen.

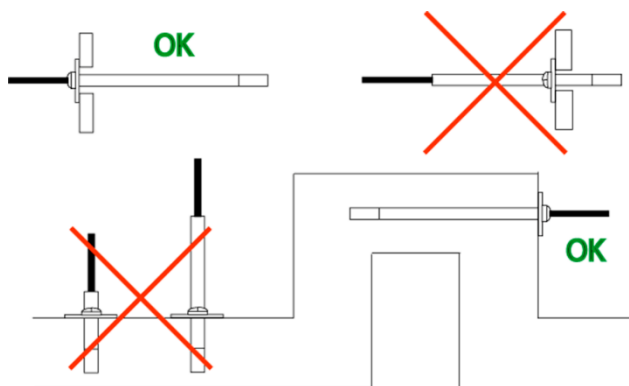


Abb. 3.4.1 Montage des Fühlers

Bei Festmontage des Fühlers ist dieser nicht direkt über einem Wärme erzeugenden Element des Messgerätes wie z.B. Messumformer oder Ethernet-Adapter (Aufsteigen warmer Luft) zu montieren.

Nach Möglichkeit ist ein Ort zu wählen, an dem für gute Luftbewegung am Fühler gesorgt ist: Eine Luftgeschwindigkeit von mindestens 1 m/s beschleunigt und erleichtert die Anpassung des Fühlers an wechselnde Temperaturen.

Bei Montage des Fühlers durch eine Wand ist der Fühler so weit wie möglich in die zu messende Umgebung einzutauchen.

Den Fühler so anordnen, dass sich kein Kondenswasser im Bereich der Anschlussleitungen des Sensors ansammeln kann. Installieren Sie den Fühler so, dass die Fühlerspitze nach unten zeigt. Wenn dies nicht möglich ist, installieren Sie ihn in horizontaler Position.

Je nach Fühlermodell kann eine Fühler-Halterung (Montageflansch mit einer Konusverschraubung) die Wanddurchgangsmontage erleichtern.

Wartungsarbeiten können vereinfacht werden, wenn neben dem Fühler eine Wartungs-Öffnung vorbereitet wird. Während der Wartung kann so einfach ein Referenzfühler (Kalibrator) eingeführt werden. Die Öffnung sollte die gleiche Größe haben wie die zur Installation des Fühlers. Ein Halter für den Referenzfühler kann montiert werden.

Wartung

Justierung und Überprüfung

Für maximale Genauigkeit sollte die Justierung eines Fühlers alle 6 bis 12 Monate überprüft werden. Anwendungen, die den Fühler verunreinigen können, machen häufigere Überprüfungen erforderlich. Ebenso wird bei nicht plausiblen Messwerten eine werksseitige Prüfung des Fühlers empfohlen.

Kalibrierungen der Feuchtefühler können unabhängig von Anschlusskabel und ALMEMO® Messgerät durchgeführt werden, da alle Abgleich- und Sensordaten der Fühler im Sensormodul gespeichert sind.

Staubschutzfilter

Beachten Sie die nachfolgenden Hinweise:

Beim Einsatz in staubiger Luft verschmutzen die Filter. Tauschen Sie verschmutzte Filter rechtzeitig aus, weil sonst die Ansprechzeiten immer größer werden und Messwertverfälschungen auftreten können.

VORSICHT beim Öffnen der Schutzkappe!

Berühren Sie niemals den Feuchtesensor! Bei mechanischer Zerstörung des Feuchtesensors besteht kein Garantieanspruch.

Betauung

Wenn Sie den Sensor längere Zeit bei hoher Luftfeuchtigkeit (>90% rH) einsetzen und sich Kondenswasser niederschlägt, dann müssen Sie mit fehlerhaften Messwerten oder sogar Messbereichsüberschreitungen rechnen.

Lassen Sie den Fühler in einem solchen Fall über mehrere Stunden bei möglichst niedriger Feuchte und bewegter Luft trocknen.

3.4.1.1 FHAD 46-C4xAx, -C2, -C0

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Miniatur-Multisensormodul

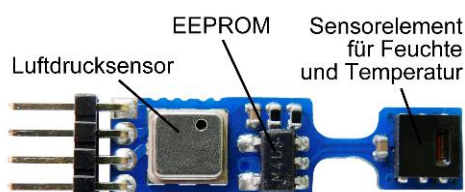


Abb. 3.4.2 Miniatur-Multisensormodul FH0D 46-C

Kapazitive Feuchtefühler






Alle D6-Temperatur-Feuchtefühler FHAD46Cxx basieren auf dem voll abgeglichenen Sensormodul FH0D 46-C, welches aus einem digitalen kapazitiven Temperatur-Feuchte-Sensor, einem digitalen barometrischen Luftdrucksensor und einem EEPROM-Datenträger besteht (siehe Abbildung 3.4.2).

Das Sensormodul ist vollständig abgeglichen. Alle Abgleich- und Sensordaten sind im Datenträger des Sensormoduls abgelegt. Bei der Nachjustierung der einzelnen Sensoren werden die Werte der Justierung direkt im Datenträger des Sensormoduls gespeichert.

Jedes Sensormodul hat eine eindeutige Seriennummer, die im Feuchtefühler gespeichert ist. Die Seriennummer wird im Sensormenü am Messgerät oder in der Software ALMEMO® Control angezeigt. Kalibrierte Sensormodule sind damit eindeutig dem Kalibrierzertifikat zugeordnet.

Das Sensormodul kann gesteckt und damit einfach ausgetauscht werden. Auch nach einem Austausch besitzen die Feuchtefühler die spezifizierte Genauigkeit. ALMEMO® Anschlusskabel und ALMEMO® Messgeräte haben keinen Einfluss auf die Kalibrierung.

Ausführungen

Bild	Best.Nr.	Beschreibung	Eigenschaften
	FHAD46C4xAx	Digitaler Fühler für Luftfeuchte, Temperatur und Luftdruck, Ausführung in Edelstahl, mit geschlitzter Filterkappe, mit ALMEMO® D6-Stecker	
	FH0D46C	Digitales Ersatz-Multisensormodul	kann gesteckt werden, abgeglichen
	FHAD46C2x	Digitaler Fühler für Luftfeuchte, Temperatur, Luftdruck, mit steckbarem, digitalem Sensorelement in geschlitzter Sensorkappe mit ALMEMO®-D6 Stecker	kompakte Bauform, kurze Ansprechzeit
	FHAD46C2L00	Digitaler Fühler auf Kabelstummel	Länge inkl. Fühlerkappe ca. = 80 mm
	FH0D46C2	Ersatz-Multisensormodul zu FHAD 46-C2, in geschlitzter Fühlerkappe	abgeglichen Fühlerkappe Ø 8 mm, Länge 36 mm Steckverbindung Ø ca. 9 mm
	ZB0D462VR	Verlängerungsrohr für FHAD 46-2	Ø 8mm, Länge 97 mm, kann gesteckt werden
	FHAD46C0x	Digitaler Fühler für Luftfeuchte, Temperatur, Luftdruck, freiliegendes Multisensormodul, mit ALMEMO® D6-Stecker	freiliegendes Sensorelement: kleinste Bauform, kurze Ansprechzeit
	FH0D46C0	Ersatz-Sensorelement zu FHAD 46-C0	digital, abgeglichen

Filter für FHAD 46-C4xAx

Das Multi-Sensormodul kann durch eine Filterkappe geschützt werden.

Maße: Durchmesser 12 mm, Länge ca. 33 mm

Filterkappe	Porengröße	Max. Temp.	Typische Anwendung	Best.Nr.
geschlitzte, offene Kappe ohne Filter	offen	100°C	kurze Ansprechzeit, keine Schmutzbelastung	ZB9600SK10
Metallgitterfilter im Gehäuse aus Polycarbonat	100 µm	120°C	universell, für mittlere Schmutzbelastung, auch Hochfeuchte	ZB9600SK7
PTFE-Sinterfilter	50 µm	180°C	hohe chemische Beständigkeit	ZB9600SK6
Edelstahl-Sinterfilter	10 µm	180°C	für starke mechanische Belastung, hohe Schmutzbelastung, hohe Luftströmung	ZB9600SK8

Programmierung

Messbereiche bei Auslieferung

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. Temperatur T, t	B-01	DIGI	-2	-20 bis +80*	°C	0,01 K
2. Rel. Feuchte RH, U _w	B-02	DIGI	-1	5 bis 98	%H	0,1% rH
3. Taupunkt DT, t _d	B-03	DIGI	-1		°C	0,1 K
4. Luftdruck AP, p	B-08	DIGI	-1	700 bis 1100	mb	0,1 mbar

* Messbereich abhängig vom Fühlertyp (siehe Technische Daten)

Die Feuchtefühler FHAD 46-Cxx werden mit den oben gezeigten Messbereichen ausgeliefert. Diese Programmierung kann geändert werden, d.h. es kann zum Beispiel statt des Taupunkts in Kanal 3 die absolute Feuchte angezeigt werden.

V7-Geräte, ZA 1919-AKUV

Die Programmierung wird über das Sensormenü (siehe Kapitel 3.1.3.1) geändert, das über die Software ALMEMO® Control zu erreichen ist. Die Fühler können dafür entweder an einem V7-Gerät stecken oder über das Kabel ZA1919AKUV direkt mit dem Computer verbunden werden. Im MA710 ist das Sensormenü über das Touch Display direkt zugänglich.

V6-Geräte

Werden die Feuchtefühler an einem V6-Gerät betrieben, gibt es keinen Zugang zum Sensormenü. Die Programmierung der Fühler kann in Geräten mit größerem Funktionsumfang (mindestens Gerät MA2590) und neuestem Revisionsstand selbst vorgenommen werden. Man begibt sich dafür in den Menüs der Geräte in die Fühlerprogrammierung. Hier kann man die Bereiche der Feuchtefühler ändern: Das Kürzel ‚H DT‘ entspricht dem ‚Taupunkt‘, ‚HAH‘ der ‚Mischung‘, ‚H VP‘ dem ‚Partialdampfdruck‘, ‚H En‘ der ‚Enthalpie‘. Bereiche für die absolute Feuchte und den im Stecker des Feuchtefühlers gemessenen Luftdruck kann man in der ‚Fühlerprogrammierung‘ der V6 Geräte nicht auswählen. Wird der Feuchtefühler normalerweise an einem V6 Gerät betrieben und der Bereich ‚Absolute Feuchte‘ soll auf einen seiner Kanäle programmiert werden, kann das nur über ein V7 Gerät oder ein ZA1919AKUV Kabel (siehe oben) geschehen.

Kapazitive Feuchtefühler

Konfigurierbare Messbereiche

Die Messbereiche der 4 Messkanäle sind aus einer Liste von 8 Bereichen konfigurierbar (* Auslieferungszustand):

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. Temperatur T, t	B-01	DIGI	-2	-20 bis +80*	°C	0,01 K
2. Rel. Feuchte RH, U _w	B-02	DIGI	-1	5 bis 98	%H	0,1% rH
3. Taupunkt DT, t _d	B-03	DIGI	-1		°C	0,1 K
4. Mischung MH, r mit LK	B-04	DIGI	-1		gk	0,1 g/kg
5. Abs. Feuchte AH, d _v	B-05	DIGI	-1		gm	0,1 g/m ³
6. Dampfdruck VP, e	B-06	DIGI	-1		mb	0,1 mbar
7. Enthalpie En, h mit LK	B-07	DIGI	-1		kJ	0,1 kJ/kg
8. Luftdruck AP, p	B-08	DIGI	-1	700 bis 1100	mb	0,1 mbar

* Messbereich abhängig vom Fühlertyp (siehe Technische Daten)

Außer dem Bereich werden automatisch eine zweistellige Dimension und ein Kommentar programmiert, die aus den bisher üblichen Kürzeln der Tafeln des Deutschen Wetterdienstes und den neueren Formelzeichen gemäß VDI/VDE 3514 bestehen.

Technische Daten

Einsatzbereich	
FHAD 46-C4xAx	-40 bis +85°C/ 5 bis 98% rH
FHAD 46-C2	-20 bis +60°C/ 5 bis 98% rH
FHAD 46-C0	-20 bis +80°C/ 5 bis 98% rH
Feuchte	
Messbereich	5 bis 98% rH
Sensor	CMOSens® Technologie
Genauigkeit	±2,0% rH im Bereich 10 bis 90% rH bei Nenntemperatur ±4,0% rH im Bereich 5 bis 98% rH bei Nenntemperatur
Hysterese	typ. ±1% rH
Nenntemperatur	23°C ± 5 K
Sensorbetriebsdruck	atmosphärischer Druck
Ansprechzeit T ₆₃	typ. 8 s bei 25°C, 1 m/s ohne Filter
Temperatur	
Messbereich	-20 bis +80°C
Sensor	CMOSens® Technologie
Genauigkeit	typ. ±0,2 K bei 5 bis 60°C, max. ±0,4 K bei 5 bis 60°C, max. ±0,7 K bei -20 bis 80°C,
Reproduzierbarkeit	typ. ±0,1 K
Ansprechzeit T ₆₃	typ. 20 s ohne Filter
ALMEMO® Anschlusskabel	bei FHAD 46-C4xAx Silikon, bei FHAD 46-C2 und FHAD 46-C0 PVC, Länge siehe unten unter ‚Abmessungen‘, mit ALMEMO® D6 Stecker.
Digitaler Luftdrucksensor (auf dem Multisensormodul)	
Messbereich	700 bis 1100 mbar
Genauigkeit	± 2,5 mbar bei 23°C ± 5 K
ALMEMO® D6-Stecker	
Refreshrate	1 Sek. Für alle 4 Kanäle
Versorgungsspannung	6 bis 13 V DC
Stromverbrauch	3 mA

Temperatur-Einsatzbereich der verschiedenen Teile des Fühlers

FHAD 46-C41A

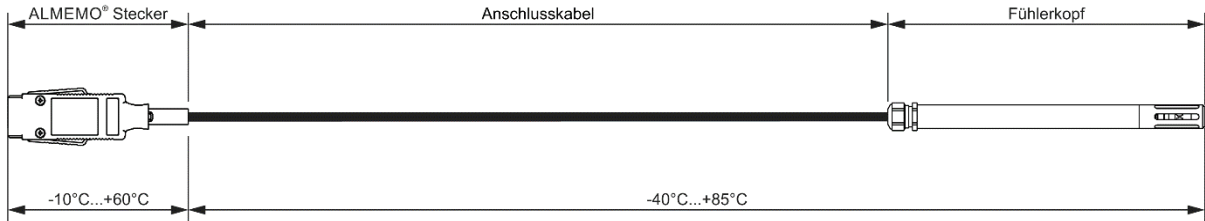


Abb. 3.4.3
Temperatur-Einsatzbereich des FHAD 46-C41A

Abmessungen

Artikelnummer	Fühlerlänge	Kabellänge
FHAD 46-C4xAx	160, 270 und 530 mm	2, 5 und 10 m
FHAD 46-C2x	Sensorkappe: Ø 8 mm, Länge 36 mm, Steckverbindung: Ø ca. 9 mm	2, 5 und 10 m
FHAD 46-C2L00	Incl. Fühlerkappe ca. 80 mm	-
FHAD 46-C0x	Multisensormodul (über alles) ca. 6 mm x 23 mm x 3 mm, Steckverbindung: Breite ca. 7 mm	2, 5 und 10 m

Handhabung

Messen

Bei Langzeitmessungen ist es möglich, manche Geräte im Sleepmodus (siehe Kapitel 6.9.2.1) zu betreiben. Hierfür ist bei den in diesem Kapitel beschriebenen Feuchtefühlern 1 Sekunde Sleep-Verzögerung nötig. Deshalb kann der Fühler im Sleepmode nur mit Geräten betrieben werden, bei denen eine Sleep-Verzögerung möglich ist!

Fühlerschutz

Bei einer erhöhten Staubkonzentration muss das Sensorelement durch einen geeigneten Filter geschützt werden. Auch ein mit Filter geschützter Fühler darf nicht mit Ölnebel oder fein zerstäubten Lösungsmitteln in Kontakt kommen.

3.4.1.2 FHAD 46-C7

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Der Feuchtefühler FHAD 46-C7 ist ein kompakter Fühler aus Edelstahl, druckdicht und mit Einschraubgewinde. Er entspricht weitgehend dem Typ FHAD 46-C41x (siehe Kapitel 3.4.1.1), ist jedoch für den Einsatz in Druckluftleitungen bis 16 bar ausgelegt.

Kapazitive Feuchtefühler

Das Sensorelement ist serienmäßig durch den PTFE Sinterfilter ZB9600S6K (siehe Kapitel 3.4.1.1) geschützt. Ein Anschlussadapter für Druckluftleitungen ZB96467AP ist erhältlich.

Der Fühler ist mit einer Kabellänge von 2, 5 oder 10 m erhältlich.

Programmierung

Messbereiche bei Auslieferung

Bezeichnung	Be- fehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. Temperatur T, t	B-01	DIGI	-2	-20 bis +80	°C	0,01 K
2. Rel. Feuchte RH, U _w	B-02	DIGI	-1	5 bis 98	%H	0,1% rH
3. Taupunkt DT, t _d	B-03	DIGI	-1		°C	0,1 K

Der Fühler FHAD 46-C7 kann bis zu einem Druck von 16 bar eingesetzt werden. Da der Messbereich des Drucksensors in seinem Multi-Sensormodul nur bis 1100 mbar reicht, fällt er bei hohen Drücken aus.

Sollte eine luftdruckabhängige Größe verwendet werden, kann zur Luftdruckkompensation ein Luftdruck bis 16 bar im Messgerät eingegeben werden. Dieser lässt sich auch als Kanal mit Bereich 'D Cp' (,correction pressure') anzeigen (siehe Tabelle ,Konfigurierbare Messbereiche' unten).

Die Feuchtefühler FHAD 46-C7xx werden mit den oben gezeigten Messbereichen ausgeliefert. Diese Programmierung kann geändert werden, d.h. es kann zum Beispiel statt des Taupunkts in Kanal 3 die absolute Feuchte angezeigt werden.

Die Programmierung des Sensors an V6- und V7-Geräten sowie dem Kabel ZA1919AKUV wird im Unterkapitel ,Programmierung' in Kapitel 3.4.1.1 beschrieben.

Konfigurierbare Messbereiche

Die Messbereiche der 4 Messkanäle sind aus einer Liste von 8 Bereichen konfigurierbar:

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. Temperatur T, t	B-01	DIGI	-2	-20 bis +80	°C	0,01 K
2. Rel. Feuchte RH, U _w	B-02	DIGI	-1	5 bis 98	%H	0,1% rH
3. Taupunkt DT, t _d	B-03	DIGI	-1		°C	0,1 K
4. Mischung MH, r mit LK	B-04	DIGI	-1		gk	0,1 g/kg
5. Abs. Feuchte AH, d _v	B-05	DIGI	-1		gm	0,1 g/m ³
6. Dampfdruck VP, e	B-06	DIGI	-1		mb	0,1 mbar
7. Enthalpie En, h mit LK	B-07	DIGI	-1		kJ	0,1 kJ/kg
8. Luftdruck AP, p	B-08	DIGI	-1	700 bis 1100	mb	0,1 mbar
9. Luftdruck CP, p	B-09	DIGI	0		mb	1 mbar

Außer dem Bereich werden automatisch eine zweistellige Dimension und ein Kommentar programmiert, die aus den bisher üblichen Kürzeln der Tafeln des Deutschen Wetterdienstes und den neueren Formelzeichen gemäß VDI/VDE 3514 bestehen.

Technische Daten

Einsatzbereich	-20 bis +80°C / 5 bis 98% rH
Digitaler Feuchte-/Temperatur-Sensor (inkl. AD Wandler)	
Feuchte	
Messbereich	5,0 bis 98,0% rH
Sensor	CMOSens® Technologie
Genauigkeit	±2,0% rH im Bereich 10 bis 90% rH ±4,0% rH im Bereich 5 bis 98% rH bei Nenntemperatur
Hysterese	typ. ±1% rH
Nenntemperatur	23°C ± 5K
Sensorbetriebsdruck	bis 16 bar
Temperatur	
Messbereich	-20 bis 80°C
Sensor	CMOSens® Technologie
Genauigkeit	typ. ±0,2 K bei 5 bis 60°C max. ±0,4 K bei 5 bis 60°C max. ±0,7 K bei -20 bis 80°C
Reproduzierbarkeit	typ. ±0,1 K
ALMEMO® Anschlusskabel	PVC, in Länge 2, 5 und 10 m, mit ALMEMO® D6 Stecker
ALMEMO® D6-Stecker	
Refreshzeit	1 Sek. für alle 4 Kanäle
Versorgungsspannung	6 bis 13 V DC
Stromverbrauch	3 mA
Mechanische Ausführung	
Fühler	Edelstahl
Filterkappe	PTFE-Sinterfilter SK6
Kabelverschraubung	spritzwassergeschützt

Abmessungen

Bestellnummer	Fühler	Prozessanschluss
FHAD46C7xxx	Durchmesser 12 mm, Gesamtlänge ca. 77 mm	Außengewinde G ½“, Einbaulänge 48 mm, Schlüsselweite 27

Handhabung

Siehe Kapitel 3.4.1.1.

3.4.1.3 Feuchte- /Temperaturfühler FHAD 36-x




Fühlereigenschaften

Ausstattung

Diese digitalen kapazitiven Feuchtefühler besitzen einen integrierten Signalprozessor zur Berechnung der nicht direkt gemessenen Feuchtegrößen. Alle Abgleich- und Sensordaten sind im Feuchtesensor gespeichert.

Alle Ausführungen dieses Feuchtefühler Typs werden inkl. Hersteller-Prüfschein ausgeliefert.

Ausführungen

Bild	Bestellnummer	Beschreibung	Eigenschaften
	FHAD36RAS	Standard Feuchte/Temperaturfühler inkl. Anschlusskabel mit ALMEMO® D6 Stecker	
	FHAD36RAICx	Industrie-Feuchte/Temperaturfühler mit Filterträger, Hochtemperatur-Fühlerkabel und Steckeranschluss inkl. Anschlusskabel mit ALMEMO® D6 Stecker	für hohe Temperaturen
	FHAD36RHKx	Hochtemperatur-Handfühler mit Filterträger, 2 m Fühlerkabel und Steckeranschluss mit ALMEMO® D Stecker	Handfühler für hohe Temperaturen

Filter für den Typ FHAD 36-RASx

Zum Schutz des Feuchte-Polymers und des Temperatursensors dient eine Filterkappe, bestehend aus einem schraubbaren Filterträger aus Polycarbonat und verschiedenen Filtereinsätzen mit unterschiedlichen Spezifikationen.

Filterkappe	Anwendungen, Eigenschaften	Artikelnummer
Filterträger Polycarbonat mit Filtereinsatz Polyethylen	Für Standardanwendungen, gute Reaktionszeit, guter Schutz vor Feinstaubpartikeln	ZB9636APE
Filterträger Polycarbonat mit Filtereinsatz Edelstahl-Drahtgewebe	Schnellste Reaktionszeit, nicht für Umgebungen mit Feinstaubpartikeln (Verstopfung) und in bioaktiven Umgebungen	ZB9636AWM
Filterträger Polycarbonat mit Filtereinsatz PTFE	Guter Schutz vor Feinstaubpartikeln und Salz (Meeresumgebung), langsame Reaktionszeit	ZB9636APTFE



Abb. 3.4.4 Filterkappe ZB9636APE, mit der der Feuchtefühlers FHAD 36 standardmäßig ausgeliefert wird.

Ausgeliefert werden die Fühler vom Typ FHAD 36-RAS mit einer Filterkappe bestehend aus Filterträger Polycarbonat mit Filtereinsatz Polyethylen (ZB9636APE).

Filter für den Typ FHAD 36-RAICx

Filterkappe	Anwendungen, Eigenschaften	Artikelnummer
Edelstahl-Drahtgewebe-Filter	schnellste Reaktionszeit, nicht für Umgebungen mit Feinstaubpartikeln (Verstopfung) und in bioaktiven Umgebungen	ZB9636AIWM
Edelstahl-Sinterfilter	bester Schutz bei hoher Partikelbelastung, gute Reaktionszeit für niedrige Feuchten (nicht für hohe Feuchten verwenden)	ZB9636AISSS
PTFE-Filter	guter Schutz vor Feinstaubpartikeln und Salz (Meeresumgebung), langsamere Reaktionszeit	ZB9636AIPTFE

Ausgeliefert werden die Fühler vom Typ FHAD 36-RAICx mit Edelstahl-Drahtgewebefilter.

Filter für FHAD 36-RHKx

Zum Schutz des Feuchtepolymers und des Temperatursensors dient ein Filter, bestehend aus einem schraubbaren Filterträger (vernickelte Messing-Schlitzhülse) und einem wechselbaren Filtereinsatz mit unterschiedlichen Spezifikationen. Der Filtereinsatz wird über den Filterträger geschoben, mit einer Unterlegscheibe fixiert und einer Feststellschraube gesichert.

Filtereinsatz	Anwendungen, Eigenschaften	Bestellnr.
Edelstahl-Drahtgewebefilter-Einsatz	Schnellste Reaktionszeit, nicht für Umgebungen mit Feinstaubpartikeln (Verstopfung) und in bioaktiven Umgebungen	ZB9636M15
Edelstahl-Sinterfilter-Einsatz	Beste Schutz bei hoher Partikelbelastung, gute Reaktionszeit für niedrige Feuchten (nicht für hohe Feuchten verwenden)	ZB9636S15
PTFE-Filter-Einsatz	Guter Schutz vor Feinstaubpartikeln und Salz (Meeresumgebung), langsamere Reaktionszeit	ZB9636T15



Abb. 3.4.5 Feuchtefühler FHAD 36-RHKx mit Filterträger

Ausgeliefert werden die Fühler vom Typ FHAD 36-RHKx mit Filterträger und Edelstahl-Drahtgewebefilter-Einsatz.

Programmierung

Der FHAD 36-R basiert auf einem voll abgeglichenen digitalen kapazitiven Sensor, der ohne Genauigkeitseinbuße jederzeit getauscht werden kann. Zur automatischen Luftdruckkompensation ist standardmäßig ein Luftdrucksensor eingebaut.

Der gemessene Luftdruck kann zudem auch als Referenz-Luftdruck im ALMEMO® Messgerät verwendet werden (siehe Kapitel 6.2.5 und 6.2.6).

Messbereiche bei Auslieferung

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. Temperatur T, t	B-01	DIGI	-2	-100 bis +170*	°C	0,01 K
2. Rel. Feuchte RH, U _w	B-02	DIGI	-1	0 bis 100	%H	0,1% rH
3. Taupunkt DT, t _d	B-03	DIGI	-1	-64,8 bis +100	°C	0,1 K
4. Luftdruck AP, p	B-08	DIGI	-1	700 bis 1100	mb	0,1 mbar

* Messbereich abhängig vom Fühlertyp (siehe Technische Daten)

Die Feuchtefühler FHAD 36-x werden mit den oben gezeigten Messbereichen ausgeliefert. Diese Programmierung kann geändert werden, d.h. es kann zum Beispiel statt des Taupunkts in Kanal 3 die absolute Feuchte angezeigt werden.

Die Programmierung des Sensors an V6- und V7-Geräten sowie dem Kabel ZA1919AKUV wird im Unterkapitel „Programmierung“ in Kapitel 3.4.1.1 beschrieben.

Kapazitive Feuchtefühler

Konfigurierbare Messbereiche

Die Messbereiche der 4 Messkanäle sind aus einer Liste von 8 Bereichen konfigurierbar (* Auslieferungszustand):

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. Temperatur T, t	B-01	DIGI	-2	-100 bis +200*	°C	0,01 K
2. Rel. Feuchte RH, U _w	B-02	DIGI	-1	0 bis 100	%H	0,1% rH
3. Taupunkt DT, t _d	B-03	DIGI	-1	-64,8 bis +100	°C	0,1 K
4. Luftdruck AP, p	B-08	DIGI	-1	700 bis 1100	mb	0,1 mbar
5. Mischung MH, r mit LK	B-04	DIGI	-1	0 bis 6500	gk	0,1 g/kg
6. Abs. Feuchte AH, d _v	B-05	DIGI	-1	0 bis 596,3	gm	0,1 g/m ³
7. Dampfdruck VP, e	B-06	DIGI	-1	0 bis 1100	mb	0,1 mbar
8. Enthalpie En, h mit LK	B-07	DIGI	-1	0 bis 6500	kJ	0,1 kJ/kg

* Messbereich abhängig vom Fühlertyp (siehe Technische Daten)

Außer dem Bereich werden automatisch eine zweistellige Dimension und ein Kommentar programmiert, die aus den bisher üblichen Kürzeln der Tafeln des Deutschen Wetterdienstes und den neueren Formelzeichen gemäß VDI/VDE 3514 bestehen.

Technische Daten

Einsatzbereich	je nach Fühlertyp, siehe unten und auch Kapitel 3.4.1 unter ‚Auswahl, Produktübersicht‘
Feuchte	
Sensor	kapazitiv
Messbereich	0 bis 100 % rH
Justiert	bei 23°C und 10%, 35%, 80% rH
Genauigkeit	±1,3% rH (bei 23°C ± 5K)
Wiederholbarkeit	0,3% rH
Temperatur	
Sensor	Pt100 Klasse A
Messbereich	-100 bis 170°C, Einsatzbereich beachten, je nach Fühlertyp
Genauigkeit	±0,2 K (bei 23°C ± 5K)
Wiederholbarkeit	typ. 0,05°C
Digitaler Luftdrucksensor	(eingebaut im ALMEMO® D6 Stecker)
Messbereich	700 bis 1100 mbar
Genauigkeit	±2,5 mbar (im Bereich 700 bis 1100mbar) bei 23°C±5K
Luftdruckkompensation	0 bis 6500 mbar (programmierbar)
Sensoranschluss	Steckeranschluss zwischen Fühlerkopf und Kupplung (FHAD 36-RS), zwischen Sensoranschluss und Anschlusskabel (FHAD 36-RIC, FHAD 36-RHK), siehe unten
	Material: Alu-Anticorodal, eloxiert, IP65
	Material TPU, mit ALMEMO®-D6 Stecker
ALMEMO® Anschlusskabel	
ALMEMO® D6 Stecker	
Refreshrate	1 Sekunde für alle 4 Kanäle
Versorgungsspannung	6 bis 13 V DC
Stromverbrauch	12 mA
Sleepmodus des Gerätes	möglich (bei Verlängerung Verzögerung 1s nötig)

FHAD 36-RASx:

Fühlergehäuse-Material	Polycarbonat
Filterträger	Polycarbonat
Filter	Polyethylen
Ansprechzeit T ₆₃	< 15 s bei typ. 1 m/s

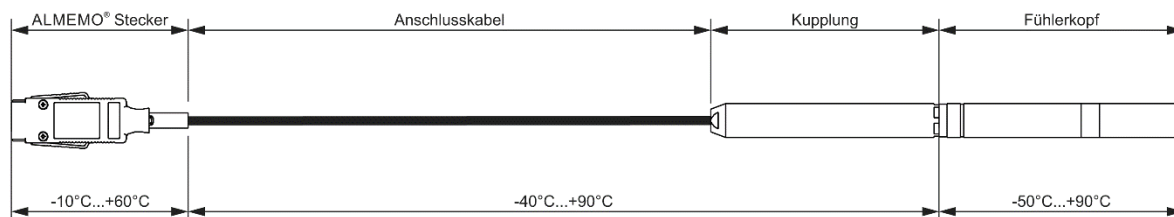
FHAD 36-RAICx:

Fühlermaterial	PPS
Filterträger	Edelstahl 1.4301
Filter	Edelstahl-Drahtgewebe-Filter
Ansprechzeit T ₆₃	< 10 s bei typ. 1 m/s ohne Filter

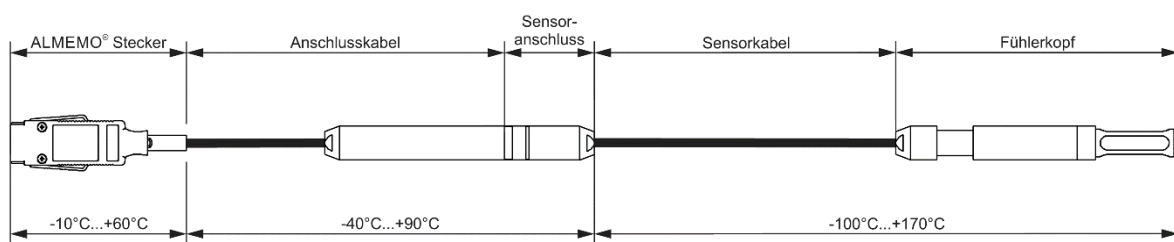
FHAD 36-RHKx:

Fühlergehäuse-Material	Schaft: PPS, Handgriff: POM
Filterträger	Messing vernickelt
Filter	Edelstahl-Drahtgewebe
Ansprechzeit T ₆₃	< 10 s bei typ. 1 m/s ohne Filter

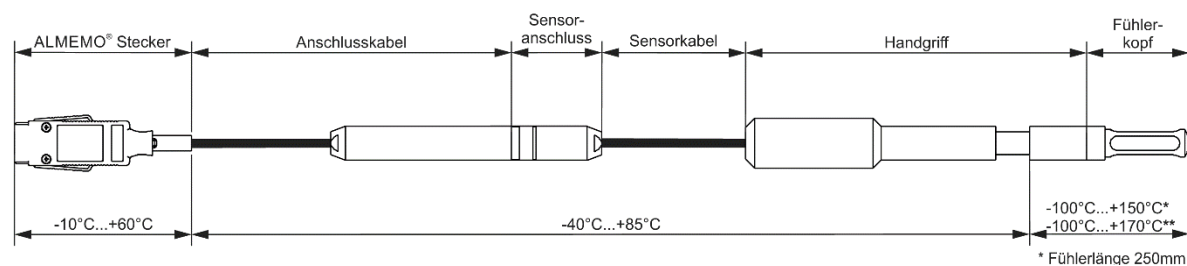
Temperatur-Einsatzbereich der verschiedenen Teile der Fühler



FHAD 36-RAS



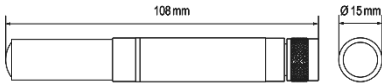
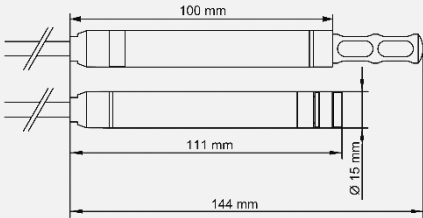
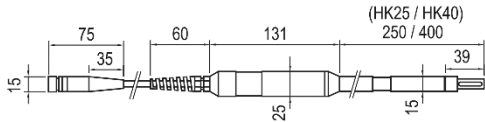
FHAD 36-RAIC



FHAD 36-RHK

Kapazitive Feuchtefühler

Abmessungen

Bestellnummer	Fühlerlänge/Maßzeichnungen	Sensorkabel	Anschlusskabel
FHAD36RAS		-	2 und 5 m
FHAD36RAIC	 <p>Fühlerlänge 144 mm incl. Filter, 294 mm auf Anfrage</p>	2 und 5 m	2 und 5 m
FHAD36RHK	 <p>Fühlerlänge FHAD 36-RHK25 250mm Fühlerlänge FHAD 36-RHK40 400mm</p>	2 m	0,3 m

Handhabung

Messen

Bei Langzeitmessungen ist es möglich, manche Geräte im Sleepmodus (siehe Kapitel 6.9.2.1) zu betreiben. Hierfür ist bei den in diesem Kapitel beschriebenen Fühlern 1 Sekunde Sleep-Verzögerung nötig. Deshalb kann der Fühler im Sleepmodus nur mit Geräten betrieben werden, bei denen eine Sleep-Verzögerung möglich ist!

Fühlerschutz

Bei einer erhöhten Staubkonzentration muss das Sensorelement durch einen geeigneten Filter geschützt werden. Auch ein mit Filter geschützter Fühler darf nicht mit Ölnebel oder fein zerstäubten Lösungsmitteln in Kontakt kommen.

3.4.1.4 Analoger kapazitiver Feuchtefühler FHA 646-R

Fühlereigenschaften

Technische Daten

Einsatzbereich	-30 bis +100°C / 5 bis 98% rH
Feuchte	
Messbereich	5,0 bis 100,0% rH
Sensor	kapazitiv
Genauigkeit	±2,0% rH im Bereich < 90% rH bei Nenntemperatur

Reproduzierbarkeit	< 1% rH bei Nenntemperatur
Nenntemperatur	25°C ± 3°C
Ansprechzeit T ₆₃	ca. 10 s bei 1 m/s
Temperatur	
Sensor	NTC Typ N
Genauigkeit	-20 bis 0°C: ±0,4 K 0 bis 70°C: ±0,2 K 70 bis 100°C: ±0,6 K
Reproduzierbarkeit	0,1 K
Mechanische Ausführung	
Fühlerrohr	vernickelt
Schutzkappe	keine
Kabel	Hochtemperatur-Kabel (bis 100°C), mit ALMEMO® Stecker

Abmessungen

Fühlerrohr 50 mm lang, 5 mm Ø

Kabellänge 2 m

3.4.1.5 Analoge kapazitive Feuchtefühler FHA 646-Ex, FHA 646-AG, FHA 646-1/-6

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Kabel

Die kapazitiven Feuchtefühler werden in der Regel mit 1,5 m Fühlerkabel ausgeliefert. Je nach Typ kann ab Werk auch ein längeres Fühlerkabel (bei FHA 646-Ex, FHA 646-AG bis 30m) geliefert werden.

Filterkappen

Die Feuchtesensoren sind mit einer Schutzkappe gegen mechanische Beschädigungen und gegen Schmutz/Staub geschützt. Je nach Anwendung stehen optional verschiedene Filtertypen zur Verfügung:

Typ	Bezeichnung	Porengröße	max. Temperatur	typ. Anwendung
ZB9600SK7	Metallgitterfilter im PC-Gehäuse	100 µm	120°C	universell, für mittlere Schmutzbelastung, auch Hochfeuchte
ZB9600SK6	PTFE-Sinterfilter	50 µm	180°C	hohe chemische Beständigkeit
ZB9600SK8	Edelstahl-Sinterfilter	10 µm	180°C	für starke mechanische Belastung, hohe Schmutzbelastung, hohe Luftströmung

Kapazitive Feuchtefühler

Programmierung

Die Größen Lufttemperatur T, relative Feuchte U_w, Taupunkttemperatur t_d und Mischungsverhältnis r sind bei konfektionierten Fühlern bereits auf 4 Kanälen programmiert. Die Messgrößen T und U_w sind auf die beiden ersten Kanäle festgelegt, die Rechengrößen e', t_d, r und h können auf den 3. und 4. Kanal gelegt werden. Ist eine Rechengröße angewählt, wird Temperatur und Feuchte laufend gemessen, um den angezeigten Wert zu aktualisieren.

Messgrößen	Befehl	Bereich	Messbereich	Dim	Auflösung
Lufttemperatur T, t	B09	Ntc	-50 bis 100	°C	0,01 K
Relative Feuchte RH, U _w	B16	% rH	0 bis 100	%H	0,1% rH
Rel. Feuchte FHA 646-xC	B42	HcrH	0 bis 100	%H	0,1% rH
Rel. Feuchte FHA 646-R	B56	H rH	0 bis 100	%H	0,1% rH
Taupunkt DT, t _d	B44	H DT	-25 bis 100	°C	0,1 K
Mischung MH, r	B43	H AH	0 bis 500	gk	0,1 g/kg
Partialdampfdruck VP, e	B59	H VP	0 bis 1050	mb	0,1 mbar
Enthalpie En, h	B58	H En	0 bis 400	kJ/kg	0,1 kJ

Handhabung

Messen

Kabelverlängerung für kapazitive Feuchtefühler

Verlängerungen bis 4 m erfolgen für alle Typen FHA 646 mit den passiven Verlängerungskabeln ZA 9060-VK.

Verlängerungen bis 100 m erfolgen mit den intelligenten ALMEMO® Verlängerungskabeln ZA 9090-VKC (siehe Kaptiel 3.13). Diese Kabel sind für den Typ FHA 646-ExC (Bereich "HcrH") und auch für den Typ FHA 646-E1 in aktueller Ausführung (Bereich "% rH" mit Multiplexer M4 C-B) geeignet. Ältere Fühler FHA 646-x mit Bereich "% rH" lassen sich ebenfalls verwenden, wenn im Stecker-EEPROM der Multiplexer auf Stellung M4 C-B programmiert wird (über Software AMR-Control, Messstellen Programmieren, Multiplexer).

Mit den intelligenten ALMEMO® Verlängerungskabeln werden die Feuchteabweichwerte des Fühlersteckers automatisch zum ALMEMO® Gerät übertragen. Somit ist der Fühler (vor Ort mit einem kurzen Kabel) einfach austausch- und kalibrierbar.

Fühler mit einer Mehrpunktjustierung an V6-Geräten können an das intelligente Verlängerungskabel ab der Revision R2E4 angeschlossen werden.

Die Genauigkeit der Feuchtemessung wird durch die Verlängerung nicht beeinflusst. Für die Temperaturmessung (mit dem eingebauten NTC-Sensor) können sich durch die Verlängerung zusätzliche Abweichungen ergeben, die abhängig von der gemessenen Temperatur und der Kabellänge sind (siehe Kapitel 3.2.3 unter „Hinweise zur Messung“).

3.4.2 Psychrometer

Messprinzip

Das Psychrometer ist ein Fühler, mit dessen Hilfe die Gasfeuchte mit den dazugehörigen Kenngrößen bestimmt werden kann.

Im Psychrometer befinden sich zwei Temperaturfühler. Einer dieser Fühler erfasst die Umgebungstemperatur (Trockenfühler). Der andere Temperaturfühler (Feuchtfühler) ist in feuchtes Material gehüllt (z.B. befeuchtetes Baumwollgewebe).




Je trockener das Gas ist, desto schneller verdunstet das Wasser, was mehr Verdunstungskälte erzeugt, die zu einer größeren Temperaturdifferenz zwischen den beiden Temperaturfühlern führt.

Der eingebaute Ventilator sorgt für eine ausreichende Umströmung des Feuchttemperaturfühlers und verhindert, dass der schon entstandene Wasserdampf die Verdunstung behindert.

Aus der Temperaturdifferenz und weiteren Parametern können die Gasfeuchte und die Feuchtekenngößen bestimmt werden. Als Rechengrundlage dient die VDI/VDE Richtlinie 3514.

Das psychrometrische Messprinzip ist eines der genauesten Verfahren zur Bestimmung der Gasfeuchte und wird deshalb in Systemen, bei denen es auf genaue Messungen ankommt, oder in Referenzgeräten verwendet. Voraussetzung für eine genaue Messung ist, dass der Feuchttemperaturfühler immer ausreichend befeuchtet ist.

Auswahl

Bild	Bestellnr.	Beschreibung	Einsatztemperatur
	FNAD 46	Handpsychrometer mit 2 NTC Fühlern	0 bis 60°C
	FAND 46-3	Stationäres Psychrometer mit 2 NTC Fühlern	0 bis 90°C
	FPA 836-3	Stationäres Psychrometer mit 2 Pt100 Fühlern	0 bis 90°C

Hinweise zur Messung

Die sachgemäße Handhabung des Psychrometers ist sehr wichtig. Beachten Sie deshalb unbedingt folgende Hinweise:

1. Die Messwertstabilisierung kann nach dem Anlaufen des Ventilators einige Sekunden dauern, während derer der Feuchttemperaturfühler durch den Luftstrom abgekühlt werden muss.
2. Stellen Sie sicher, dass der Feuchtfühler immer ausreichend befeuchtet ist. Im Zweifelsfall die Befeuchtung des Baumwollstrumpfes oder Dochtes durch Sichtkontrolle prüfen. Verwenden Sie zur Befeuchtung des Dochtes immer destilliertes Wasser. Andernfalls könnte der Docht verkalken.
3. Beim Handpsychrometer: Halten Sie den Psychrometer bei der Messung nach Möglichkeit so, dass der Wassertank unterhalb des Fühlers liegt und sich keine zusätzlichen Wassertropfen am Docht bilden. Wassertropfen am Trockenfühler oder im Ansaugrohr würden das Messergebnis verfälschen.
4. Wenn der Docht kein Wasser mehr annimmt (Verschmutzung oder Austrocknung), muss er gewechselt werden.
5. Eine ausreichende Luftgeschwindigkeit an der Ansaugöffnung muss gewährleistet sein. Achten Sie deshalb darauf, dass das Ansaugen der Luft nicht behindert wird.

6. Nur beim Handpsychrometer: Wenn das BAT - Zeichen im Display erscheint, reicht die Versorgungsspannung des Lüfters nicht mehr aus. Eine ausreichende Belüftung ist nicht mehr gegeben, was zu Fehlmessungen führen kann. Wechseln Sie die Gerätebatterien aus.
7. Vermeiden Sie eine Erwärmung des Psychrometers durch fremde Wärmequellen oder den eigenen Körper.

3.4.2.1 Handpsychrometer FNAD 46

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Der digitale Fühler FNAD 46 verwendet NTC-Sensoren mit einer Genauigkeit von 0,2 K, die ohne Genauigkeits-einbuße getauscht werden können. Die Temperaturen werden mit einem eigenen 24-Bit AD-Wandler erfasst. Zur automatischen Luftdruckkompensation ist standardmäßig ein Luftdrucksensor eingebaut.

Die Bestimmung der Feuchterechengrößen erfolgt aus den Primärmesskanälen (reale Messgrößen), Trocken-, Feuchttemperatur und Luftdruck auf Basis der Formeln nach Dr. Sonntag unter Berücksichtigung des Enhancement-faktors (Korrekturfaktor $f_w(t,p)$ für reale Mischgassysteme) nach W. Bögel.

Messbereichsumfang und Genauigkeit werden dadurch gegenüber älteren Fühlern wesentlich erhöht. Der gemessene Luftdruck kann zudem auch als Referenz-Luftdruck im ALMEMO® Messgerät verwendet werden.

Programmierung

Messbereiche bei Auslieferung

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. Trockentemperatur TT, t	B-01	DIGI	-2	0 bis 90	°C	0,01 K
2. Feuchttemperatur HT, t_w	B-09	DIGI	-2	0 bis 90	°C	0,01 K
3. Rel. Feuchte RH, U_w mit LK	B-02	DIGI	-1	10 bis 100	%H	0,1% rH
4. Luftdruck AP, p	B-08	DIGI	-1	700 bis 1100	mb	0,1 mbar

Die Psychrometer FNAD 46 werden mit den oben gezeigten Messbereichen ausgeliefert. Diese Programmierung kann geändert werden, d.h. es kann zum Beispiel statt des Taupunkts in Kanal 3 die absolute Feuchte angezeigt werden.

Die Programmierung des Sensors an V6- und V7-Geräten sowie dem Kabel ZA1919AKUV wird im Unterkapitel „Programmierung“ in Kapitel 3.4.1.1 beschrieben.

Konfigurierbare Messbereiche

Die Messbereiche der 4 Messkanäle sind aus der Liste von 9 Bereichen beliebig konfigurierbar. LK: Luftdruckkom-pensation

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. Trockentemperatur TT, t	B-01	DIGI	-2	0 bis 90	°C	0,01 K
2. Feuchttemperatur HT, t_w	B-09	DIGI	-2	0 bis 90	°C	0,01 K
3. Rel. Feuchte RH, U_w mit LK	B-02	DIGI	-1	10 bis 100	%H	0,1% rH
4. Luftdruck AP, p	B-08	DIGI	-1	700 bis 1100	mb	0,1 mbar

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
5. Taupunkt DT, t_d mit LK	B-03	DIGI	-1	-64,8 bis +100	°C	0,1 K
6. Mischung MH, r mit LK	B-04	DIGI	-1	0 bis 6500	gk	0,1 g/kg
7. Abs. Feuchte AH, d_v mit LK	B-05	DIGI	-1	0 bis 596,3	gm	0,1 g/m ³
8. Dampfdruck VP, e mit LK	B-06	DIGI	-1	0 bis 1100	mb	0,1 mbar
9. Enthalpie En, h mit LK	B-07	DIGI	-1	0 bis 6500	kJ	0,1 kJ/kg

Außer dem Bereich werden automatisch eine zweistellige Dimension und ein Kommentar programmiert, die aus den bisher üblichen Kürzeln der Tafeln des Deutschen Wetterdienstes und den neueren Formelzeichen gemäß VDI/VDE 3514 bestehen.

Technische Daten

Einsatztemperatur	0 bis 60 °C (kein Eis)
Feuchte	
Messbereich	10 bis 100% rH
Genauigkeit bei Nennbedingungen	±1 % rH
Nennbedingungen	25°C ± 3 K, 1013 mbar, 50% rH
Genauigkeit im gesamten Messbereich	typ. ±1% rH bei 25°C ± 3 K, 1013 mbar, 10 bis 100% rH
Temperatur	
Temperaturfühler	2 mal NTC Typ N
Genauigkeit	± 0,2 K bei 0 bis 60°C
Luftdruck	
Digitaler Luftdrucksensor	Eingebaut im ALMEMO® D6-Stecker
Messbereich	700 bis 1100 mbar
Genauigkeit	±2,5 mbar (bei 23°C ± 5 K)
AD-Wandler im ALMEMO®	
D6-Stecker	
Eingänge	2 NTC-Fühler (an Platine im Stecker gelötet)
Auflösung	0,01 K
Linearisierung	Fehlerfreies Rechenverfahren nach Galway Steinhart (kein Näherungsverfahren)
Genauigkeit	±0,05 K
Nenntemperatur	23°C ± 2 K
Temperaturdrift	0,004% /K (40 ppm)
Feuchterechengrößen	analytische Gleichung (kein Näherungsverfahren)
Refreshrate	0,4 Sekunden für alle 4 Kanäle
Gehäuse, Kabel, Motor	
Versorgung des Ventilators	über ALMEMO® D6-Stecker
Gehäuse	Kunststoff
Gewicht	ca. 300 g
Sensoranschluss	Einbaustecker
ALMEMO® Anschlusskabel	Kupplung, 1,5 m PVC Kabel, mit ALMEMO® D6-Stecker
Versorgungsspannung	9 bis 13 V DC
Stromverbrauch	20 mA

Psychrometer

Abmessungen

Gehäuse: Ø 50 mm, Länge 245 mm

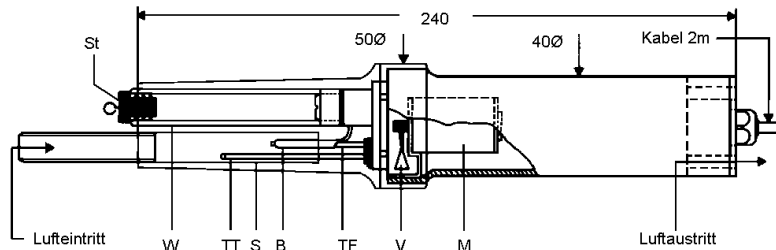


Abb. 3.4.6
Handpsychrometer

Handpsychrometer FNAD 46

M	= Motor	B	= Baumwolldocht
V	= Ventilatorflügel	S	= Strahlungsschutz
TT	= Trockentemperaturfühler	W	= Wassertank
TF	= Feuchttemperaturfühler	St	= Stopfen mit Druckdorn

Handhabung

Vorbereitung

Wassertank füllen für Handpsychrometer

Zur Befeuchtung des Feuchttemperaturfühlers ist in Psychrometern ein Wassertank eingebaut. Je nach Ausführung wird er unterschiedlich befüllt.

1. Gummistopfen (St) abziehen und destilliertes Wasser eingießen.
2. Wassertank mit Stopfen (Draht abgezogen) verschließen.
3. Plexiglashaube abziehen und Psychrometer in eine Lage bringen, bei der der Wassertank oberhalb der Temperaturfühler liegt.
4. Wassertank nach links drehen (ca. 2-3 mm), wodurch die Wasserzufuhr zum Baumwollstrumpf eingeleitet wird. Wenn der Baumwollstrumpf ein dunkleres und leicht glänzendes Aussehen erhält, Wassertank 1 bis 2 mm nach rechts drehen und dadurch die Wasserzufuhr drosseln.
5. Psychrometer in eine senkrechte Stellung bringen und beobachten, ob sich ein Wassertropfen bildet. Falls dies der Fall ist, Wassertropfen abtupfen. Sollte sich anschließend abermals ein Wassertropfen bilden, Wassertank nochmals ein wenig nach rechts drehen.
6. Plastikhaube wieder aufsetzen und Messung durchführen.
7. Nach den Messungen Draht in Verschlussstopfen einsetzen und Wassertank 1 bis 2 mm nach rechts drehen, um damit die Wasserzufuhr zum Baumwollstrumpf zu drosseln.

Wartung

Unter bestimmten Bedingungen kann es zu Wachstum von Keimen im Wasser des Tanks kommen, weshalb eine Überprüfung und eine regelmäßige Reinigung erforderlich ist. Bei längeren Betriebspausen oder zum Transport sollte der Tank entleert werden.

Docht wechseln für Handpsychrometer

Ein verschmutzter bzw. verkrusteter Docht wird nicht mehr durchfeuchtet. Je nach Luft- und Wasserreinheit muss er deshalb ausreichend oft gewechselt werden.

1. Haube (Plexiglas) vom Psychrometer abziehen.
2. Wassertank abschrauben.
3. Baumwolldocht mit Gummi- und Plastikscheibe aus dem Boden des Wasserbehälters herausnehmen.
4. Neuen Baumwolldocht mit dem offenen Ende durch die Löcher der Gummi- und Plastikscheibe fädeln.
5. Fühlerspitze des kurzen Fühlers durch das Loch 3 cm vor dem Ende hindurchstecken, so dass sie an der abgebundenen Stelle fest anliegt. Baumwollstrumpf anschließend zusammen mit den aufgefädelten Scheiben auf den Boden des Wasserbehälters legen.
6. Wasserbehälter aufschrauben.

3.4.2.2 Stationäres Psychrometer FNAD 46-3

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Der digitale Fühler FNAD46-3 verwendet NTC-Sensoren mit einer Genauigkeit von 0,1 K, die ohne Genauigkeits-einbuße getauscht werden können. Die Temperaturen werden mit einem eigenen 24-Bit AD-Wandler erfasst. Zur automatischen Luftdruckkompensation ist standardmäßig ein Luftdrucksensor eingebaut.

Die Bestimmung der Feuchterechengrößen erfolgt aus den Primärmeßkanälen (realen Meßgrößen), Trocken-, Feuchttemperatur und Luftdruck auf Basis der Formeln nach Dr. Sonntag unter Berücksichtigung des Enhancement-faktors (Korrekturfaktor $f_w(t,p)$ für reale Mischgassysteme) nach W. Bögel.

Messbereichsumfang und Genauigkeit werden dadurch gegenüber älteren Fühlern wesentlich erhöht. Der gemessene Luftdruck kann zudem auch als Referenz-Luftdruck im ALMEMO® Meßgerät verwendet werden.

Dieses Psychrometer ist eine für Langzeitmessungen optimierte Ausführung.

Programmierung

Siehe Kapitel 3.4.2.1.

Fühleranschluss

Beim stationären Psychrometer FNAD46-3 werden die beiden NTC-Sensoren für Trockentemperatur TT und Feuchttemperatur HT in die entsprechenden Klemmen TT-Gnd und HT-Gnd eingeschraubt.

Beim Handpsychrometer FNAD46 sind die Fühler und die Stromversorgung über das ALMEMO® Gerät an der Platine des Steckers angelötet.

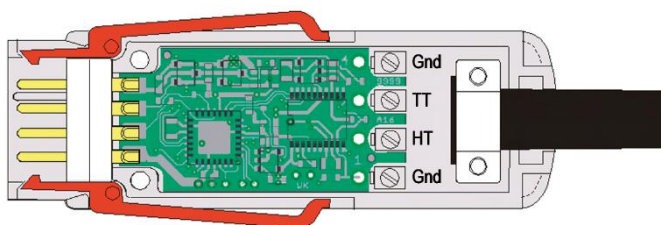


Abb. 3.4.7
Stecker des stationären Psychrometers FNAD846-3

Technische Daten

Einsatztemperatur	0 bis 90°C (kein Eis)
Feuchte	
Messbereich	10 bis 100% rH
Genauigkeit bei Nennbedingungen	±1% rH
Nennbedingungen	25°C ± 3 K, 1013 mbar, 50% rH
Genauigkeit im gesamten Messbereich	typ. ±1% rH bei 25°C ± 3 K, 1013 mbar, 10 bis 100% rH
Temperatur	
Temperaturfühler	2 mal NTC Typ N
Genauigkeit	± 0,2 K bei 0 bis 70 °C ± 0,4 K bei 70 bis 90 °C
Luftdruck	
Digitaler Luftdrucksensor	Eingebaut im ALMEMO® D6-Stecker
Messbereich	700 bis 1100 mbar
Genauigkeit	±2,5 mbar (bei 23°C ± 5 K)
AD-Wandler im ALMEMO®	
D6-Stecker	
Eingänge	2 NTC-Fühler (Klemmanschlüsse im Stecker)
Auflösung	0,01 K
Linearisierung	Fehlerfreies Rechenverfahren nach Galway Steinhart (kein Näherungsverfahren)
Genauigkeit	±0,05 K
Nenntemperatur	23°C ± 2 K
Temperaturdrift	0,004%/K (40 ppm)
Feuchterechengrößen	analytische Gleichung (kein Näherungsverfahren)
Refreshrate	0,4 Sekunden für alle 4 Kanäle
Gehäuse, Kabel, Motor	
Versorgung des Ventilators	12 V DC über Netzteil, Kabel ca. 1,5 m (im Lieferumfang enthalten)
Gehäuse	Kunststoff: PMMA
Gewicht	ca. 890 g
Sensoranschluss	Einbaustecker
ALMEMO® Anschlusskabel	Kabel FEP/Silikon, 5 m, mit ALMEMO® D6-Stecker
Versorgungsspannung	9 bis 13 V DC
Stromverbrauch	4 mA

Abmessungen

Länge 175 mm,
Breite 50 mm
Höhe 75 mm

Handhabung

Vorbereitung

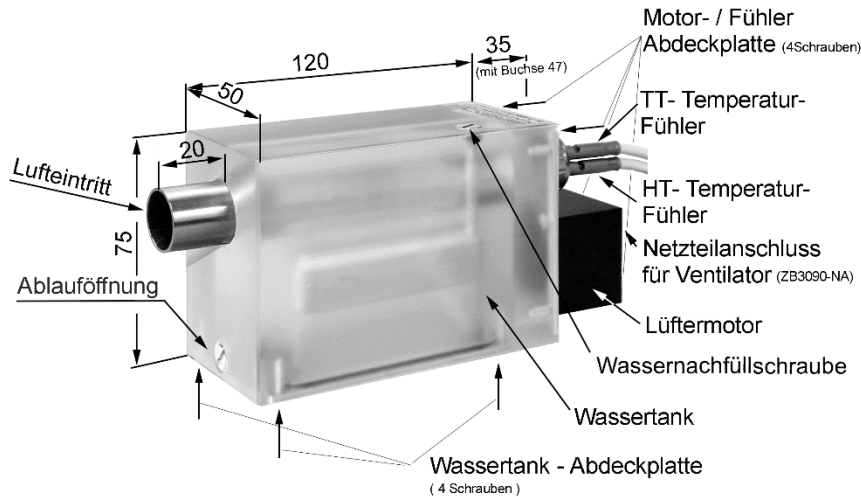


Abb. 3.4.8
Stationäres Psychrometer
FNAD46-3 mit Beschriftung

Wassertank füllen für stationäre Psychrometer:

1. Wassernachfüllschraube öffnen
2. Destilliertes Wasser mit Hilfe der mitgelieferten Spritzflasche in den Wassertank einfüllen.
3. Nachfüllschraube wieder eindrehen und Messung durchführen.

Wartung

Unter bestimmten Bedingungen kann es zu Wachstum von Keimen im Wasser des Tanks kommen. Deshalb muss der Tank ca. alle 6 Wochen gereinigt werden. Bei längeren Betriebspausen oder zum Transport sollte der Tank entleert werden.

Dochtwechsel für stationäre Psychrometer

Ein verschmutzter bzw. verkrusteter Baumwolldocht ist nicht mehr einwandfrei durchfeuchtet und verfälscht den Messwert. Je nach Luft- und Wasserreinheit muss er deshalb regelmäßig gewechselt werden.

1. Wassertank entleeren (siehe oben)
2. Wassertankabdeckplatte abschrauben
3. Motor- / Fühler-Halteplatte abschrauben und alten Docht vom HT-Fühler abziehen
4. Neuen Docht wassertankseitig ins Rohr des Psychrometers einführen und über HT-Fühler ziehen
5. Motor- / Fühler-Halteplatte anschrauben
6. Docht von Wassertankseite straff ziehen, Wassertankabdeckplatte anschrauben und Wassertank füllen.

3.4.2.3 Stationäres Psychrometer FPA 836-3

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Für die Messung der Trocken- und Feuchttemperatur werden justierte Pt100-Fühler benutzt. Das stationäre Psychrometer ist mit einem Wassertank ausgestattet, der eine selbsttätige Befeuchtung des Doctes über einen längeren Zeitraum garantiert.

Programmierung

An jedes ALMEMO® Messgerät mit mindestens 2 Eingangsbuchsen kann ein Psychrometer mit Pt100-Fühlern für Feucht- und Trockentemperatur angeschlossen werden. Alle Rechenkanäle zur Bestimmung der Feuchtekenngößen werden dabei unterstützt. Die beiden Pt100-Fühler müssen hintereinander angeordnet werden und den Bereich P204 aufweisen, die Feuchtegrößen müssen im zweiten Fühler auf dem 2. bis 4. Kanal programmiert werden:

Fühler	Messstelle	Bereich	Größe	Erklärung
Pt100	Mx:	P204	HT, t_w	Feuchttemperatur in °C *
Pt100	Mx+1:	1. Kanal	P204	TT, t
		2. Kanal bis 4. Kanal	P rH	RH, U_w
			P dT	DT, t_D
			P AH	MH, r
			P UP	VP, e
			P En	En, h

* Feucht- und Trockentemperaturfühler dürfen nicht vertauscht werden.

Technische Daten

Einsatztemperatur	0 bis 90°C
Luftfeuchte	
Feuchtemessbereich	ca. 10 bis 100% rH
Messart	psychrometrisch
Genauigkeit bei Nennbedingungen	±1% rH bei Nennbedingungen mit ALMEMO® 710 (neue Feuchterechnung)
Nennbedingungen	25°C ± 3°C, 1013 mbar, 50% rH
Genauigkeit im gesamten Messbereich	typ. ±1% rH bei 25°C ± 3 K, 1013 mbar, 10 bis 100% rH
Temperatur	
Temperaturfühler	2 mal Pt100 Schichtwiderstand
Genauigkeit	Klasse B, ALMEMO® justiert
Gehäuse, Kabel, Motor	
Ventilatorversorgung	12 V DC über Netzteil, Kabel ca. 1,5 m (in Lieferumfang enthalten)
Gehäuse	Kunststoff: PMMA
Gewicht	ca. 890 g
Kabel	FEP / Silikon, 5 m mit ALMEMO® Stecker
	2 Kabel / 2 Stecker

Abmessungen

Länge 175 mm,
Breite 50 mm,
Höhe 75 mm

Handhabung

Vorbereitung

Siehe ‚Handhabung/Vorbereitung‘ in Kapitel 3.4.2.2.

Messgenauigkeit erhöhen

Der herrschende Umgebungsdruck beeinflusst zum Teil erheblich den Betrag der Gasfeuchtekenngößen. Der FPA836-3 ist, im Gegensatz zum FNAD46 und zum FNAD46-3, nicht mit einem Luftdrucksensor im Stecker ausgerüstet. Um den Luftdruck dennoch in die Berechnung der Feuchtegrößen einfließen zu lassen, kann man auf die Luftdruckkompensation der ALMEMO® Messgeräte zurückgreifen. Der Luftdruck kann dabei von einem Druckfühler erfasst werden oder manuell am ALMEMO® Messgerät eingegeben werden.

Besonders bietet sich dafür das Präzisionsmessgerät ALMEMO® 710 an. Die Berechnung der feuchtetechnischen Größen erfolgt im ALMEMO® 710 auf Basis der Formeln von Dr. Sonntag unter Berücksichtigung des Enhancementfaktors nach W. Bögel (Korrekturfaktor $f_w(t,p)$ für reale Mischsysteme). Die Rechengrößen werden aus den drei Primärmesskanälen (realen Messgrößen) Trockentemperatur ($^{\circ}\text{C}$, t), Feuchttemperatur ($^{\circ}\text{C}$, t_w) und Luftdruck (P_a , p) bestimmt.

Bei Messung der Luftfeuchte mit dem FPA 836-3 am ALMEMO® 710 ergibt sich eine wesentlich höhere Genauigkeit für die aus den Primärmesskanälen berechneten feuchtetechnischen Größen und ein größerer Messbereichsumfang. Der digitale Luftdrucksensor zur Kompensation ist im Messgerät eingebaut.

Verschiedene Größen sind auswählbar: Relative Feuchte ($\%$, U_w), Taupunkttemperatur ($^{\circ}\text{C}$, t_d), Mischungsverhältnis (kg/kg , r), Absolute Feuchte (kg/m^3 , d_v), Wasserdampfpartialdruck (P_a , e'), Spezifische Enthalpie (J/kg , h).

Wartung

Siehe ‚Wartung‘ in Kapitel 3.4.2.2.

3.4.3 Taupunktsensoren

Messprinzipien

Zur Detektion des Taupunktes sind folgende Verfahren gebräuchlich:

Taupunkt-Spiegelmethode

Ein optisch überwachter Spiegel ist auf einem kaskadierten Peltier-Element montiert. Der Sensoreinheit ist jeweils ein Regelkreis nachgeschaltet, mit dem der Betriebsstrom des Kühlelements so geregelt wird, dass sich ein definiertes Kondensat einstellt. Die daraus resultierende Taupunkttemperatur wird direkt im Sensor gemessen und in auswertbarer Form ausgegeben.

CCC-Taupunktprinzip nach Heinze

Statt des gekühlten Spiegels befindet sich auf dem integrierten Sensorchip ein gekühlter Streufeldkondensator mit kapazitiver Kondensatdetektion (Condensate Controlled Capacitance), der auf einem Miniaturkühlelement montiert ist. Die aktive Sensorfläche, die mit dem Messmedium in Berührung steht, ist eine hygroskopisch neutrale verschleißfeste und chemisch beständige Isolierschicht, unter der sich der Streufeldkondensator befindet. Die Kapazität steigt nahezu sprunghaft, wenn sich Wasserkondensat bildet.

Der Sensoreinheit ist jeweils ein Regelkreis nachgeschaltet, mit dem der Betriebsstrom des Kühlelements so geregelt wird, dass sich ein definiertes Kondensat einstellt. Die daraus resultierende Taupunkttemperatur (eigentliche Messgröße ist die Sensoroberflächentemperatur) wird mit einem integrierten Temperatursensor gemessen und in auswertbarer Form ausgegeben.

Kapazitive Feuchtemessung

Bei kapazitiven Feuchtefühlern ist auf einem Substrat eine feuchteempfindliche Polymerschicht zwischen zwei Elektroden aufgebracht. Durch Wasserdampfaufnahme entsprechend der relativen Luftfeuchtigkeit ändert sich die Dielektrizitätskonstante und damit die Kapazität des Dünnschichtkondensators. Das Messsignal ist direkt proportional zur relativen Feuchte. Aus der relativen Feuchte und der Temperatur kann der Taupunkt rechnerisch ermittelt werden.

3.4.3.1 Taupunktsensor FHA 646-DTC1 und Taupunkttransmitter MT 8716-DTC1

Messprinzip

Der Taupunktsensor FHA 646-DTC1 arbeitet mit der kapazitiven Feuchtemessung, um den Taupunkt zu bestimmen.

Fühlereigenschaften

Ausstattung



Abb. 3.4.9
Taupunktsensor
FHA 646-DTC1 / Taupunkttransmitter
MT 8716-DTC1

Zum Schutz des Sensorelements wird der Sensor mit einem Edelstahlsinter-Filter ausgeliefert.

Der Taupunktsensor kann in zwei verschiedenen Ausführungen bestellt werden, als ALMEMO® Taupunktsensor mit 1,5 m Anschlussleitung und ALMEMO® Stecker und als Taupunkt-Transmitter mit Stromausgang inklusive Anschlussstecker.

Für beide ist eine aufschraubbare Messkammer zum Anschluss eines Taupunktsensors an Druckluftleitungen über einen Kugelhahn erhältlich (ZB 9646-DTCK).

Ausführungen

Bestellnummer	Bezeichnung	Messbereich	Ausgang	Anschluss
FHA 646-DTC1	ALMEMO® Taupunktsensor	-80°C bis +20°C DT Taupunkttemperatur	ALMEMO® Digital	ALMEMO® Stecker
MT 8716-DTC1	Taupunkt-Transmitter	-80°C bis +20°C DT Taupunkttemperatur	4 bis 20 mA/ -80 bis +20°C DT, 2-Draht	Transmitter-Stecker

Beide Ausführungen sind mit der Option OA 9646-DTCP für Prozessdruck bis 350 bar erhältlich.

Programmierung

nur für den FHA 646-DTC1

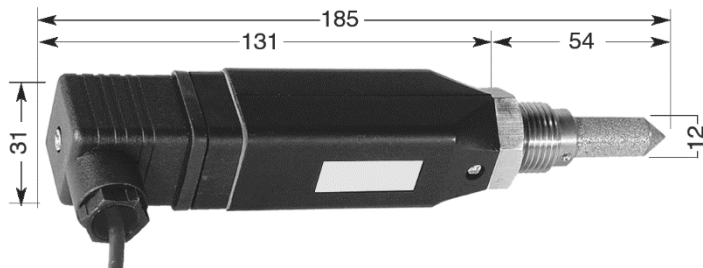
Kanal	Messgröße	Messbereich	Bereich	Dimension
1	Temperatur	-20,0 bis +70,0°C	DIGI	°C
2	relative Feuchte	0 bis 98,0% rH	DIGI	%H
3	Taupunkt	-80,0 bis +20,0°C DT	DIGI	°C

Technische Daten

Messbereich	-80°C bis +20°C DT Taupunkttemperatur
Messgenauigkeit	± 0,5°C von -10 bis +20°C DT typisch ± 2°C DT bei -40°C DT
Messkanäle (nur FHA 646-DTC1):	
Temperatur	-20,0 bis +70,0°C
relative Feuchte	0 bis 98,0% rH
Taupunkt	-80,0 bis +20,0°C DT
Arbeitstemperatur	-20 bis +70°C
Prozessanschluss	Einschraubgewinde G1/2" Edelstahl
Schutzkappe	Edstahlsinter-Filter
Druckbereich	-1 bis 50 bar Standard
Lagertemperatur	-40 bis 80°C
FHA 646-DTC1:	
Ausgang	ALMEMO® digital
Versorgungsspannung	über ALMEMO® Stecker, 5 mA
Anschluss	1,5 m mit ALMEMO® Stecker
MT 8716 DTC1:	
Ausgang	4 bis 20 mA / -80 bis +20°C in 2-Draht-Technik
Versorgungsspannung	10 bis 30 V DC, Bürde < 500 Ohm
Anschluss	Transmitterstecker
Gehäuse:	Material: Polycarbonat
Schutzart	IP65

Taupunktsensoren

Abmessungen



Handhabung

Vorbereitung

Die Taupunktmessgeräte können direkt in den Luftstrom eingebaut werden. Wir empfehlen jedoch generell eine aufschraubbare Messkammer zu verwenden. Dadurch wird eine schnelle Messung ohne Installationsaufwand gewährleistet.

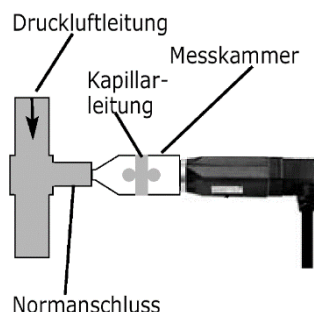
Direkt im Druckluftnetz

Fühler mit dem G 1/2"-Gewinde druckdicht mittig oder oben in die zu messende Druckluftleitung einschrauben. Darauf achten, dass dicht am Druckluftstrom gemessen wird. Bei Sackleitungen und nicht strömender Druckluft ergeben sich sehr lange Reaktionszeiten für den Feuchtemesswert. Es empfiehlt sich nach Trocknen der Druckluft und allen Bypassleitungen oder auch bei kritischen Druckluft-Verbrauchern die Installation durchzuführen.



Abb. 3.4.10 Taupunktsensor direkt im Druckluftnetz

Indirekt im Druckluftnetz



Fühler mit dem G 1/2"-Gewinde in die Messkammer einschrauben. Messkammer mit der Druckluftleitung über einen Kugelhahn und eventuell eine diffusionsdichte Anschlussleitung (max. 5 m) verbinden. Bei öl- und schmutzhaltiger Druckluft einen Vorfilter 40 µm vor der Messkammer installieren. Über die Kapillarleitung der Messkammer strömt kontinuierlich etwas Druckluft ab (bei 7 bar ca. 1 l/min expandiert). Die Reaktionszeiten für den Feuchtemesswert sind kürzer als bei der direkten Montage.

Vorteil: einfaches Einbauen und Ausbauen des Fühlers, schnelle Reaktionszeit

Abb. 3.4.11 Taupunktsensor in Messkammer

Bei besonders kritischen und kostenintensiven Produktionen empfehlen wir zur Sicherheit ein zweites Messgerät

zu installieren und mit der Option Schaltkontakt zu überwachen.

Messen

Allgemein kann die Feuchte in allen nicht korrosiv wirkenden Gasen gemessen werden. Bei korrosiven Gasen können bei Ahlborn Mess- und Regelungstechnik Informationen über den Einsatz des Taupunktsensors eingeholt werden.

Für präzise Messungen im Tieftaupunktbereich ($-30 \dots -80 \text{ }^{\circ}\text{C } t_d$) sollte die Messtemperatur des Gases möglichst bei Raumtemperatur (20 bis $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$) liegen. Oft ist z.B. bei Granulattrocknern oder anderen Anwendungen die Temperatur des Messgases höher z. B. 80 bis 120°C .

In diesem Fall empfehlen wir eine "Abkühlstrecke" aus feuchtigkeitsundurchlässigem Material vor die aufschraubbare Messkammer zu installieren. Ideal eignet sich hier eine PTFE-Leitung oder eine Kupferleitung, in der das heiße Gas aufgrund der Leitungslänge ideal ca. 2 bis 5 m auf Umgebungstemperatur gekühlt wird.

Normale Plastikschläuche dürfen nicht verwendet werden.

Die Taupunkttemperatur in $^{\circ}\text{C } t_d$ ändert sich beim Abkühlen nicht, da es sich um eine absolute Feuchtigkeitsangabe handelt, die wie andere Messgrößen, z.B. g/m^3 , temperaturunabhängig ist.

Fühlerschutz

Sicherheitshinweise

Vor Inbetriebnahme lesen!

Achtung: Druck von 50 bar bei Standardversion nicht überschreiten. Bei Sonderversion bis 350 bar.

Messbereiche des Messwertaufnehmers beachten!

Bei Überhitzung werden die Fühler zerstört.

Zulässige Lager- und Transporttemperatur sowie die zulässige Betriebstemperatur beachten (z. B. Messgerät vor direkter Sonneneinstrahlung schützen).

Bei Öffnen des Geräts, unsachgemäßer Behandlung oder Gewaltanwendung erlöschen die Gewährleistungsansprüche!

Einstell- und Kalibrierarbeiten nur durch qualifiziertes Personal aus der Mess- und Regeltechnik durchführen lassen.

Wichtig: Vor der Installation kurz Druckluft abströmen lassen um Kondensat und Partikel zu entfernen (verhindert die Verschmutzung des Sensors).

Stehende Luft führt zu langen Messzeiten.

3.5 Materialfeuchte

Grundlagen

Die Materialfeuchte spielt bei der Verarbeitung von Baustoffen, Holz und Papier wie auch der Beurteilung von Bodenqualitäten eine wichtige Rolle.

Sie kann mit sehr vielen Feuchtemessverfahren bestimmt werden. Die wichtigsten sind im Folgenden aufgezählt.

Direkte Messverfahren:	Indirekte Messverfahren:
<ul style="list-style-type: none"> • Gravimetrische Methode (Darr-Methode) • Calciumcarbid-Verfahren (analytisch) • Karl-Fischer-Verfahren 	<ul style="list-style-type: none"> • Mikrowellen-Messverfahren • Infrarotreflexion/-absorption • Luftfeuchteausgleichverfahren • Feuchtemessung mit TDR • Wellenausbreitungsgeschwindigkeit • Tensiometer (Bodenfeuchte, Kapillarkräfte im Boden) • Kapazitive Verfahren • Leitfähigkeitsmessverfahren

Kapazitive und Leitfähigkeitsmessmethoden eignen sich besonders für schnelle Vergleichsmessungen. Feuchtigkeitsunterschiede können zerstörungsfrei ermittelt und Problembereiche dadurch schnell erkannt werden.

Die Messwerte sind jedoch von verschiedenen Faktoren abhängig. Insbesondere Dichteschwankungen, unterschiedliche Inhaltsstoffe, Schwankungen in der Salzkonzentration bzw. Schichtdicke beeinflussen das Messergebnis. Die Messwerte dürfen deshalb normalerweise nicht als Absolutwerte interpretiert werden, es sei denn man verwendet immer das gleiche Material und führt zur Kalibrierung eine Referenzmessung durch.

Die Materialfeuchte kann durch verschiedene Kennwerte dargestellt werden:

Feuchtegehalt bzw. Wassergehalt

... ist das Verhältnis der Masse des im Stoff enthaltenen Wassers zur Masse des wasserfreien Stoffes.

$$u_m = \frac{m_w}{m_{tr}} = \frac{(m - m_{tr})}{(m - m_w)}$$

Soll der Feuchtegehalt in % ausgedrückt werden, muss der Wert von u_m mit 100 multipliziert werden.

Feuchtegehalt volumenbezogen

... ist das Verhältnis des Volumens des im Stoff enthaltenen Wassers zum Volumen des wasserfreien Stoffes.

$$u_v = \frac{V_w}{V_{tr}} = \frac{m_w}{\rho_w \cdot V_{tr}} = \frac{u_m \cdot m_{tr}}{\rho_w \cdot V_{tr}} = u_m \cdot \frac{\rho_{tr}}{\rho_w}$$

Die Dichte von Wasser ist $\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Feuchteanteil bzw. Wasseranteil

... ist das Verhältnis der Masse des im Stoff enthaltenen Wassers zur Gesamtmasse des Stoffes.

$$\psi_m = \frac{m_w}{m} = \frac{(m - m_{tr})}{(m_w + m_{tr})}$$

Kapazitive Materialfeuchtefühler

Feuchteanteil volumenbezogen

... ist das Verhältnis des Volumens des im Stoff enthaltenen Wassers zum Gesamtvolumen des Stoffes.

$$\psi_V = \frac{V_w}{V} = \frac{m_w}{V \cdot \rho_w} = \frac{\psi_m \cdot m}{\rho_w \cdot V} = \psi_m \cdot \frac{\rho}{\rho_w}$$

Die Dichte von Wasser ist $\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Trockenmasseanteil

... ist das Verhältnis der Trockenmasse zur Gesamtmasse.

$$T = \frac{m_{tr}}{(m_{tr} + m_w)} = \frac{1}{1 + \frac{m_w}{m_{tr}}} = \frac{1}{1 + u_m} \approx 1 - u_m$$

für $u_m < 1$

m_w = Masse des Wassers in kg

m_{tr} = Masse des wasserfreien Stoffes (Masse des trockenen Materials) in kg

m = Gesamtmasse der Probe (Masse des feuchten Materials) in kg

V_w = Volumen des Wassers in m^3

V_{tr} = Volumen des wasserfreien Stoffes (Volumen des trockenen Materials) in m^3

V = Gesamtvolumen der Probe in m^3

ρ = Dichte der Probe in kg/m^3

ρ_{tr} = Dichte der wasserfreien Probe in kg/m^3

ρ_w = Dichte von Wasser (1000 kg/m^3)

Normung

Für absolut genaue Messungen ist die Trockenschrank- bzw. Darr-Methode unerlässlich. Dabei wird eine Materialprobe entnommen, gewogen und im Trockenschrank getrocknet, bis keine Gewichtsveränderung mehr feststellbar ist. Aus dem Gewichtsunterschied kann nun der Feuchtegehalt genau berechnet werden.

Definition der Rohdichte:

Die Größe Rohdichte wird zur Angabe der Dichte eines porösen Stoffes benutzt. Dichte wird aus dem Verhältnis der Masse eines Stoffes zu seinem Volumen berechnet. Im Fall der Rohdichte zählt zum Volumen des Stoffes auch das Volumen der in ihm enthaltenen Eigen- bzw. Zellporen.

Die Rohdichte ist eine der wichtigen Kenngrößen für die Beurteilung von Festigkeit, Wärmeleitfähigkeit und Wasserdurchlässigkeit u.a. von Baustoffen.

3.5.1 Kapazitive Materialfeuchtefühler

Messprinzip

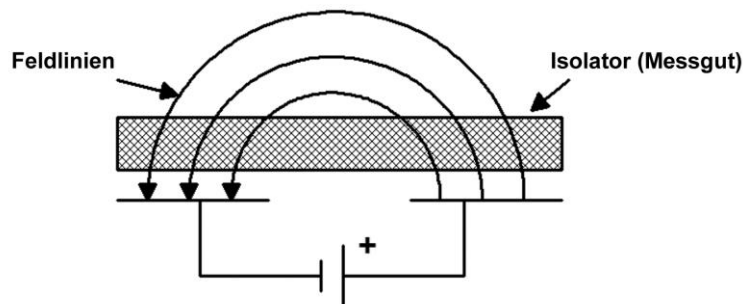


Abb. 3.5.1

Illustration der Arbeitsweise eines kapazitiven Materialfeuchtefühlers

Die kapazitiven Materialfeuchtefühler arbeiten wie ein offener (aufgeklappter) Kondensator (siehe Abbildung 3.5.1).

Ein hochfrequentes elektrisches Feld durchdringt das zu messende Material und erzeugt ein Spannungssignal.

Die Kapazität des Kondensators und damit auch das von diesem Feld erzeugte Spannungssignal hängen von der Dielektrizitätskonstanten des Stoffes zwischen den Platten ab.

Da Wasser im Vergleich zu anderen Stoffen eine vergleichsweise hohe Dielektrizitätskonstante (Wasser: $\epsilon_r = 80$, Luft: $\epsilon_r = 1$, Papier: $\epsilon_r = 3,7$) aufweist, kann das Spannungssignal zur Bestimmung des Wassergehalts eines feuchten Materials eingesetzt werden.

Auswahl, Produktübersicht

Produkt	Messbereich	Materialien	Ausführung
FHA 696-MF	0 bis 50% Feuchte	Mineralische Baustoffe, Hölzer, Papier und Pappe	Handfühler mit Griff
FHA 696-MFS1	0 bis 50% Feuchte	Holz	zum stationären Einbau
FHA 696-GF1	0,0 bis 99,9% Wassergehalt in Gewichtsprozent H ₂ O	Granulate wie Holzhackschnitzel, Pellets, Sägespäne, Getreide	Handfühler

Anwendungsbereiche

Die kapazitive Bestimmung der Materialfeuchte ist eine einfache und schnelle Messtechnik, die auch im Langzeiteinsatz möglich ist und eine zerstörungsfreie Berührungsmessung ermöglicht.

FHA 696-MF	Handmessung der Feuchtigkeit in mineralischen Baustoffen, Hölzern und Pappe
FHA 696-MFS1	Stationärer Einbau und Langzeitmessungen, z.B. von Gebäude-Holzkonstruktionen, Dachkonstruktionen (u.a. mit Leimbinderträgern)
FHA 696-GF1	Bestimmung der Feuchtigkeit in Holzhackschnitzeln, Holzpellets, Sägespänen, Getreide und anderen Wasser aufnehmenden Granulaten

3.5.1.1 Materialfeuchtefühler FHA 696-MF

Fühlereigenschaften

Ausstattung



Abb. 3.5.2
Materialfeuchtefühler FHA 696-MF

Der Fühler besitzt drei verschiedene Anzeigebereiche für mineralische Baustoffe, Hölzer und Papier.
Er ist mit einem 1,5 m langen Kabel mit ALMEMO® Stecker ausgerüstet. Zwei Testblöcke zur Justierung sind erhältlich.

Ausführungen

Bestellnummer	Messbereich	Auflösung	Einsatzbedingungen	Einsatz
FHA 696-MF	0 bis 50% Feuchtegehalt Holz, massebezogen	0,1%	0 bis 60°C	Handfühler

Programmierung

Für die Materialarten mineralische Baustoffe, Holzarten, Papier und Pappe sind 3 Messkanäle eingerichtet. Sie sind individuell abgeglichen und mit einer charakteristischen Dimension versehen.

Messkanal	Bereich	Auflös.	Dim	Exp.	Basiswert
1. Mineralische Baustoffe	d2600	0,1%	B%	3	kann entsprechend dem Material eingestellt werden, siehe Handhabung/Vorbereitung
2. Holzarten	d2600	0,1%	H%	3	
3. Papier und Pappe	d2600	0,1%	P%	3	

Technische Daten

Messverfahren	kapazitiv
Auflösung	0,1%
Messbereich	0 bis 50% Feuchte, massebezogen
Anzeigebereich	Mineralische Baustoffe: 0 bis 20% Feuchtegehalt Hölzer: 0 bis 50% Feuchtegehalt Papiere: 0 bis 20% Feuchteanteil
Nenntemperatur	15 bis 25°C
Einsatzbereich	0 bis +60°C
Lagertemperatur	-20 bis +80°C
Gehäuse	Kunststoffgriff
Anschlussblock	Aluminium/Kunststoff
Messkamm	nichtrostender Federstahl
Gewicht	260 g
Signalausgang	0 bis 2 V
Spannungsversorgung	8 bis 12 V
Stromverbrauch	ca. 7 mA

Abmessungen

Gehäuse 40 mm Ø, 130 mm lang
Anschlussblock 20 x 25 x 70 mm,
Messkamm 0,5 mm, 70 x 35 mm

Handhabung

Messgenauigkeit erhöhen

Für die Materialarten mineralische Baustoffe, Holzarten, Papier und Pappe sind, wie unter ‚Programmierung‘ gezeigt, drei Messkanäle eingerichtet.

Entsprechend des zu messenden Materials (z.B. Holz) wählt man den richtigen Kanal aus. Für die verschiedenen Materialien innerhalb einer Gruppe (im Fall von Holz z.B. Balsa, Fichte, Pappel, Ahorn...) kann dann noch zur Erhöhung der Genauigkeit ein materialspezifischer Korrekturwert eingestellt werden.

Dieser Korrekturwert besteht aus einem Offset, der in den Basiswert des entsprechenden Kanals im ALMEMO® Steckers programmiert wird. Im Fall von Hölzern der Gruppe H8 (Ebenholz, Schlangenhholz,...) kommt dazu noch ein Wert hinzu, der in die Steigung geschrieben werden muss.

Mineralische Baustoffe

Gruppe	Material	Basiswert
B1	Ytong	0,0
B2	Ziegel, Putz, Wandfliesen	2,5
B3	Sand, Zement, Eternitplatten, Bodenplatten, Anhydrit-Estrich	5,0
B4	Zementestrich, Beton	6,0
B5	Marmor	7,0

Kapazitive Materialfeuchtefühler

Holzarten

Gruppe	Material	Basiswert
H1	Balsa	0,0
H2	Abachi, Samba	1,0
H3	Fichte, Gabun, Ilomba, Lauan, Meranti hell, Oregon, Pappel, Red-Pine, Tanne	2,0
H4	Carolinapine, Kiefer, Limba, Linde, Rosskastanie, Silberweide, Zeder	3,0
H5	Ahorn, Birke, Buche, Esche, Kirsch, Nuss, Pitch-Pine, Roteiche, Ramin, Sipo, Teak, Ulme	4,0
H6	Apfel, Birne, Stiel- und Traubeneiche, Zebrano, Meranti dunkel, Merbau, Padouk, Weißbuche	5,0
H7	Hartfaserplatte, Jarrach, Keruing, Macore, Mahagoni, Red Balau, Wenge	6,0
H8	Bongossi, Cocobolo, Ebenholz, Schlangenhholz Bei dieser Gruppe muss außer dem Basiswert auch die Steigung auf 0.9 geändert werden!	7,0

Papier und Pappe:

Gruppe	Material	Basiswert
P1	Filterpapier, Seidenpapier	2,0
P2	Halbzellstoff, Krepp-Papier, Schrenzpapier, Testliner	2,5
P3	Verpackungspapier, Wellenpapier	3,5
P4	Kraftpapier	4,5
P5	Offsetpapier	5,5

Basiswert programmieren

Die Programmierung kann wie folgt vorgenommen werden:

1. Mit der Messstellenauswahltaste einen der drei Kanäle für die gewünschte Materialart (z.B. Kanal 2 mit H% für Hölzer) wählen.
2. Funktion BASIS anwählen.
3. Gewünschten Basiswert programmieren. Die Eingabe einer Steigungskorrektur erfolgt nach dem gleichen Schema (nötig z.B. für Gruppe H8, siehe oben).

Nullpunktkorrektur

Da die Umgebungsbedingungen die kapazitive Messung der Materialfeuchte stark beeinflussen, sollte der Nullpunkt vor jeder Messung überprüft und bei Bedarf korrigiert werden.

1. Sonde frei in die Luft halten. Das Messgerät muss den eingestellten BASISWERT als negativen Messwert anzeigen.
2. Ist das nicht der Fall, nacheinander die Tasten EINGABE, \pm drücken, um den Messwert zu korrigieren.

Überprüfung

Zur Überprüfung des Fühlerabgleiches gibt es 2 Justiermodule:

- ZB 9696-PE05 für den Baustoffkanal
- ZB 9696-PE30 für den Holz- und Papierkanal

Sie bestehen aus einem Kunststoff, dessen dielektrische Eigenschaft bei 0°C bis 30°C über Jahre hinaus konstant bleiben.

Prüfbedingungen

Die Überprüfung der Fühler mit dem Justiermodul sollte in einem geschlossenen Raum bei einer Zimmertemperatur zwischen 15°C und 25°C erfolgen. Messgerät, angeschlossener Fühler und Justiermodul müssen mindestens 1 Stunde in diesem Raum gelagert werden, bevor die Prüfung durchgeführt werden kann. Der Fühler muss sauber und trocken sein.

Justieranleitung

1. Programmierte Basiswerte löschen.
2. Justiermodul mit der Aluminium-Seite nach unten auf einen Tisch legen.
3. Zur Messung des Nullpunktes, Sonde in die Luft halten. Die entsprechende Ausgangsspannung wird gemessen. Zeigt das Messgerät einen anderen Wert als Null an, nacheinander die Tasten EINGABE, ± drücken, um den Messwert zu korrigieren.
4. Fühler wie in der Abbildung gezeigt auf das Justiermodul drücken (Anpresskraft ca. 10 N). (Siehe Anleitung in ‚Messen‘ unten.)
5. Die nun auftretende Ausgangsspannung, abzüglich des ermittelten Nullpunktwertes, ist ein Maß für die Empfindlichkeit des Fühlers.

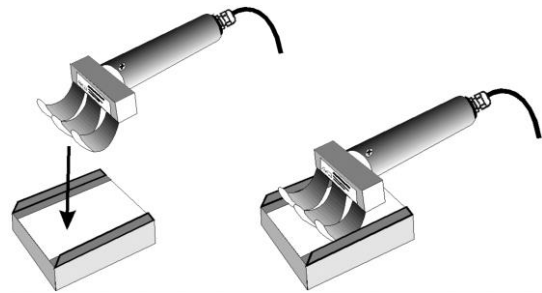


Abb. 3.5.3
Materialfeuchtefühler FHA 696-MF mit Testblock

6. Wenn der Basiswert gelöscht ist, müssen beim Aufsetzen der Sonde folgende Kontrollwerte angezeigt werden:
Im 1. Kanal Mineralische Baustoffe auf Testblock PE05: 9,0 B%
Im 2. Kanal Holzarten auf Testblock PE30: 12,0 H%
Im 3. Kanal Papier und Pappe auf Testblock PE30: 8,5 P%
7. Sollte der Kontrollwert grob vom Sollwert abweichen, dann kann mit der Funktion Steigungskorrektur (SK) der Korrekturfaktor eingegeben werden, oder im Werk der Abgleich erneuert werden.

Messen

1. Messgerät einschalten.
2. Mit der Messstellenumschaltertaste die Materialart Baustoffe B%, Holz H% oder Papier P% einstellen.
3. Zur Änderung der Materialgruppe BASISWERT, gegebenenfalls die STEIGUNGSKORREKTUR entsprechend eingeben.

Kapazitive Materialfeuchtefühler

4. Nullpunkt überprüfen und gegebenenfalls korrigieren.
5. Fühler mit dem Sensor so auf das Material auflegen, dass die Messung quer zur Struktur des Materials (z.B. Maserung des Holzes) erfolgt.
6. Zur Messung den Kunststoff-Haltegriff am hinteren Ende anfassen. Um eine Beeinflussung der Messung zu vermeiden, soll die Hand nicht in die Nähe des Sensorkopfes kommen, bzw. diesen nicht berühren.
7. Messwert ablesen, zum Festhalten des Maximalwertes kann die Funktion MAXWERT des Messgerätes nützlich sein.

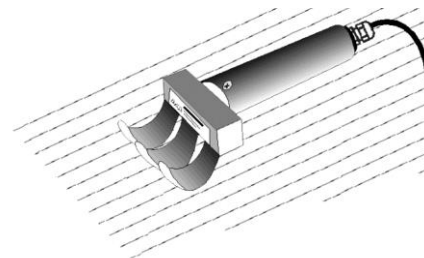


Abb. 3.5.4 Illustration der Positionierung eines FHA 696-MF in Bezug zur Maserung des Holzes

Eindringtiefe des Messfeldes

Die Eindringtiefe des Messfeldes in das zu messende Material beträgt ca. 25 mm, wobei die Feuchtigkeit auch tiefer liegender Schichten mit erfasst wird.

Für Materialien, die dünner als 25 mm sind (Sperrholz, Rigipsplatten, Papier), ist die Empfindlichkeit der Sonde zu gering (d.h. der Messwert ist zu niedrig), man kann jedoch Vergleichsmessungen vornehmen. Um die Feuchtigkeit in dünnem Material genau zu bestimmen, muss am Stapel bzw. an der Rolle gemessen werden. Metallplatten sind als Unterlagen zu vermeiden, da sonst der Messwert durch die Tiefenwirkung verfälscht wird.

Da Materialfaktoren wie Schichtdicke, Materialdichte, Trocknungsumstände bei jeder Anwendung anders sind, ist es generell nicht möglich, den tatsächlichen Feuchtigkeitsgehalt eines Materials auf einer großen Fläche exakt zu bestimmen.

Aufgrund unterschiedlichster Voraussetzungen vor Ort, die wir nicht kennen, kann aus Folgeschäden kein Haftungsanspruch gegen uns abgeleitet werden.

3.5.1.2 Materialfeuchtefühler für Holz FHA 696-MFS1

Fühlereigenschaften

Ausstattung



Abb. 3.5.5 Materialfeuchtefühler FHA696MFS1

Das kapazitive Sensorelement ist zusammen mit seiner Messtechnik vollständig in einem feuchtigkeitsgeschützten Fühlergehäuse integriert. Das Fühlergehäuse kann ohne großen Aufwand auf eine Holzoberfläche montiert werden.

Am Gehäuse kann ein ALMEMO® Anschlusskabel angesteckt werden. In dessen ALMEMO® Stecker ist eine Linearisierungskurve gespeichert, aufgrund derer die Materialfeuchte vom ALMEMO® Gerät bestimmt wird.

Ausführungen

Bestellnummer	Messbereich	Auflösung	Einsatzbedingungen	Einsatz
FHA 696-MFS1	0 bis 50% Feuchtegehalt Holz, massebezogen	0,1% Feuchtegehalt	0 bis 80°C, Luftfeuchte 0 bis 90% rH	stationär

Technische Daten

Messverfahren	kapazitiv
Messbereich	0 bis 50% Feuchtegehalt Holz, massebezogen (bei 23°C)
Auflösung	0,1% Feuchtegehalt
Wiederholbarkeit	±1% Feuchtegehalt
Nenntemperatur	23°C ± 2 K
Einsatzbedingungen	0 bis 80°C, Luftfeuchte 0 bis 90% rH (nicht betauend, kein Eis)
Lagertemperatur	-20 bis 80°C
Gehäuse	Kunststoff
Signalanschluss	Einbaustecker
Schutzart	Gehäuse und Steckverbindung: IP64
ALMEMO® Anschlusskabel	Kupplung, PVC-Kabel 5 m
ALMEMO® Stecker	Linearisierung für Holz, im ALMEMO® Stecker gespeichert, für aktuelle ALMEMO® Geräte ab Version 6
Versorgungsspannung	über ALMEMO® Stecker (5 V)
Stromverbrauch	ca. 7 mA

Abmessungen

Gehäuse: L 51 x B 53 x H 36 mm

Handhabung

Messen

Die Eindringtiefe des Messfeldes in das zu messende Material beträgt ca. 25 mm, wobei die Feuchtigkeit auch tiefer liegender Schichten mit erfasst wird.

Der Sensor ist für den stationären Einbau und Langzeitmessungen geeignet. Es kann für den Datenloggerbetrieb im stromsparenden Sleepmode (Intervallbetrieb) eingesetzt werden.

3.5.1.3 Materialfeuchtefühler FHA 696-GF1 zur Bestimmung des Wassergehaltes von Granulaten

Messprinzip

Das Sensorelement des Gerätes berührt das zu messende Material, damit ein hochfrequentes elektrisches Feld das Material durchdringen kann. Ein Mikroprozessor empfängt die Messsignale und ermittelt aus dem Messwert unter Berücksichtigung der eingestellten Materialkurve den durchschnittlichen prozentualen Wassergehalt.

Grundlagen

Es gibt eine Reihe von Methoden, um die Materialfeuchte bzw. den Wassergehalt von Granulaten mehr oder weniger genau zu messen, wie z.B. die Hygroskopische Methode, das Destillationsverfahren oder das Titrationsverfahren nach Karl Fischer.

Holzfeuchte und Wassergehalt

Eine ebenfalls sehr genaue Bestimmung erlaubt das sogenannte Darrverfahren:

Eine Holzprobe wird entnommen und gewogen. Anschließend wird sie bei einer Temperatur von $103 \pm 2^\circ\text{C}$ möglichst in einem ventilierten Ofen bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Durch die Bestimmung des durch die

Kapazitive Materialfeuchtefühler

Trocknung eingetretenen Gewichtsverlustes wird die Wassermenge festgestellt, die ursprünglich im Holzkörper vorhanden war.

Für die Praxis relevant sind die elektrischen Holzfeuchtemessverfahren, bei denen entweder der ohmsche Widerstand oder die dielektrischen Eigenschaften des Materials ausgenutzt werden, z.B. Wasser ($\epsilon_r = 80$) und Holz ($\epsilon_r = 1$ bis 7). Hierbei muss die Rohdichte des zu messenden Holzes berücksichtigt werden, zudem beeinflussen der Faserverlauf zwischen den Elektroden oder auch die Eindringtiefe der Elektroden bei beiden Verfahren die Messergebnisse.

Definition Holzfeuchte

$$u = \frac{m_{\text{Wassermasse im Holz}}}{m_{\text{Trockenmasse im Holz}}}$$

Zur Berechnung der Holzfeuchte in % muss der Wert von u mit 100 multipliziert werden.

Bei frischem oder nassem Holz kann die Holzfeuchte weit über 100% betragen (siehe Beispiel 2).

Beispiel 1:

Einer Holzprobe mit einer Masse („Gewicht“) von 100 g werden 40 g Wasser entzogen. Danach wiegt die Holzprobe nur noch 60 g. Es liegt also ein Verhältnis von 40 g entzogenem Wasser: 60 g Restgewicht Holz vor.

Nach der Formel

$$u = \frac{m_{\text{Wassermasse im Holz}}}{m_{\text{Trockenmasse des Holzes}}} = \frac{40}{60} = 0,6667$$

beträgt bei dieser Holzprobe die Feuchte 66,67 %.

Beispiel 2:

Einer Holzprobe mit einer Masse („Gewicht“) von 100 g werden 60 g Wasser entzogen. Danach wiegt die Holzprobe nur noch 40 g. Es liegt also ein Verhältnis von 60 g entzogenem Wasser: 40 g Restgewicht Holz vor.

Nach der Formel

$$u = \frac{m_{\text{Wassermasse im Holz}}}{m_{\text{Trockenmasse des Holzes}}} = \frac{60}{40} = 1,5$$

beträgt bei dieser Holzprobe die Feuchte 150 %.

Definition Wassergehalt

$$w = \frac{m_{\text{Wassermasse im Holz}}}{m_{\text{Gesamtmasse des feuchten Holzes}}}$$

Zur Berechnung des Wassergehalts in % muss der Wert von w mit 100 multipliziert werden.

Der prozentuale Wassergehalt kann im Gegensatz zum prozentualen Holzfeuchtegehalt immer nur einen Wert < 100 % annehmen.

Unterschiedliche Bedeutung von Holzfeuchte und Wassergehalt

In der Praxis darf die Holzfeuchte nicht mit dem Wassergehalt verwechselt oder gar gleichgesetzt werden. Während sich die Holzfeuchte auf das Darrgewicht (absolut trockenes Holz) bezieht, beruht der Wassergehalt auf dem Verhältnis von Wasseranteil und Nassgewicht des Holzes (Gesamtmasse des feuchten Holzes).

Mit einfachen Formeln kann der Wassergehalt aus der Holzfeuchte und umgekehrt errechnet werden.

Wassergehalt w aus Holzfeuchte u:

$$w = \frac{u}{1 + u}$$

Oder Wassergehalt in % (w%), aus Holzfeuchte in % (u%):

$$w_{\%} = \frac{u_{\%}}{100 + u_{\%}} \cdot 100$$

Holzfeuchte u aus Wassergehalt w:

$$u = \frac{w}{1 - w}$$

Oder Holzfeuchte in % (u%), aus Wassergehalt in % (w%):

$$u = \frac{w_{\%}}{100 - w_{\%}} \cdot 100$$

Normung

Das Darrverfahren ist die einzige Methode, die genormt ist (DIN 52 183) und somit auch als Kalibriermethode für die anderen Methoden Verwendung findet.

Seit 2011 ist eine EU-Norm gültig, die für eine einheitliche Regelung der Pelletqualitäten sorgt. Die EU-Norm ‚Pellets EN 14961-2‘ löst die DIN-Normen, Ö-Normen und individuellen Regelungen auf den einzelnen Pelletmärkten europaweit ab.

Heizwert

Der Heizwert von Holz ergibt sich aus dem Heizwert der in ihm enthaltenen Trockenmasse, von welchem die Energie abgezogen werden muss, die zum Verdampfen des Wasseranteils benötigt wird. Diese beträgt 0,63 Kilowattstunden je kg Wasser.

Physikalische Einheiten der Energie (Heizwert)

1 MJ/kg = 1000 kJ/kg; 1 MJ = 0,27778 kWh bzw. 1kWh = 3,6MJ

Fühlereigenschaften



Abb. 3.5.6
Materialfeuchtefühler FHA 696-GF1
für Granulate

Ausstattung

Der Fühler besteht aus einem Sensorkopf, drei Verlängerungen zum Anschrauben, einem Endstück und einem Anschlusskabel von 2 m Länge mit ALMEMO® Stecker.

Ein Transportkoffer ist in der Lieferung enthalten.

Kapazitive Materialfeuchtefühler

Ausführungen

Artikelnummer	Messbereich	Auflösung	Einsatztemperatur	Messradius
FHA696GF1	0,0 bis 99,9% Wassergehalt in Gewichtsprozent H ₂ O	0,1% Feuchtegehalt	5 bis 40°C	ca. 10 cm um den Sensor

Programmierung

Der Fühler FHA 696-GF1 wird mit einer Programmierung für Holzhackschnitzel ausgeliefert. Auf Kundenwunsch ist aber auch eine Programmierung für Messungen mit Pellets möglich.

	Kanal	Messgröße	Bereich	Dim	Kommentar	Faktor	Basis	Exp
Holzhackschnitzel	1	Mat. Feuchte	D2.6	%	Holz 3	0,1833	-27,3	3
Pellets	1	Mat. Feuchte	D2.6	%	Pellets	0,0905	-11	3

Technische Daten

Messprinzip	kapazitiv
Messbereich	0,0 bis 99,9% Wassergehalt in Gewichts % H ₂ O, massebezogen
Auflösung	0,1%
Messradius/Eindringtiefe	ca. 10 cm um den Fühler
Materialtemperaturbereich	5 bis 40°C
Arbeitstemperaturbereich	5 bis 40°C
Lagertemperaturbereich	-20 bis 70°C
Gewicht	300 g
Signalausgang	ALMEMO® (Spannung)
Stromversorgung	5 V vom ALMEMO® Messgerät
Stromverbrauch	ca. 5 mA
Kabelanschluss	Einbaustecker am Fühlerkopf
Kabel	PVC, Länge = 2 m, mit ALMEMO® Stecker, das Kabel wird durch die Verlängerungsrohre und das Endstück geführt

Abmessungen

Fühlerkopf d = 22 mm, L = 200 mm Spitze gerundet
Verlängerung, zum Anschrauben d = 18 mm, L = 300 mm
Endstück Kunststoff d = 22 mm, L = 30 mm

Handhabung

Überprüfung

Eine Überprüfung des Fühlers erscheint sinnvoll:

- bei mechanischer Beschädigung
- nach Einsatz unter extremen Bedingungen (z.B. hohe Temperaturen)
- bei nicht plausiblen Messergebnissen

Zur Überprüfung des Fühlerabgleiches ist der Testblock ZB 9696-PE22 erhältlich.

Messen



Abb. 3.5.7
Messen mit Fühler FHA 696-GF1

Bei der Messung ist darauf zu achten, dass der Messradius bzw. die Eindringtiefe des Sensors ca. 10 cm beträgt. Das Messgut sollte optimal verdichtet sein (schütteln). Für reproduzierbare Ergebnisse sollte immer gleich tief eingestochen werden.

Fühlerschutz

- Bedienungsanleitung beachten
- Den Fühler ausschließlich entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch verwenden
- Kontakt des Fühlers mit spannungs- und stromführenden Teilen meiden.
- Den Fühler vor Nässe schützen
- Den Fühler vor Stoß schützen
- Den Fühler vor Wärmequellen schützen
- Reparatur und Wartung nur durch einen qualifizierten Fachmann
- Den Fühler vor elektrostatischen Entladungen schützen

Schäden, die durch Missachtung oben genannter Hinweise verursacht werden, sind vom Garantieanspruch ausgenommen.

3.5.2 Materialfeuchtefühler, mit dem Leitwertprinzip arbeitend

Messprinzip

Bei der Messung mit diesen Fühlern wird die Feuchtigkeitsabhängigkeit des elektrischen Widerstandes zur Bestimmung der Materialfeuchte ausgenutzt. Über metallene Sonden, die in das Holz eingeführt werden, wird der elektrische Widerstand gemessen und zur Materialfeuchte in Beziehung gesetzt.

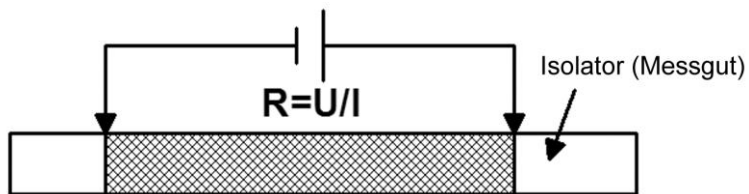


Abb. 3.5.8
Illustration der Arbeitsweise eines
nach dem Leitwertprinzip arbeitenden Ma-
terialfeuchtefühlers

Auswahl, Produktübersicht

Produkt	Messbereich	Materialien	Ausführung
FHA 636-MF	7 bis 30% Feuchtegehalt massebezogen	Holz	Handfühler mit Griff
FHA 636-MFS1	5 bis 50% Feuchtegehalt massebezogen	Holz	zum stationären Einbau
FHA 636-WD	< 10% kein Wasser vorhanden, > 10% Wasser vorhanden	verschiedene Materialien, zur Detektion von ungebundenem Wasser	Handfühler mit Griff

Anwendungsbereiche

- FHA 636-MF Handmessung der Feuchtigkeit in Hölzern
- FHA 636-MFS1 Stationärer Einbau und Langzeitmessungen, z.B. von Gebäude-Holzkonstruktionen, Dachkonstruktionen (u.a. mit Leimbinderträgern)
- FHA 636-WD Besonders geeignet für Einsatz im Bauhandwerk
für Kontrollmessungen an nicht einsehbaren Stellen, z.B. an Dichtfugen, unter Estrich usw.

3.5.2.1 Leitwertfühler speziell für Holzfeuchte FHA 636-MF

Fühlereigenschaften



Abb. 3.5.9
Leitwertfühler zur Messung der Holzfeuchte
FHA 636-MF

Ausstattung

Im Fühlerhandgriff ist ein Mikroprozessor eingebaut, der aus dem Messsignal die Materialfeuchte in Gewichtsprozent berechnet.

Der Fühler besteht aus einem runden schwarzen Kunststoffgehäuse, an dem 2 Spannzangen angebracht sind.

Ausführungen

Bestellnummer	Messbereich	Einsatztemperatur	Ausführung
FHA636MF	7 bis 30% Feuchtegehalt massebezogen	0 bis 60°C	Handfühler mit Griff

Programmierung

Messgröße	Messbereich	Auflösung	Bereich	Dim	Exp
Holzfeuchte	7,0 bis 30,0	0,1%	d2600	%	3

Technische Daten

Messverfahren	Leitwertprinzip
Messbereich	7 bis 30% Feuchtegehalt massebezogen
Wiederholgenauigkeit	± 1%
Nenntemperatur	23°C ± 2°C
Einsatztemperatur	0 bis +60°C
Lagertemperatur	-20 bis +80°C
Messspitzen	nichtrostender Stahl, nicht isoliert
Gehäuse	Kunststoffgriff
Gewicht	260 g
Signalausgang	0 bis 2V
Spannungsversorgung	7,5 bis 12 V
Stromverbrauch	max. 10 mA

Abmessungen

Gehäuse: Ø 40mm, 130mm lang
Messspitzen Ø 3 mm, 50 mm lang

Handhabung

Vorbereitung

Auswechseln der Elektroden

Falls sich die Elektroden verbogen haben oder wegen Oberflächenfeuchtigkeit auf dem Holz PTFE isolierte Elektroden benutzt werden sollen, können sie wie im Folgenden beschrieben ausgetauscht werden:

Das Spannfutter der Elektroden-Messspitzen sollte mit einem Gabelschlüssel (Spannweite 7 mm) gehalten werden. Mit einem zweiten Gabelschlüssel (Schlüsselweite 7 mm) kann nun die Spannmutter gelöst werden. Damit wird ein Verdrehen des Spannfutters und eine Beschädigung des Fühlergriffes vermieden.

Die Elektrode kann nun gewechselt werden. Beim Aufziehen der Spannmutter muss wieder darauf geachtet werden, dass sich das Spannfutter im Gehäuse nicht dreht.

Messgenauigkeit erhöhen

Justierung des Fühlers

1. Sonde in die Luft halten (kein Material an den Elektroden) und Kontrollwert bestimmen. Der Sollwert beträgt für Messungen in Luft 7,0%.
2. Zur Kalibrierung Eichwiderstand mit 1 G Ω anschließen und Kontrollwert bestimmen. Der Sollwert beträgt mit Referenzwiderstand 12,0%
3. Sollte der Kontrollwert grob vom Sollwert abweichen, dann kann mit der Funktion STEIGUNGSKORREKTUR (SK) der Korrekturfaktor eingegeben werden oder der Abgleich im Werk erneuert werden.

PTFE-isolierte Messspitzen zur Verwendung bei Oberflächenfeuchtigkeit

Zur Vermeidung von Fehlmessungen bei Oberflächenfeuchtigkeit gibt es PTFE-isolierte Messspitzen:

1 Stück ZB 9636-MFST (je Fühler werden 2 Stück benötigt)

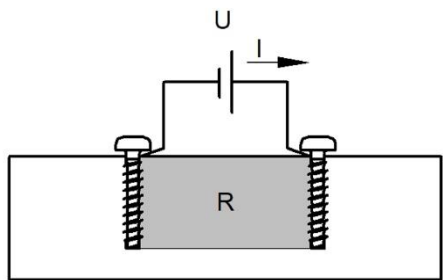
Messen

Bei der Messung muss darauf geachtet werden, dass die Elektroden während der Messung in das zu messende Material eingedrückt werden.

1. Elektroden des Fühlers so in das Material eindrücken, dass die Messung quer zur Struktur des Materials (Holzmaserung) erfolgt.
2. Messgerät einschalten.
3. Messwert ablesen. Zum Festhalten des Maximalwertes kann die Funktion MAXWERT des Messgerätes nützlich sein.

3.5.2.2 Holzfeuchtefühler für Langzeitmessungen FHA 636-MFS1

Messprinzip



Der ALMEMO® Holzfeuchtefühler arbeitet nach dem Leitwertprinzip. Dabei wird die Feuchtigkeitsabhängigkeit des elektrischen Widerstandes zur Bestimmung der Materialfeuchte ausgenutzt.

Die im Lieferumfang enthaltenen Edelstahl-Stockschrauben werden in das Holz eingeschraubt und der elektrische Widerstand zwischen ihnen gemessen. Der im Elektronikgehäuse eingebaute Mikroprozessor berechnet daraus die Holzfeuchte in Gewichtsprozent.

Abb. 3.5.10 Messprinzip Holzfeuchtefühler

Fühlereigenschaften



Abb. 3.5.11
Holzfeuchtefühler
zum stationären Einbau FHA 636-MFS1

Ausstattung

Der Fühler wird mit zwei Stockschrauben und zwei Messleitungen ausgeliefert. Am Gehäuse kann ein ALMEMO® Anschlusskabel angesteckt werden.

Der Leitwert ist temperaturabhängig. Mit dem eingebauten Temperatursensor wird der angezeigte Feuchtwert automatisch temperaturkompensiert.

Ausführung

Bestellnummer	Messbereich	Auflösung	Einsatztemperatur	Ausführung
FHA636MFS1	5 bis 50% Feuchtegehalt massebezogen	0,2% Feuchtegehalt	0 bis 80°C	Fühler zum stationären Einbau

Materialfeuchtefühler, mit dem Leitwertprinzip arbeitend

Technische Daten

Messverfahren	Leitwertprinzip
Messbereich	5 bis 50% Feuchtegehalt Holz, massebezogen (bei 23°C)
Auflösung	0,2% Feuchtegehalt
Wiederholbarkeit	±1% Feuchtegehalt
Nenntemperatur	23°C ± 2 K
Temperatursensor	NTC, eingebaut im Fühlergehäuse
Temperaturkompensation	im Bereich 0 bis 80°C
Einsatzbedingungen	0 bis 80°C, Luftfeuchte 0 bis 90% rH (nicht betauend, kein Eis)
Lagertemperatur	-20 bis +80°C
Gehäuse	Kunststoff
Messanschluss	2 Einbaubuchsen 4 mm mit Querloch
Messleitungen	2 Leitungen, PTFE-isoliert, Länge = 0,5 m mit Ring-Kabelschuhen 4 mm
Messspitzen	2 Edelstahl-Stockschrauben M4, Gesamtlänge = 60 mm, inkl. 4 Edelstahl-Muttern, 2 Edelstahl-Federringe
Montageabstand	2,5 cm quer zur Holzfaserrichtung
Signalanschluss	Einbaustecker
Schutzart	Gehäuse inkl. Anschlüsse: IP63
ALMEMO® Anschlusskabel	Kupplung, PVC-Kabel 5 m
ALMEMO® Stecker	Linearisierung für Holz, im ALMEMO® Stecker gespeichert für aktuelle ALMEMO® Geräte ab Version 6
Versorgungsspannung	über ALMEMO® Stecker (5 V)
Stromverbrauch	ca. 5 mA

Abmessungen

Gehäuse L 51 x B 53 x H 36 mm

Handhabung

Vorbereitung

Die zwei Edelstahl-Stockschrauben M4 werden in einem Abstand von 2,5 cm quer zur Holzfaserrichtung in das Holz eingeschraubt und über die Messleitungen mit der Messelektronik im feuchtigkeitsgeschützten Fühlergehäuse verbunden.

Das Fühlergehäuse mit dem eingebauten Temperatursensor wird ebenfalls auf der Holzoberfläche befestigt.

Messen

Der Datenlogger muss im Sleepmode (Intervallbetrieb) betrieben werden, um Versalzung oder Austrocknung des Holzes zu verhindern.

3.5.2.3 Wasserdetektorsonde FHA 936-WD

Fühlereigenschaften



Abb. 3.5.12
Wasserdetektorsonde FHA 936-WD

Ausstattung

Die Sonde besteht aus einem runden schwarzen Kunststoffgehäuse, an dem zwei Spannzangen angebracht sind zum problemlosen Austausch der Elektroden.

Ausgeliefert wird die Wasserdetektorsonde mit Elektroden in drei unterschiedlichen Ausführungen passend zum jeweiligen Anwendungszweck (siehe auch ‚Abmessungen‘ unten):

- Edelstahl, abgerundet
- Edelstahl, scharfe Spitze
- Federbandstahl

Ausführung

Messgröße	Messbereich	Einsatztemperatur	Ausführung
FHA936WD	< 10%: kein Wasser vorhanden > 10%: Wasser vorhanden	0 bis 60°C	Handfühler mit Griff

Programmierung

Messbereich	Bereich	Auflösung	Dim	Exp.
kein Wasser <10% Wasser >10%	d2600	0,1%	%	3

Technische Daten

Messverfahren	Detektion von Wasser
Messwerte	<10% kein Wasser vorhanden >10% Wasser vorhanden
Gehäuse	Kunststoffgriff
Elektroden	nichtrostender Stahl, drei Ausführungen, siehe ‚Abmessungen‘ unten
Gewicht	260 g
Nenntemperatur	23°C ± 2°C
Einsatztemperatur	0 bis +60°C
Lagertemperatur	-20 bis +80°C
Signalausgang	ALMEMO® (ca. 0 bis 2V)
Spannungsversorgung	7,5 bis 15 V
Stromverbrauch	max. 10 mA

Materialfeuchtefühler, mit dem Leitwertprinzip arbeitend

Abmessungen

Gehäuse Ø 40mm, 130mm lang

Elektroden in drei Ausführungen:

- Edelstahl 200 mm lang, Durchmesser 3 mm, abgerundet
- Edelstahl 50 mm lang, Durchmesser 3 mm, scharfe Spitze
- Federbandstahl 200 mm lang, 6 mm breit, 0,5 mm dick

Handhabung

Vorbereitung

Auswechseln der Elektroden

Beim Wechseln der Elektroden muss das Spannfutter mit einem Gabelschlüssel (Spannweite 7 mm) gehalten werden. Mit einem zweiten Gabelschlüssel (Schlüsselweite 7 mm) kann nun die Spannmutter gelöst werden. Damit wird ein Verdrehen des Spannfutters und eine Beschädigung des Griffes der Sonde vermieden.

Beim Aufziehen der Spannmutter muss wieder darauf geachtet werden, dass sich das Spannfutter im Gehäuse nicht dreht. Nach dem Elektrodenwechseln ist kein Neuabgleich erforderlich.

Überprüfung

Vor der eigentlichen Messung sollte die Sonde einer Funktionsprüfung unterzogen werden. Dazu werden die Elektroden in ein Wasserbad gehalten. Das Messgerät sollte dann den Wert 100% anzeigen. Weicht der Kontrollwert grob vom Sollwert ab, muss die Sonde ins Werk zurückgeschickt werden um den Abgleich zu erneuern.

Messen

Bei der Messung selbst muss darauf geachtet werden, dass die Elektroden während der Messung je nach Anwendung satt auf dem zu messenden Material aufliegen oder in das zu messende Material eingestochen werden.

1. Elektroden der Sonde auf das Material drücken.
2. Messgerät einschalten.
3. Messwert ablesen. Zum Festhalten des Maximalwertes kann die Funktion MAXWERT des Messgerätes nützlich sein.

Wird die Sonde in die Luft gehalten, wird ein negativer Wert angezeigt, da im Stecker notwendige Korrekturwerte programmiert sind.

3.5.3 Bodenfeuchte-Tensiometer

Messprinzip

Je nach Sättigungszustand des Bodens (bzw. Grundwasserspiegels) wird durch die als idealisiert semipermeable Membran betrachtete Keramik (Al_2O_3 Sintermaterial) Wasser vom ansonsten hermetisch dichten Tensiometer entsprechend der im Boden herrschenden Wasserspannung angesaugt.

Der sich dadurch im Tensiometerrohr einstellende atmosphärische Unterdruck ist - unter Vernachlässigung der oben genannten Potentiale - abzüglich der vertikalen Tensiometerlänge gleich dem Wasserspannungswert im Boden. Dieser kann mit einem Manometer angezeigt oder mittels Drucksensor elektronisch weiterverarbeitet werden.

Grundlagen

Saugspannungsmessung

Mit der Wasserspannungsmessung (Saugspannung) als unmittelbarer Messgröße der Wasserverfügbarkeit von Böden für Pflanzen wird die Summe der Wasserhaltekräfte im Boden (außer osmotischem Potential, Differenzdruck- und Gravitationspotential) gemessen.

Physikalische Einheit der Saugspannung

Die Saugspannung bezeichnet physikalisch einen Unterdruck mit der Einheit:

$$1 \text{ mbar} = 1 \text{ hPa} = 1 \text{ cm Wassersäule}$$

Der gemessene Unterdruck wird für die Beurteilung der Boden-/Substratfeuchte herangezogen und als übertragbare Größe für diese mit positiven Zahlen beschrieben.

Typische Saugspannungswerte



Abb. 3.5.13

Messung mit Tensiometern bei geringem und großem Unterdruck im Boden

Bodenfeuchte-Tensiometer

Typische Saugspannungswerte in Topfsubstraten in hPa

30 bis 40	sehr feucht
50 bis 120	feucht
150 bis 200	abgetrocknet
> 200	trocken

Typische Saugspannungswerte in Freilandböden (mittlere Bodenart)

< 50	gesättigt
100 bis 150	nass-feucht
> 200	trocknet ab
200 bis 500	Bewässerung

Vor- und Nachteile der Saugspannungsmessung

Vorteile	Nachteile
Messung der direkten Verfügbarkeit des Bodenwassers für die Pflanzen am Standort.	Messung punktuell
Messung nicht direkt abhängig von der Bodenbeschaffenheit (Messung in grobkörnigen und sehr lockeren Substraten möglich)	ganzjährige Messungen nur in frostsicherer Tiefe möglich oder bei Zusatz von Stoffen wie Polyethylenglykol
Messung erfolgt unabhängig vom Salzgehalt (z.B. durch Düngesalze) im Boden oder Pflanzsubstrat.	Keine Aussage zum Wassergehalt in Vol % (muss für jede Bodenart gesondert ermittelt werden)

Anwendungsbereiche

Bei bodenphysikalischen Untersuchungen kann mittels Tensiometern in verschiedenen Tiefen der Wasserhaushalt im Boden kontinuierlich gemessen werden. In Landwirtschaft und Gartenbau werden Tensiometer bei der Automation von Bewässerungsanlagen verwendet. Hierbei kann die Wassermenge so gesteuert werden, dass die Pflanzen optimal mit Wasser versorgt werden, ohne dass Wasser und Nährstoffe in den Untergrund ausgeschwemmt werden.

Hinweise zur Messung

Eine Erhöhung der Umgebungstemperatur verursacht im Tensiometerrohr vorübergehend eine Minderung der Saugspannung, die in Abhängigkeit der Porosität der Tensiometerzelle mehr oder weniger schnell wieder abgebaut wird. Der Temperatureinfluss ist umso größer, je größer das augenblickliche Luftvolumen im Tensiometerrohr ist. Für genaue Messungen ist frühzeitig zu entlüften (siehe ‚Handhabung‘ im Kapitel 3.5.3.1) und das Tensiometer möglichst nicht der direkten Sonnenbestrahlung auszusetzen.

Bei Messungen mit langen Tensiometern ist eine Verrechnung der senkrechten Wassersäule im Tensiometerrohr erforderlich, da diese einen zusätzlichen Druck erzeugt. Weil aber der Messwert an der Keramikzelle interessiert, muss die Wassersäule in cm vom Anzeigewert abgezogen werden.

Die Korrektur erfolgt nach der Formel:

Saugspannung am Tonkörper = Messwert in hPa – Höhe der Wassersäule in cm

Beispiel für ein Tensiometer mit 20 cm Wassersäule:

Abgelesener Messwert in hPa	150 hPa
minus Wassersäule in cm	20 hPa (20 cm Wassersäule)
tatsächlicher Messwert	130 hPa

3.5.3.1 Tensiometer FDA 602-TM2

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Das Tensiometer besteht aus zwei Teilen:

Unterteil

Das Unterteil besteht aus dem Tensiometerrohr und der Keramik. Es ist als Steck- oder Flächentensiometer erhältlich.

Beim Stecktensiometer handelt es sich um das Tensiometerrohr mit einer länglichen und leicht in den Boden einzubringenden Tonzelle.

Das Flächentensiometer besitzt ein viel kleineres Tensiometerrohr und einen Tonfuss, der sich zur Messung auf dünnen Substratschichten oder Flächen eignet.

Oberteil

Das Unterteil wird in ein Oberteil eingeschraubt, das aus der Elektronik des Tensiometers (Drucksensor), einem Kabel und einem ALMEMO® Stecker besteht.





Über den ALMEMO® Stecker mit Spannungsteiler und Fühlerversorgung 5 V kann der Sensor mit allen ALMEMO® Geräten betrieben werden, die über den Bereich 'Diff-Millivolt2 DC ($\pm 260 \text{ mV}$)' verfügen (siehe Geräteanleitungen). Die Parameter für Skalierung und Dimension sind im ALMEMO® Stecker hinterlegt, sodass der Messwert direkt in hPa Saugspannung angezeigt wird.


Mit Hilfe der ALMEMO® Relais-Trigger-Adapter ZA 8006-RTA3/4, ES 5690-RTA5 bzw. den Ausgangsmodulen ZA 1006-EKG/ETG oder ZA 1006-GK mit Relaisadapter ZB 2280-RA kann das ALMEMO® System auch zur Bewässerungssteuerung eingesetzt werden (siehe Kapitel 5, ALMEMO® Ausgangsmodule).

Etikettierung

Die Etikettierung eines Tensiometers beinhaltet folgende Daten:
die individuelle Prüfnummer Txxxxxxx
die maximale Saugleistung der Tensiometerzelle 700-800-900 hPa
der Rücksaugfaktor als Maß für die Tensiometerreaktion 0,1-0,2-0,3 min

Ausführungen

Artikel	Bestellnummer		
Tensiometer-Elektronik	FDA602TM2	Oberteil	
Steck-Tensiometer L2	ZB9602TML2	Unterteil	
Steck-Tensiometer LKV2	ZB9602TMKV2	Unterteil	
Flächen-Tensiometer FO	ZB9602TMFO	Unterteil	

Artikel	Bestellnummer	
Flächen-Tensiometer FV	ZB9602TMFV	Unterteil 

Technische Daten

Tensiometer-Elektronik		
Typ	FD A602-TM2	
Messbereich	0 bis -1000 hPa relativ (Unterdruck)	
Ausgangssignal	0,5 bis 4,5 V / linear	
Versorgungsspannung	5 V DC über ALMEMO® Stecker	
Einbaulage	vorzugsweise senkrecht	
Temperaturbereich	-20 bis +85°C	
Schutzart	IP54	
Anschlusskabel	Sensor mit fest angeschlossenem Kabel, Länge = 5 m mit ALMEMO® Stecker	
Stecktensiometer		
Typ	ZB 9602-TML2	ZB 9602-TMKV2
Messbereich	0 bis 900 hPa	0 bis 900 hPa
Tonzelle	zylindrisch mit Spitze Ø 20 mm Länge 65 mm	zylindrisch mit Spitze Ø 15 mm Länge 40 mm
Gesamtlänge	ca. 340 mm	ca. 160 mm
Einstecktiefe	typ. 250 mm	typ. 70 mm
Flächentensiometer		
Typ	ZB 9602-TMFO	ZB 9602-TMFV
Messbereich	0 bis 900 hPa	0 bis 900 hPa
Tonfuß	Ø 70 mm	Ø 70 mm
Gesamthöhe	65 mm	65 mm
Einsetztiefe	ca. 30-60 mm	

Handhabung

Vorbereitung

1 Tag wässern

Der trockene Tonkörper muss zuerst einen Tag lang gewässert werden. Damit die Luft aus allen Poren entweichen kann, ist es günstig, wenn das Wasser zunächst einige Stunden einseitig einzieht, also erst das Rohr befüllt wird, bevor dann (über Nacht) der gesamte Tonkörper im Wasser steht. Eingeschlossene Luft kann die Tensiometerleistung am Anfang deutlich beeinträchtigen.

Befüllen

Das Tensiometerrohr wird randvoll befüllt. Dafür eignet sich nicht zu hartes, sauberes Leitungswasser (ohne Düngerezusatz). Destilliertes Wasser ist nicht unbedingt erforderlich, obwohl man mit ihm Ablagerungen und einer frühen Veralgung vorbeugt. In sauerstoffreichem Wasser können sich mit steigendem Unterdruck zu Beginn zahlreiche Luftbläschen bilden, die jedoch keine Undichtigkeit anzeigen. Abgekochtes Wasser bietet hier Abhilfe.

Verschließen und Öffnen

Kappe nur leicht aufschrauben!

Achtung! Der obere Rand (Dichtfläche) von Kunststoffgewinden kann mit einem harten Gegenstand beschädigt werden und Undichtigkeiten verursachen – nicht anschlagen!

Sensorkappe nicht zu fest aufschrauben! Zu hartes Zudrehen beschädigt die Dichtungen! Nach dem ersten leichten Widerstand nur noch etwa 1/4 Umdrehung zudrehen! Zum Öffnen wird zunächst die Kappe nach dem Aufschrauben hochgeschoben, um dann die Dichttülle seitlich anheben und abziehen zu können. Vor erneutem Verschließen müssen grundsätzlich Dichtfläche oder O-Ring und der obere Rand des Gewindestutzens gesäubert werden!

Einstecken allgemein

Für die einwandfreie, schnelle Wasserabgabe des Tonkörpers ist ein guter Kontakt mit dem Substrat oder Boden Voraussetzung. Außerdem muss ein Rest von Feuchtigkeit vorhanden sein, weil bei absolut trockenem Substrat oder Boden die Tensiometerfunktion nicht oder nur sehr schwer in Gang kommt.

In Topfpflanzen und Substratschichten

Tonkegel muss vollständig von Substrat bedeckt sein!

Bei lockerem Substrat wird das Steck-Tensiometer ohne vorzubohren direkt eingesteckt, insbesondere Typen mit dem kurzen Tonkegel. Eventuell kann das Substrat seitlich vom Tensiometer etwas angedrückt werden, um einen festen Stand zu erzielen. Am Tensiometerrohr sollte man später nicht wackeln, damit am Tonkegel kein Hohlraum entsteht. Bei Lang-Tonkegeln der Typen L empfiehlt es sich, das Loch dünn vorzustechen, damit die Kegel nicht unnötig belastet werden - kein seitlicher Druck, sonst Bruchgefahr!

Die Einstecktiefe richtet sich nach der gewünschten Messtiefe. In jedem Fall muss so tief eingesteckt werden, dass der Tonkegel bedeckt ist.

In Bodenkulturen

Möglichst tief einstecken!

Zum Einstecken von längeren Tensiometern mit Lang-Tonkegeln wird in der Regel vorgebohrt, zum Beispiel mit einem Bohrstock (Probennehmer), Ø 25 mm. Sollte der Untergrund weich sein, lässt sich der Tonkegel das letzte Stück direkt einstecken (nur senkrecht drücken, sonst Bruchgefahr!), andernfalls muss er eingeschlämmt werden, wobei aber der obere Teil des Bohrloches nur locker verfüllt wird.

Die Einstecktiefe richtet sich nach der gewünschten Messtiefe, eventuell in Abhängigkeit von der Wurzelzone. Dabei sollte das Tensiometer nur soweit aus dem Boden ragen, dass die Wassersäule kontrolliert werden kann. Bei einem zu lang herausragenden Tensiometerrohr wirken sich Temperaturschwankungen ungünstig aus (Messfehler, höherer Wasserverbrauch).

Entlüften

Tensiometer regelmäßig entlüften!

Tensiometer der vorliegenden Bauart verbrauchen etwas Wasser, denn die Saugspannung entsteht durch Wasserabgabe mit geringen Verlusten beim Zurücksaugen, insbesondere bei zunehmendem Luftvolumen im Rohr. Die größere Luftmenge verursacht zudem eine trägere Tensiometerreaktion. Tensiometer sollen deshalb regelmäßig kontrolliert und gelegentlich entlüftet werden, auch wenn sich die trägere Reaktion in der Bewässerungspraxis selten deutlich auswirkt. Als Empfehlung gilt:

Ein längeres Stecktensiometer für Bodenmessungen wird bei einer Luftsäule von ca. 10 cm aufgefüllt. Undichtigkeiten zeigen sich durch schnellen Wasserverlust schon nach 1-2 Tagen bei gleichzeitigem Abfall der Saugspannung. Dann sind zunächst Verschraubung und Gewindestutzen auf Verschmutzung und Beschädigung zu überprüfen, bevor die Ursache bei der Tonzelle oder einer Klebestelle vermutet wird.

Stecktensiometer KV 2 (für Topfpflanzen): Ein Entlüften und Nachfüllen während einer Vegetationsperiode ist durch die kurze Bauform kaum erforderlich, sofern diese Tensiometer im normalen Feuchtebereich eingesetzt werden (bis etwa 120 hPa). Es bildet sich ein Gleichgewicht zwischen Wasserfüllung und Luftvolumen.

Kontrolle

Eine regelmäßige Kontrolle ist ratsam, die durch vorsichtiges Herausziehen (drehend) und Kippen des Tensiometers erfolgt. Am Sichtfenster direkt unter der Kappe ist erkennbar, ob noch Wasser vorhanden ist. Beim Wiedereinstecken kann eine neue Position gewählt werden oder in das alte Einsteckloch wird lockeres Substrat eingefüllt, so dass die Tensiometerzelle wieder besseren Substratkontakt hat.

Wartung

Verschmutzung oder Bewuchs des Tensiometerrohres mit Algen am besten mechanisch mit einer Tüllenbürste (max. Ø 20 mm) reinigen. Hartnäckige Verschmutzung lässt sich auch mit einer einprozentigen Zitronensäurelösung beseitigen. Die Tonfläche kann man mit feinstem Schleifpapier (Körnung 320) reinigen und auffrischen, jedoch nur wenn sie trocken ist.

Achtung! Fettige und ölige Stoffe oder Farben, die in die Poren einziehen, sind unbedingt von der Tonfläche fernzuhalten!

Bei Nichtgebrauch können Tensiometer entweder trocken oder auch der Tonkörper für nicht zu kurze Zeit in destilliertem Wasser gelagert werden. Letzteres dient der Regenerierung der Durchlässigkeit. Beobachtungen haben gezeigt, dass die Durchlässigkeit des Tonkörpers gelegentlich nachlässt, insbesondere im Zusammenhang mit intensiver Düngung.

Das Tensiometer kann über Winter auch im Boden verbleiben, wobei jedoch die Schraubkappe geöffnet werden soll, damit das restliche Wasser durchsickert.

Fühlerschutz

Zu beachten ist auch die Feuchtigkeit am Einsatzort. Nach intensiver Benetzung muss ein Sensor wieder abtrocknen können!

Ein ständiger Einsatz in sehr hoher Luftfeuchtigkeit (> 95%) ist nicht zu empfehlen.

Ein Eintauchen ist unbedingt zu vermeiden, denn Feuchtigkeit im Gehäuseinnern kann zu Schäden führen.

3.6 Meteorologische Messwertgeber

Grundlagen

Kleines Glossar wichtiger Fachbegriffe

Anlaufwert	Die Windgeschwindigkeit, bei der ein Schalenstern, bzw. die Windfahne beginnt sich zu bewegen.																																																
Barometer	Allgemein für Messgerät des atmosphärischen Luftdruckes.																																																
Barometr. Druck	Pascal [Pa] = Newton pro Quadratmeter [N/m²]; 1 hPa = 1 mbar; 1 bar =10 ⁵ Pa																																																
Beaufort	Klasseneinteilung für bestimmte Windgeschwindigkeitsbereiche: <table><thead><tr><th>bft</th><th>m/s</th><th>bft</th><th>m/s</th><th>bft</th><th>m/s</th><th>bft</th><th>m/s</th><th>bft</th><th>m/s</th><th>bft</th><th>m/s</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0-0,2</td><td>1</td><td>0,3-1,5</td><td>2</td><td>1,6-3,3</td><td>3</td><td>3,4-5,4</td><td>4</td><td>5,5-7,9</td><td>5</td><td>8,0-10,7</td></tr><tr><td>6</td><td>10,8-13,8</td><td>7</td><td>13,9-17,1</td><td>8</td><td>17,2-20,7</td><td>9</td><td>20,8-24,4</td><td>10</td><td>24,5-28,4</td><td>11</td><td>28,5-32,6</td></tr><tr><td>12</td><td>32,7-36,9</td><td>13</td><td>37,0-41,4</td><td>14</td><td>41,5-46,1</td><td>15</td><td>46,2-50,9</td><td>16</td><td>51,0-56,0</td><td>17</td><td>56,1-61,2</td></tr></tbody></table>	bft	m/s	bft	m/s	bft	m/s	bft	m/s	bft	m/s	bft	m/s	0	0-0,2	1	0,3-1,5	2	1,6-3,3	3	3,4-5,4	4	5,5-7,9	5	8,0-10,7	6	10,8-13,8	7	13,9-17,1	8	17,2-20,7	9	20,8-24,4	10	24,5-28,4	11	28,5-32,6	12	32,7-36,9	13	37,0-41,4	14	41,5-46,1	15	46,2-50,9	16	51,0-56,0	17	56,1-61,2
bft	m/s	bft	m/s	bft	m/s	bft	m/s	bft	m/s	bft	m/s																																						
0	0-0,2	1	0,3-1,5	2	1,6-3,3	3	3,4-5,4	4	5,5-7,9	5	8,0-10,7																																						
6	10,8-13,8	7	13,9-17,1	8	17,2-20,7	9	20,8-24,4	10	24,5-28,4	11	28,5-32,6																																						
12	32,7-36,9	13	37,0-41,4	14	41,5-46,1	15	46,2-50,9	16	51,0-56,0	17	56,1-61,2																																						
Dämpfungs-verhältnis	Maß für die Dämpfung von Windfahnen. Es ist das Verhältnis der aufeinanderfolgenden gedämpften Auslenkungsamplituden (z.B. 3. zur 1. Amplitude) in einer Richtung.																																																
Entfermungs-konstante	Ist der vom Wind zurückgelegte Weg, der dann erreicht wird, wenn nach einer sprunghaf-ten Windgeschwindigkeitsänderung die Geschwindigkeit 63% ihres Endwertes erreicht hat.																																																
Gray-Code	Einstufiger digitaler Code für die Windrichtung.																																																
Höhenformel	Mathematische Reduzierung des barometrischen Luftdruckes auf eine Bezugshöhe, meis-tens auf Meeresniveau (QFF). Beispiel: je 8 m Höhenzunahme nimmt der Druck um ca. 1 hPa ab.																																																
Nachweis-grenze	Der unterste Wert der Windgeschwindigkeit und Windrichtung, bei der sich ein stabiler Messwert einstellt.																																																
Normaldruck	Der gemäß DIN ISO 2533 definierte barometrische Normaldruck (1013,25 hPa) der als Basiswert für die Begriffe Hochdruck oder Tiefdruck herangezogen wird.																																																
QFE	Der auf die Landebahn eines Flugplatzes reduzierte Luftdruck.																																																
QFF	In der Luftfahrt gebräuchliche Bezeichnung für den auf Meeresniveau (0 m) reduzierten barometrischen Luftdruck. Er dient auch als gemeinsame Basis für den barometrischen Luftdruckvergleich unterschiedlicher Wetterstationen mit unterschiedlichen Stationshö-hen und ist die Basis für die Darstellung der Isobaren in den Wetterkarten.																																																
QNH	In der Luftfahrt gebräuchliche Bezeichnung für den barometrischen Luftdruck, der einem Höhenmesser als Anfangswert eingegeben werden muss, damit dieser die Höhe über dem Meeresniveau anzeigt.																																																
Stationshöhe	Die Ortshöhe der Messstation, in der das Barometer über dem Meeresniveau installiert ist.																																																
Variation	Ist der Bereich, in dem sich die Windrichtung in den letzten 10 Minuten geändert hat (nach ICAO).																																																

Windgeschwindigkeit Gebräuchliche Einheiten sind: $1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h} = 1,9455 \text{ Knoten}$

Windrichtung Angabe der Richtung aus der der Wind kommt. Die Angabe erfolgt im Uhrzeigersinn von Nord über Ost (90°), Süd (180°) und West (270°) nach Nord (360°).

Windweg Ist der vom Wind zurückgelegte Weg für einen bestimmten Zeitraum.

3.6.1 Mobile Wetterstationen

Grundlagen

In einer Wetterstation sind verschiedene Sensoren zur Messung meteorologischer Messgrößen vereint. Folgende Messgrößen können u.a. zur Beschreibung des Wetters herangezogen werden:

- Lufttemperatur
- Relative Feuchte
- Luftdruck
- Niederschlag
- Windrichtung
- Windgeschwindigkeit

Alle Sensoren von Wetterstationen befinden sich zum Schutz vor Sonnenstrahlung und Witterung in einem Gehäuse. Es sind analoge und digitale Wetterstationen im Einsatz.

Wetterstationen ermöglichen Wetterbeobachtungen an einem bestimmten Ort. Zusammen mit anderen Wetterstationen tragen ihre Ergebnisse zu Wettervorhersagen und Klimaforschung bei.

Anwendungsbereiche

Gebäudeautomation (Heizung, Lüftung, Beschattung),
Photovoltaik-Monitoring,
Verfolgung von Industrieemissionen,
Katastrophenschutz (Verfolgung von Gaswolken etc.),
Sportereignisse,
Landwirtschaftliche Versuche,
Informationssysteme für Straßenwetter,
Glättemeldeanlagen,
Fahrzeugteststrecken

3.6.1.1 Meteorologische Messwertgeber FMD 760 / FMD 770

Messprinzip

Wind

Die Windmessung erfolgt über 4 Ultraschallsensoren (4 Himmelsrichtungen). Aus den Laufzeitdifferenzen werden die Windgeschwindigkeit in m/s und die Windrichtung in Grad berechnet. Für den Winterbetrieb werden die Ultraschallsensoren bei Bedarf beheizt.

Niederschlag

Der Niederschlag wird mit Radartechnik erfasst. Ein Doppler-Radar misst die Tropfengeschwindigkeit der einzelnen Tropfen (Regen/Schnee). Anhand der Korrelation von Tropfengröße und Geschwindigkeit werden die Niederschlagsmenge in mm und die Niederschlagsintensität in mm/h berechnet. Die Art des Niederschlags (Regen/Schnee) wird über die unterschiedliche Fallgeschwindigkeit bestimmt. Für den Winterbetrieb wird der Niederschlagssensor bei Bedarf beheizt.

Lufttemperatur und Luftfeuchte

Die Lufttemperatur in °C wird mit einem hochgenauen NTC-Widerstandssensor und die relative Luftfeuchte in % rH mit einem kapazitiven Feuchtesensor gemessen.

Die Sensoren befinden sich in einem zwangsbelüfteten Strahlenschutz, um äußere Einflüsse (Sonnenstrahlung etc.) zu minimieren. So werden bei hohen Strahlungsleistungen deutlich genauere Messergebnisse erreicht. Gleichzeitig verbessert die Belüftung das Ansprechverhalten nach einer Betauung.

Globalstrahlung

Die Globalstrahlung wird (nur im FMD770) mit einem integrierten Pyranometer gemessen, der mit einer Thermosäule arbeitet.

Messwerte

Die Sensoren des meteorologischen Messwertgebers ermitteln mit ihrer internen Messrate kontinuierlich die aktuellen Messwerte. Im ALMEMO® D7-Stecker werden für verschiedene Messgrößen Minimal-, Maximal- und Mittelwerte oder Mengen (über den Ausgabezyklus des ALMEMO® V7-Gerätes) berechnet.

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Die mobile Wetterstation FMD760 ist ausgestattet mit Sensoren für Wind, Niederschlag, Lufttemperatur, Luftfeuchte und Luftdruck.

Sie besitzt einen belüfteten Strahlenschutz und verfügt über eine eingebaute Heizung. Haltebügel für Mastmontage werden mitgeliefert.

Die Wetterstation besitzt einen Einbaustecker inklusive Sensoranschlusskabel (Länge = 10 m, montiert in der Anschlussbox). Sowohl das mitgelieferte Netzteil 24 V ZB 1024-NA2 als auch das ALMEMO® Anschlusskabel (Länge = 2 m, mit ALMEMO® D7-Stecker) werden in der Anschlussbox montiert (siehe unten, ‚Handhabung, Vorbereitung‘).

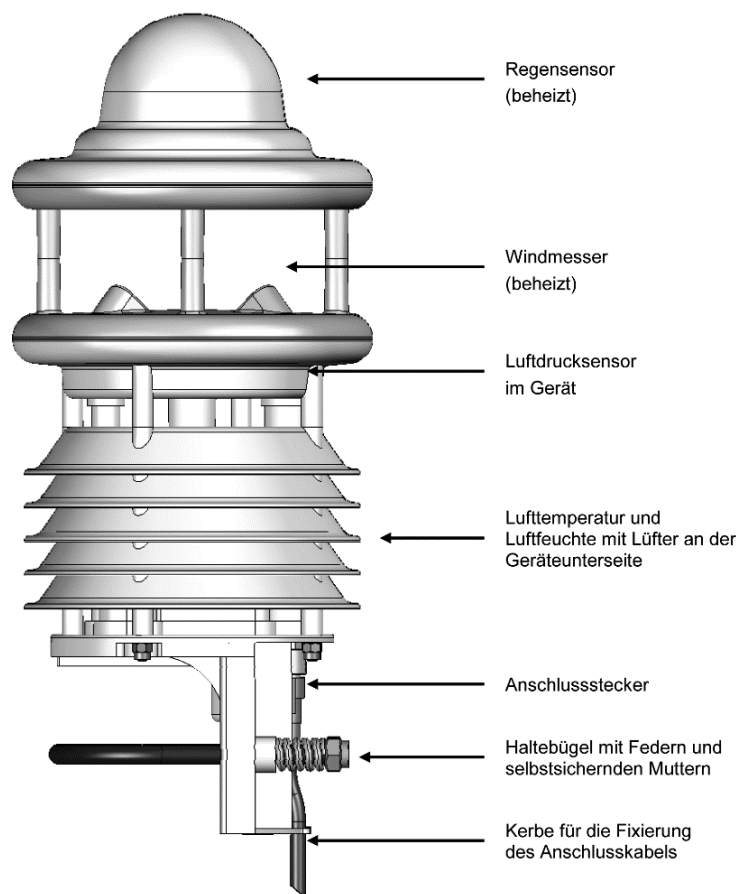


Abb. 3.6.1 Aufbau der Wettersensorik des meteorologischen Messwertgebers FMD 760

Zubehör

Bestellnummer	Artikel	Eigenschaften
ZB9760ST	Mobiles Dreibeinstativ	ausziehbar bis ca. 4,4 m
ZB9760AK100	Sensoranschlusskabel	freie Enden, Länge = 100 m
ZB9760AK20	Sensoranschlusskabel	freie Enden, Länge = 20 m
FLA613GS	Messkopf für Globalstrahlung	bis 1200 W/m ² , siehe Kapitel 3.10.5.2
FLA613VLM	Messkopf für Beleuchtungsstärke	bis 170 kLux, siehe Kapitel 3.10.1.3
FLA613PSM	Messkopf für Quantumstrahlung	bis 3000 µmol/m ² s
FLA613UVA	Messkopf für UVA-Strahlung	bis 3 mW/cm ² , siehe Kapitel 3.10.2.2
FLA613UVB	Messkopf für UVB-Strahlung	bis 50 µW/cm ² , siehe Kapitel 3.10.3.2
ZB9510MH	Messkopfhalter zum Stativ	Länge ca. 0,5 m, für 1 Strahlungsmesskopf FLA613xxx

Ausführungen

Artikel/Artikelnummer	Messgröße	Messbereich	Messverfahren
Mobile Wetterstation FMD 760 / FMD 770	Windgeschwindigkeit	0 bis 75 m/s	Ultraschall
	Windrichtung	0 – 359,9°	Ultraschall
	Niederschlag	Tropfengröße 0,3 bis 5,0 mm	Radar-Sensor
	Lufttemperatur	-50°C bis +60°C	NTC
	Luftfeuchte	0 bis 100% rH	kapazitiv
	Luftdruck	300 bis 1200 hPa	MEMS-Sensor kapazitiv
	Globalstrahlung (nur bei FMD 770)	0 bis 2000 W/m²	Pyranometer mit Thermosäule
Digitaler Messwertgeber FMD 720	Windgeschwindigkeit	0 bis 75 m/s	Ultraschall
	Windrichtung	0 – 359,9°	Ultraschall

Programmierung

für den FMD760:

Messbereiche bei Auslieferung

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. Windrichtung gemittelt	B-02	DIGI	0	0 bis +359	°	1°
2. Windgeschwindigkeit gem.	B-05	DIGI	0	0 bis 75	m/s	0,1 m/s
3. Windgeschwindigkeit max.	B-06	DIGI	0	0 bis 75	m/s	0,1 m/s
4. Luftdruck	B-12	DIGI	0	300 bis 1200	mbar	0,1 mbar
5. Temperatur momentan	B-09	DIGI	0	-50 bis +60	°C	0,1 K
6. Relative Feuchte	B-11	DIGI	0	0 bis 100	% rH	0,1% rH
7. Regenmenge	B-13	DIGI	0	0 bis 999,99	mm	0,01 mm
8. Regenintensität	B-14	DIGI	0	0 bis 200	mm/h	0,1 mm/h

Konfigurierbare Messbereiche

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. Windrichtung min	B-01	DIGI	0	0 bis +359	°	1°
2. * Windrichtung gemittelt	B-02	DIGI	0	0 bis +359	°	1°
3. Windrichtung max	B-03	DIGI	0	0 bis +359	°	1°
4. Windgeschwindigkeit min	B-04	DIGI	0	0 bis 75	m/s	0,1 m/s
5. Windgeschwindigk. gem.	B-05	DIGI	0	0 bis 75	m/s	0,1 m/s
6. Windgeschwindigk. max	B-06	DIGI	0	0 bis 75	m/s	0,1 m/s
7. Temperatur min	B-07	DIGI	0	-50 bis +60	°C	0,1 K
8. Temperatur gemittelt	B-08	DIGI	0	-50 bis +60	°C	0,1 K
9. Temperatur mometan	B-09	DIGI	0	-50 bis +60	°C	0,1 K
10. Temperatur max	B-10	DIGI	0	-50 bis +60	°C	0,1 K
11. Relative Feuchte	B-11	DIGI	0	0 bis 100	% rH	0,1% rH
12. Luftdruck	B-12	DIGI	0	300 bis 1200	mbar	0,1 mbar
13. Regenmenge	B-13	DIGI	0	0 bis 999,99	mm	0,01 mm
14. Regenintensität	B-14	DIGI	0	0 bis 200	mm/h	0,1 mm/h
15. Schnee-/Hagelmenge	B-15	DIGI	0	0 bis 999,99	mm	0,01 mm
16. Schnee-/Hagelintensität	B-16	DIGI	0	0 bis 200	mm/h	0,1 mm/h
17. Windrichtung Kürzel	B-17	DIGI	0	0 bis +359	°	0,1°
18. Globalstrahlung (nur bei FMD770)	B-18	DIGI	0	0 bis 2000	W/m²	0,1 W/m²

Technische Daten

Windgeschwindigkeit	
Messbereich	0 bis 75 m/s
Auflösung	0,1 m/s
Genauigkeit	±0,3 m/s oder ±3% (0 bis 35 m/s) ±5% (>35 m/s) RMS
Ansprechschwelle	0,3 m/s
Messrate	10 Sekunden
Windrichtung	
Messbereich	0 – 359,9°
Auflösung	0,1°
Genauigkeit	< 3° (> 1 m/s)
Ansprechschwelle	0,3 m/s
Messrate	10 sec
Niederschlag	
Messbereich	Tropfengröße 0,3 mm bis 5,0 mm
Auflösung	Niederschlag flüssig 0,01 mm
Niederschlagstypen	Regen, Schnee
Reproduzierbarkeit	typisch > 90%
Ansprechschwelle	0,002 mm

Messrate Niederschlagsintensität	Ereignisabhängig bei Erreichen der Ansprechschwelle 0 bis 200 mm/h; Messrate 1 Minute
Lufttemperatur	
Messbereich	-50°C bis +60°C
Auflösung	0,1 K (-20°C bis +50°C), sonst 0,2 K
Genauigkeit Sensor	±0,2 K (-20°C bis +50°C), sonst ±0,5 K (> -30°C)
Messrate	1 Minute
Luftfeuchte	
Messbereich	0 bis 100% rH
Auflösung	0,1% rH
Genauigkeit	±2% rH
Messrate	1 Minute
Luftdruck	
Messbereich	300 bis 1200 hPa
Auflösung	0,1 hPa
Genauigkeit	±0,5 hPa (0 bis 40°C)
Messrate	1 Minute
Globalstrahlung (nur für FMD770)	
Messbereich	0 bis 2000 W/m²
Auflösung	0,1 W/m²
Spektralbereich	300 bis 1100 nm
Messrate	10 Sekunden (bei eingeschaltetem Energiesparmodus: 1 Minute)
Betriebsbedingungen	
Temperatur	-50 bis +60°C (mit Heizung)
Relative Feuchte	0 bis 100% rH
Gewicht	ca. 1,5 kg (mit Halterung, ohne Anschlusskabel)
Gehäuse	Kunststoff, Schutzart IP66
Befestigung	Masthalterung, Edelstahl, für Ø 60 bis 76 mm
Sensoranschluss	Einbaustecker
Sensoranschlusskabel	montiert in der Anschlussbox, Länge siehe oben unter ‚Zubehör‘
Anschlussbox	Klemmanschluss für Sensoranschlusskabel und ALMEMO® Anschlusskabel, Steckeranschluss für Netzteilkabel zur Heizungsversorgung, 3 Kabelverschraubungen
Heizung	
Versorgungsspannung	24 V DC
Stromverbrauch	1,7 A (40 W) über externes Netzteil ZB1024NA2 (im Lieferumfang), 100 bis 240 V AC / 24 V DC, 4,17A mit Hohlstecker, montiert in der Anschlussbox
ALMEMO® Anschlusskabel	montiert in der Anschlussbox, Länge 2 m
ALMEMO® D7 Stecker	
Refreshrate	2 Sekunden für alle Momentanwerte, Mittel, Maximal-, Minimalwerte und Mengen mit dem Ausgabezyklus (minimal 2 Sekunden, maximal 24 Stunden) des ALMEMO® V7-Gerätes
Versorgung mit Netzteil 24 V (Standard)	Alle Funktionen verfügbar. 24 V aus dem Netzteil, max. 1,8 A 12 V aus dem ALMEMO® Gerät, typ. 10 mA
Versorgung ohne Netzteil 24 V (mobiler Betrieb)	Lüfter und Heizung deaktiviert 12 V aus dem ALMEMO® Gerät, typ. 130 mA mit Regenradar im Dauerbetrieb Betrieb im Energiesparmodus 1: typ. 25 mA, kein Regentest/kein Regen, typ. 130 mA für 2 s/Min bei Regentest, typ. 130 mA dauern, bei Regen

Abmessungen

Wetterstation, mit Halterung:

Höhe	343 mm (FMD760), 344 mm (FMD770)
Durchmesser	150 mm
Anschlussbox:	80 x 82 x 55 mm

Handhabung

Vorbereitung

Auswahl des Aufstellungsortes

Windmessungen

- Montage des Sensors mindestens 2 m über dem Erdboden.
- Umfeld des Sensors frei von Objekten.

Messung des Niederschlags mit Radar

- Der Sensor sollte mindestens 4,5 m über dem Boden positioniert werden. Befinden sich in der näheren Umgebung des Sensors keine bewegten Objekte, kann eine niedrigere Installationshöhe erwogen werden.
- Abstand zu Straßen mindestens 1 m
- Abstand zu sich bewegenden Objekten (Bäumen, Büschen, sogar Brücken) sollte auf der Höhe des Sensors mindestens 5 m betragen.
- Zu anderen Sensoren, die mit Radar den Niederschlag messen, sollte ein Abstand von 8 m eingehalten werden.

Messung der Strahlung (Global, UV oder andere)

Während in die Wetterstation FMD770 ein Pyranometer zur Messung der Globalstrahlung integriert ist, kann für die Wetterstation FMD760 am Stativ (siehe oben, „Ausstattung, Zubehör“) zusätzlich ein Messkopf zur Messung von Strahlung angebracht werden.

In beiden Fällen muss für Strahlungsmessungen Folgendes beachtet werden:

- Aufstellungsort sollte frei von Schatten sein. Die Entfernung des Sensors zu schattenwerfenden Objekten wie Bäumen oder Gebäuden sollte das 10-fache der Differenz zwischen der Montagehöhe des Sensors und der Objekthöhe betragen.
- Wenn möglich 360° freie Sicht zum Horizont auf der Höhe des Sensors.

Montage der Wetterstation am Haltemast

Der Haltebügel der Wetterstation ist für Haltemasten mit Rohrdurchmessern von 60 bis 76 mm Durchmesser angefertigt.

Zur **Montage der Wetterstation am Haltemast** benötigt man:

- Einen Gabel- oder Ringschlüssel SW13
- Einen Kompass für die Ausrichtung des Windsensors nach Norden

Vorgehensweise bei der Montage:

1. Muttern lösen
2. Die Wetterstation von oben auf den Mast schieben

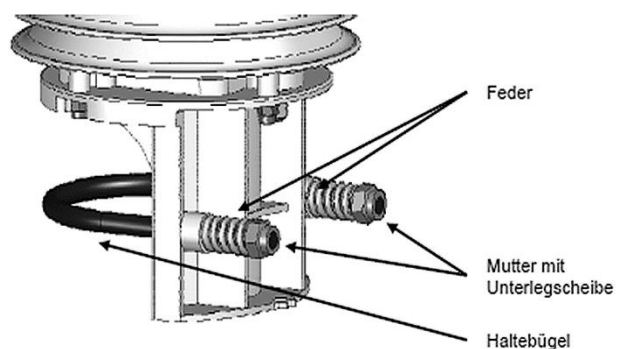


Abb. 3.6.2 Haltebügel am unteren Ende der Wetterstation

3. Muttern gleichmäßig festschrauben, bis der Kontakt zu den Federn hergestellt ist, der Sensor sich aber noch leicht bewegen lässt.
4. Ausrichtung des Sensors nach Norden (siehe Abbildung 3.5.3)
5. Muttern durch drei weitere Umdrehungen festschrauben

Ausrichtung nach Norden

Damit die Windrichtung korrekt angezeigt wird, muss der Sensor exakt nach Norden ausgerichtet werden. Am Sensor ist eine Reihe von Pfeilen zu diesem Zweck angebracht.

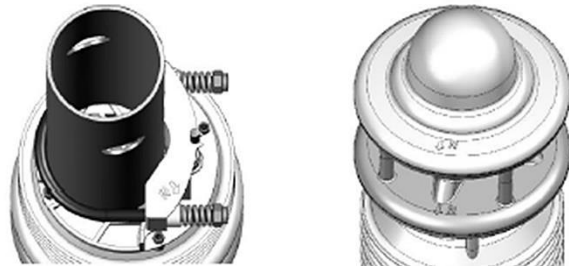


Abb. 3.6.3 Pfeile an der Wetterstation zur Ausrichtung des Sensors nach Norden

Vorgehensweise:

1. Wenn die Wetterstation schon auf dem Mast installiert ist, müssen die Muttern gleichmäßig so weit gelöst werden, dass die Wetterstation gedreht werden kann.
2. Mit einem Kompass wird festgestellt, wo „Nord“ ist und ein entsprechender Referenzpunkt am Horizont festgelegt.
3. Die Wetterstation muss jetzt so gedreht werden, dass der südliche und der nördliche Windsensor mit diesem Referenzpunkt am Horizont auf einer Linie liegen.
4. Danach werden die Muttern durch drei Umdrehungen wieder festgeschraubt.

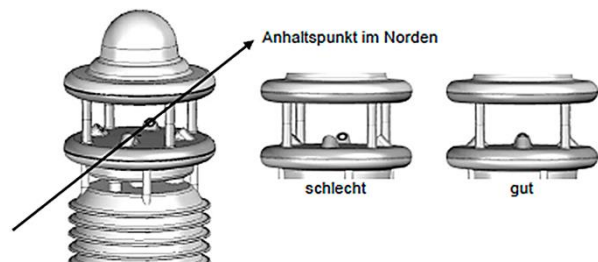


Abb. 3.6.4 Ausrichtung des Windsensors der Wetterstation in Nord/Südrichtung

Der Kompass zeigt den magnetischen Nordpol an. Da dieser nicht immer mit dem geographischen Nordpol übereinstimmt, sollten vor der Montage des Windsensors der Wetterstation über die lokale Abweichung Informationen eingeholt und entsprechende Korrekturen vorgenommen werden.

Ist die Wetterstation auf einem Mast montiert, muss berücksichtigt werden, dass das Material des Masts die Kompassanzeige verändert. Am besten eignen sich in dieser Hinsicht Aluminiummasten.

Anschluss der Wetterstation an die Stromversorgung und das ALMEMO® Gerät

Zur Inbetriebnahme der Wetterstation müssen nachfolgende Schritte durchgeführt werden. Eine Anschlussübersicht ist unten dargestellt.

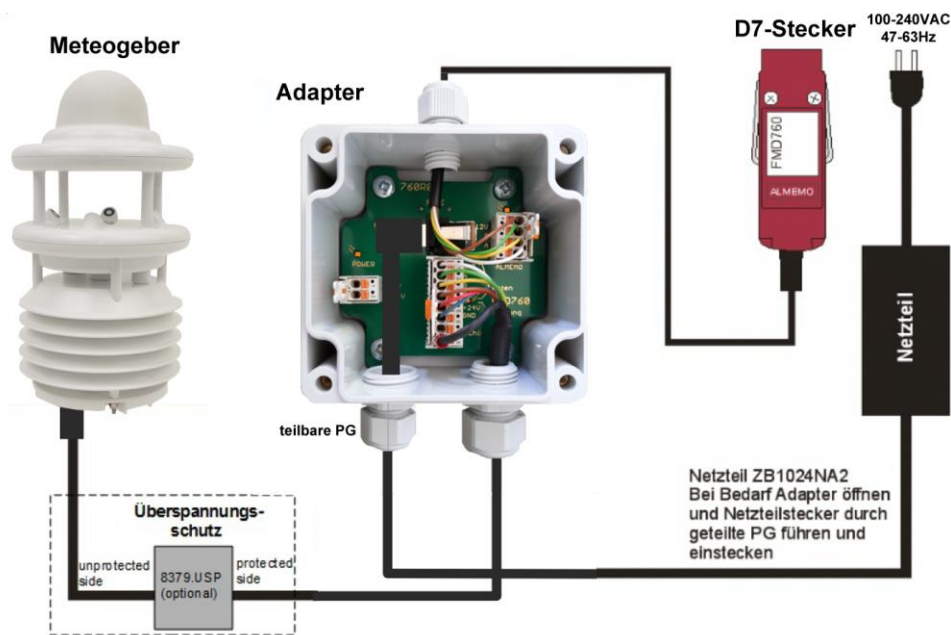


Abb. 3.6.5
Anschlussübersicht
des meteorologischen
Messwertgebers
FMD760

1. Herstellung der Verkabelung zwischen ALMEMO® Stecker und Sensor
2. Bedarfsweise Einspeisung der Versorgung für Heizung und Lüfter über externes Netzteil (über Netzteilstecker oder WAGO-Reihenklemme)
3. Installation Überspannungsschutz (optional)
4. Aufstecken des ALMEMO® Steckers auf das Messgerät nach Fertigstellung der Verdrahtung.
5. Überprüfung der Signal-LEDs im Adapter. Die Bedeutung der LEDs ist in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

LED	Beschreibung
POWER	Signalisiert den Status der externen Versorgungsspannung. LED aktiv: externe Versorgung angelegt LED inaktiv: keine oder defekte externe Versorgung
ALMEMO	Signalisiert den Status der ALMEMO® Versorgungsspannung vom Messgerät. LED aktiv: ALMEMO® Versorgungsspannung aktiv LED inaktiv: ALMEMO® Versorgung defekt
FMD760	Signalisiert den Status der Sensorversorgung. LED aktiv: Sensor wird mit 12 V oder 24 V versorgt LED inaktiv: Sensor wird nicht versorgt (mögliche Ursachen: Messgerät-, Netzteil- oder Sensordefekt, Sicherung im Adapter ausgelöst)

Einstellungen der Geräteheizung

Im Auslieferungszustand ist die Heizung auf ‚Auto‘ konfiguriert. Das ist die empfohlene Betriebsart der Heizung der ‚Intelligenten Wettersensorik‘. Die folgenden Betriebsarten sind über das Sensormenü (siehe Kapitel 3.1.3.2) des FMA760 einstellbar (siehe hierzu auch Tabelle Betriebsarten/Einstellungen unten).

Auto: In dieser Betriebsart wird das Gerät konstant auf Regeltemperatur gehalten, um Beeinträchtigungen durch Schnee und Eis generell zu verhindern.

Aus: Bei der Betriebsart ‚Aus‘ wird die Heizung komplett deaktiviert. In dieser Betriebsart ist kein Winterbetrieb möglich, da eine eventuelle Vereisung die ordnungsgemäße Funktion des Regensensors bzw. des Windmessers verhindern kann.

Einstellungen des Lüfters

Im Auslieferungszustand ist der Lüfter auf ‚Auto‘ konfiguriert. Die folgenden Betriebsarten sind über das Sensormenü (siehe Kapitel 3.1.3.2) des FMA760 einstellbar (siehe hierzu auch Tabelle Betriebsarten/Einstellungen unten).

Auto: Automatikbetrieb, Lüfter wird zyklisch eingeschaltet.

Aus: Um den Stromverbrauch zu reduzieren, kann der Lüfter abgeschaltet werden.

Hinweis: Wenn der Lüfter abgeschaltet wird, werden auch die Heizungen abgeschaltet (Energiesparmodus 1)! Bei abgeschaltetem Lüfter kann es bei Sonneneinstrahlung zu Abweichungen bei der Temperatur- und Feuchtemessung kommen (siehe Kapitel ‚Energiesparmodus‘ unten). Wird die Wetterstation direkt über das Messgerät versorgt, so ist der Lüfter unabhängig von der Einstellung ‚Auto/Aus‘ deaktiviert (siehe Kapitel ‚Messen‘ unten).

Mit der Einstellung ‚Auto‘ wechselt die Wetterstation nicht in den Energiesparmodus 1.

Energiesparmodus 1

Der Energiesparmodus 1 wird durch folgende Maßnahmen bestimmt:

- Die Belüftung der Temperatur- / Feuchteeinheit wird abgeschaltet.
- Alle Heizungen werden abgeschaltet.
- Der Radar-Regensensor wird nicht dauerhaft betrieben; pro Minute wird der Sensor nur für eine Sekunde aktiviert; wird dann Niederschlag erkannt, bleibt er bis zum Ende des Ereignisses eingeschaltet; ansonsten wird er nach einer Sekunde wieder deaktiviert.
- Die Kompassmessung wird nur einmal nach dem Einschalten ausgeführt. Für diese Messung wird der Lüfter, der ansonsten deaktiviert ist, kurzzeitig eingeschaltet.

Diese Betriebsart hat folgende Einschränkungen:

- Bei abgeschaltetem Lüfter kann es bei Sonneneinstrahlung zu Abweichungen bei der Temperatur- und Feuchtemessung kommen.
- In dieser Betriebsart ist nur ein eingeschränkter Winterbetrieb möglich, da eine eventuelle Vereisung die ordnungsgemäße Funktion des Regensensors bzw. des Windmessers verhindern kann.
- Die Regenerkennung kann bis zu 2 Minuten verzögert sein. Kurze Ereignisse werden unter Umständen nicht erkannt. Dadurch sind auch Abweichungen in der Genauigkeit der Niederschlagsmenge möglich.

	Spannungsversorgung	Heizung	Lüfter	Regenradar
24/1	24 V über Netzteil Auslieferungszustand	Einstellung: AUTO Funktion: Heizung aktiv	Einstellung: AUTO Funktion: Lüfter aktiv	Funktion: Dauerbetrieb
24/2	24 V über Netzteil	Einstellung: AUS Funktion: Heizung deaktiviert	Einstellung: AUTO Funktion: Lüfter aktiv	Funktion: Dauerbetrieb
24/3	24 V über Netzteil	Einstellung: AUS* Funktion: Heizung deaktiviert (Energiesparmodus 1)	Einstellung: AUS* Funktion: Lüfter deaktiviert (Energiesparmodus 1)	Funktion: Regentest jede Minute, nach Regenerkennung dauernd aktiv (Energiesparmodus 1)
12/1	<12 V über ALMEMO® Gerät, Strombedarf: 130 mA	Einstellung: AUTO Funktion: Heizung deaktiviert (weil keine 24 V Versorgung)	Einstellung: AUTO Funktion: Lüfter deaktiviert (weil Versorgung < 12 V)	Funktion: Dauerbetrieb
12/2	<12 V über ALMEMO® Gerät, Strombedarf: 130 mA	Einstellung: AUS Funktion: Heizung deaktiviert	Einstellung: AUTO Funktion: Lüfter deaktiviert (weil Versorgung < 12 V)	Funktion: Dauerbetrieb
12/3	<12 V über ALMEMO® Gerät, Strombedarf: 25 mA: kein Regentest/kein Regen. 130 mA: 2 s/Min. bei Regentest. 130 mA: dauernd bei Regen.	Einstellung: AUS* Funktion: Heizung deaktiviert (Energiesparmodus 1)	Einstellung: AUS* Funktion: Lüfter deaktiviert (Energiesparmodus 1)	Funktion: Regentest jede Minute, nach Regenerkennung dauernd aktiv (Energiesparmodus 1)

*Die Einstellung Heizung AUTO wird bei Lüfter AUS automatisch auf Heizung AUS gesetzt.

Hinweis: Der Status der Sensorheizung wird nicht im ALMEMO® Stecker gespeichert. Bei nicht angeschlossener Wettersensorik wird immer der Zustand „OFF“ signalisiert. Nach Anschluss der Sensorik wird der im Sensor gespeicherte Wert ausgelesen und angezeigt.

Messgenauigkeit erhöhen

Windmessung

Gebäude, Brücken, Böschungen und Bäume können auf die Windmessungen Einfluss nehmen. Auch der Verkehr auf Straßen kann durch plötzliche Windstöße die Messung verfälschen.

Messung des Niederschlags

Durch fallende oder sich bewegende Objekte, z.B. fallende oder im Wind wirbelnde Blätter, können falsche Messwerte und/oder Niederschlagsarten gemessen werden.

Bei starkem Wind kann die Genauigkeit der Niederschlagsmessung beeinträchtigt werden. Die Wetterstation sollte an keinen Orten aufgestellt werden, an denen Luftturbulenzen zu erwarten sind, z.B. an Gebäuden.

Die Wetterstation darf nicht in der Nähe anderer Geräte, die auch mit 24 GHz arbeiten, betrieben werden. Das können zum Beispiel Sensoren zur Verkehrszählung sein, die an Schilderbrücken montiert sind.

Messen

Die Windgeschwindigkeit wird ab 0 m/s ausgegeben. Die Ansprechschwelle beträgt 0,3 m/s. Bei Windgeschwindigkeiten unter 0,5 m/s werden keine Messwerte für die Windrichtung ausgegeben.

Mit Hilfe der Funktionskanäle X_{\max} , X_{\min} , X_{avg} und dem sensorinternen Zyklus von 2 Sek. werden laufend die entsprechenden Max-, Min- und Mittelwerte der einzelnen Größen berechnet. Zur Abfrage dieser Werte muss ein gewünschter **Ausgabezyklus** (2s bis 24h) im Gerät programmiert werden.

Im Sensormenü kann zur Energieeinsparung der Feuchtelüfter ausgeschaltet und so die Station am ALMEMO® Gerät mit 12V im Energiesparmodus 1 (ca. 25mA) betrieben werden. Das Regenradar wird dann nur jede Minute getestet und der Lüfter ist ausgeschaltet (siehe Kapitel „Energiesparmodus 1“ oben). Mit angeschlossenem 24V-Netzteil und eingestelltem Auto-Modus werden Heizung, Lüfter und Radar bei Bedarf automatisch eingeschaltet. Die Sensorversorgungsspannung wird zur Kontrolle angezeigt.

Wird der Meteo-Multigeber ohne externe Versorgungsspannung, d.h. mit einer Betriebsspannung unter 12 V DC betrieben, wird der Lüfter, unabhängig von der Einstellung der Lüfterbetriebsart, nicht eingeschaltet. Dies kann bei Sonneneinstrahlung die Genauigkeit der Temperatur- und Feuchtemessung beeinflussen.

Es ist nicht möglich, die Wetterstation FMD760 im Sleepmode der ALMEMO® Geräte zu betreiben.

Fühlerschutz

Die Betriebssicherheit und Funktion ist bei Modifizierung oder Umbauten nicht mehr gewährleistet.

Wartung

Die Wetterstation ist grundsätzlich wartungsfrei.

Eine jährliche grundlegende Überprüfung der Wetterstation wird jedoch empfohlen:

- Entfernung von sichtbaren Verschmutzungen
- Überprüfung der Sensoren durch Messwertabfrage
- Überprüfung der Funktion des Lüfters (Laufgeräusch vorhanden?)

Empfohlen wird auch eine jährliche Überprüfung des Feuchtesensors im Inneren des Gehäuses beim Hersteller. Der Feuchtesensor kann vom Kunden nicht ausgetauscht werden.

Wird mit der Wetterstation ein Strahlungssensor eingesetzt, muss darauf geachtet werden, dass dessen Kuppel in angemessenen Intervallen gereinigt wird.

3.6.2 Luftdrucksensoren

Messprinzip

In den Luftdrucksensoren befindet sich eine Kammer, die mit einer Membran abgeschlossen ist. Die äußere Seite der Membran hat Verbindung zur Atmosphäre, d.h. der atmosphärische Luftdruck liegt auf der Außenseite der Membran an. Je nach Höhe des Luftdrucks wird die Membran mehr oder weniger gedehnt.

Auf die Membran sind elektrische Widerstände aufgedampft, die ihren Widerstand bei Dehnung ändern. Die Spannung, die über diese Widerstände abfällt, wird zum Luftdruck in Beziehung gesetzt.

Grundlagen

Barometer und Wetter werden allgemein als eng zusammengehörig empfunden. So spielt die genaue Messung des Luftdrucks für die Wettervorhersage und die Fliegerei, die ihn als Höhenmaßstab benutzt, eine entscheidende Rolle.

Physikalische Einheiten

$$1 \text{ mbar} = 10^2 \text{ N/m}^2 = 10^2 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa} = 10^3 \text{ dyn/cm}^2 = 10,2 \text{ Kp/m}^2$$

N = Newton

Pa = Pascal

hPa = Hektopascal

Zwischen den früher häufig verwendeten Einheiten Torr und mm Quecksilber gilt folgende Beziehung:

$$1 \text{ mbar} = 0,750 \text{ Torr} = 0,7500 \text{ mm Hg}$$

Auswahl, Produktübersicht

Artikelnummer	Messbereich	Genauigkeit	Eigenschaften
FDAD12SA	300 bis 1100 mbar	$\pm 2,5 \text{ mbar}$	ohne Druckanschlussstutzen
FDA612SA	700 bis 1050 mbar	$\pm 0,5\%$ vom Endwert	mit Druckanschlussstutzen

Hinweise zur Messung

Die Druckmessstecker können wegen ihrer kompakten Bauform direkt auf die Messgeräte aufgesteckt werden.

3.6.2.1 Digitaler Luftdruckfühler FDAD 12-SA für barometrischen Druck

Fühlereigenschaften

Ausstattung



Abb. 3.6.6 Digitaler Luftdruckfühler FDAD 12 SA

Der Luftdrucksensor basiert auf einem digitalen voll abgeglichenen und temperaturkompensierten Absolutdrucksensor.

Für diesen Luftdruckfühler wurde ein Luftdrucksensorelement in einen ALMEMO®D6 Stecker eingebaut, sodass er als kompakter Fühler direkt auf das Messgerät aufsteckbar ist. Als Luftdruckfühler für barometrischen Druck wurde auf einen Druckanschlussstutzen verzichtet.

Programmierung

Der Messwert Luftdruck kann zur Kompensation anderer Fühler am ALMEMO® Gerät verwendet werden (Programmierung Kommentar: *P).

Messbereiche bei Auslieferung

Messgröße	Befehl	Be-reich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. Luftdruck AP, p	B-01	DIGI	-1	300 bis 1100	mb	0,1 mb

Konfigurierbare Messbereiche

Die Messbereiche der Messkanäle sind aus einer Liste von 2 Bereichen konfigurierbar (siehe Tabelle unten).

D6-Stecker stellen 4 Kanäle zur Verfügung. Bei Bedarf können der Luftdruck und die Temperatur auf zwei Kanälen und zusätzlich auf den 2 übrigen Kanälen die gleichen Bereiche noch einmal konfiguriert werden, um die Messwerte z.B. in anderen Dimensionen darzustellen.

Messgröße	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. Luftdruck AP, p	B-01	DIGI	-1	300 bis 1100	mb	0,1 mb
2. Temperatur T, t	B-02	DIGI	-1	-10,0 bis +60,0	°C	0,1 K

Im Sensormenü wird der vom Fühler gemessene Luftdruck angezeigt. Er kann durch Anklicken von Punkt 'Referenz' unter dieser Anzeige zur Kompensation anderer Fühler am ALMEMO® Gerät verwendet werden.

Technische Daten

Art des Sensors	Digitaler Luftdrucksensor (eingebaut im ALMEMO® D6 Stecker)
Messbereich	300 bis 1100 mbar
Genauigkeit	±2,5 mbar (im Bereich 700 bis 1100 mbar bei 23°C ± 5 K)
Arbeitsbereich	-10,0 bis +60,0°C
	10 bis 90% rH nicht kondensierend

ALMEMO® D6 Stecker	
Refresh-Rate	1 Sekunde für alle Kanäle
Versorgungsspannung	6 bis 13 V DC
Stromverbrauch	4 mA

Abmessungen

Abmessungen: 62 x 20 x 7,6 mm

Messen

Eine Messung im Sleepmode des Gerätes ist mit diesem Fühler möglich. Bei Verlängerung ist allerdings eine Sleep-Verzögerung von 1s nötig.

3.6.2.2 Druckmessstecker für barometr. Druck FDA 612-SA

Fühlereigenschaften



Abb. 3.6.7 Druckmessstecker FDA 612 SA

Ausstattung

Für diesen Luftdruckfühler wurde ein Luftdruck-sensorelement in einen ALMEMO® Stecker eingebaut, sodass er als kompakter Fühler direkt auf das Messgerät aufsteckbar ist. Er ist mit einem Druck-anchlussstutzen ausgestattet.

Programmierung

Messgröße	Messbereich	Auflösung	Dim	programmierter Bereich	Faktor	Exp.
Luftdruck	700 bis 1050 mbar	0,1	mb	D2.6	-1,0000	3

Technische Daten:

Messbereich	700 bis 1050 mbar (Gesamtbereich 0 bis 1050 mbar)
Überlastbarkeit	maximal 1,5-facher Endwert
Genauigkeit	±0,5% vom Endwert
Nenntemperatur	25°C
Temperaturdrift	< ±1% v. Endwert bei 0 bis 70°C
Schlauchanschlüsse	Ø 5 mm, 12 mm lang
Sensormaterial	Aluminium, Nylon, Silicon, Silicongel, Messing
Arbeitsbereich	-10 bis +60°C, 10 bis 90% rH nicht kondensierend

Abmessungen

Länge: 90 mm, Breite: 20 mm, Höhe: 7,6 mm

3.6.3 Windgeschwindigkeitsgeber

3.6.3.1 Windgeschwindigkeitsgeber FVA 615 2

Messprinzip



Abb. 3.6.8
Windgeschwindigkeits-
geber FVA 615 2

Zur Messung der Windgeschwindigkeit steht eine ganze Reihe von verschiedenartigen Verfahren zur Verfügung. In der meteorologischen Praxis wird vor allem das rotierende Schalenkreuzanemometer verwendet.

Es besteht aus einem drei- oder vierzackigen Stern (Schalenkreuz), der um eine senkrechte Achse rotieren kann. An jeder Zacke des Sterns sitzt eine Halbkugel. Diese sind so angeordnet, dass der Wind immer gleichzeitig auf eine konkave und auf eine konvexe Halbkugel trifft. Die konkave Fläche setzt dem Wind einen erheblich höheren Strömungswiderstand entgegen als die konvexe.

Der Wind übt also jeweils auf den Zacken mit der konkaven Halbkugel eine größere Kraft aus, als auf den mit der konvexen. Die Folge ist, dass sich der Stern zu drehen beginnt und umso schneller rotiert je stärker der Wind ist. Der große Vorteil dieses Messprinzips ist, dass es unabhängig von der Windrichtung arbeitet.

Der Windgeber dient zur Erfassung der horizontalen Windgeschwindigkeit. Die Messwerte werden als elektrische analoge Strom-/ oder Spannungssignale abgegeben, z.B. zur Steuerung von Windkraftanlagen.

Grundlagen

Zur Angabe der Windgeschwindigkeit sind folgende Maßeinheiten üblich:

Meter pro Sekunde (m/s),

Kilometer pro Stunde (km/h) oder

Knoten, wobei ein Knoten einer nautischen Meile pro Stunde entspricht.

Zwischen den Einheiten gelten folgende Umrechnungen:

1 m/s	= 3,6 km/h	= 1,9 Knoten
1 km/h	= 0,54 Knoten	= 0,28 m/s
1 Knoten	= 0,52 m/s	= 1,86 km/h

Tabelle Beaufort Skala

m/s	km/h	Windstärke	Windbezeichnung
0,3 bis 1,5	1 bis 5	1	leiser Zug
1,6 bis 3,3	6 bis 11	2	leichte Brise
3,4 bis 5,4	12 bis 19	3	schwache Brise
5,5 bis 7,9	20 bis 28	4	mäßige Brise
8,0 bis 10,7	29 bis 38	5	frische Brise

m/s	km/h	Windstärke	Windbezeichnung
10,8 bis 13,8	39 bis 49	6	starker Wind
13,9 bis 17,1	50 bis 61	7	steifer Wind
17,2 bis 20,7	62 bis 74	8	stürmischer Wind
20,8 bis 24,4	75 bis 88	9	Sturm
24,5 bis 28,4	89 bis 102	10	schwerer Sturm
28,5 bis 32,6	103 bis 117	11	orkanartiger Sturm
über 32,7	über 118	12	Orkan

Fühlereigenschaften

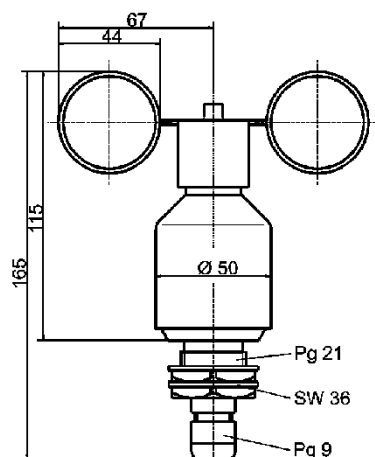
Ausstattung

Für den Winterbetrieb sind alle Geräte mit einer elektronisch geregelten Heizung versehen, um das Einfrieren der Kugellager und der äußeren Rotationsteile zu verhindern.

Technische Daten

Messbereich	0,5 bis 50 m/s
Messgenauigkeit	$\pm 0,5 \text{ m/s} \pm 3\%$ vom Messwert
Auflösung	$< 0,1 \text{ m/s}$
Messprinzip	opto-elektronisch (Schlitzscheibe)
Betriebsspannung	9 - 30 V DC oder 24 V AC / DC
für 0 -10 V Ausgang	13 - 30 V DC
Heizung	24 V AC / DC max. 20 W
Umgebungstemperatur	-30 bis +70°C
Kabel	12 m lang LiYCY 6 x 0,25 mm ²
Montage	z.B. Mastrohr mit Aufnahmegewinde Pg21/Bohrung Ø 29 mm
Gewicht	0,75 kg

Abmessungen



Handhabung

Vorbereitung

Wahl des Aufstellortes

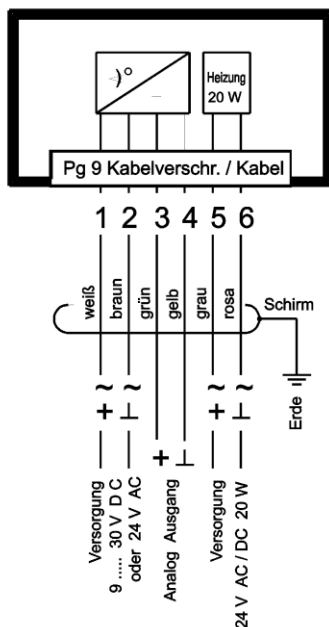
Im Allgemeinen sollen Windmessgeräte die Windverhältnisse eines weiten Umkreises erfassen. Um bei der Bestimmung des Bodenwindes vergleichbare Werte zu erhalten, sollte in 10 Meter Höhe über ebenem, ungestörtem Gelände gemessen werden.

Ungestörtes Gelände heißt, die Entfernung zwischen Windmesser und Hindernis sollte mindestens das Zehnfache der Höhe des Hindernisses betragen (siehe VDI 3786). Kann dieser Vorschrift nicht entsprochen werden, sollte der Windmesser in einer solchen Höhe aufgestellt werden, in welcher die Messwerte durch die örtlichen Hindernisse möglichst unbeeinflusst bleiben (ca. 6-10 m über dem Störungsniveau).

Auf Flachdächern sollte der Windmesser in der Dachmitte statt an dessen Rand aufgestellt werden, damit etwaige Vorzugsrichtungen vermieden werden.

Anschlussbilder

Getrennte Spannungsversorgung



Gemeinsame Spannungsversorgung

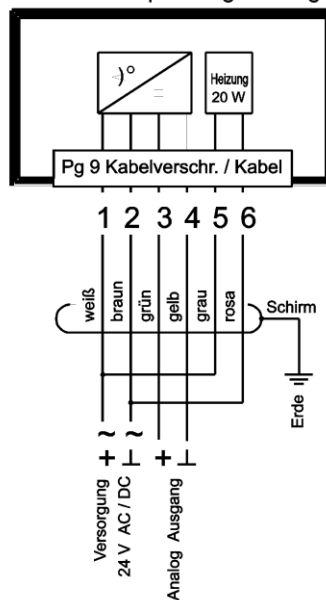


Abb. 3.6.9 Anschlussbelegung

Montage

Die Montage kann z.B. auf einem zentralen Mastrohr mit einem Aufnahmegewinde PG 21 oder auf Auslegern o.ä. mit einer Bohrung von Ø 29 mm erfolgen. Dabei ist auf Hindernisse zu achten, die den Luftstrom verfälschen und den Messwert beeinflussen.

Die flexible Steuerleitung LiYCY wird dabei durch die Bohrung geführt und der Windgeber mit der Sechskantmutter (SW 36) fixiert. Der elektrische Anschluss wird entsprechend dem Anschlussschaltbild oben durchgeführt.

Heizung

Die Heizung des Windgebers (siehe Kapitel ‚Ausstattung‘) muss über ein externes Netzteil elektrisch versorgt werden (gehört nicht zum Lieferumfang des FVA 615 2).

Messgenauigkeit erhöhen

Bei Verwendung von Befestigungsadaptern (Winkel, Traverse, etc.) ist eine mögliche Beeinflussung durch Turbulenzen zu beachten.

Messen

Wegen der nicht zu vermeidenden Reibung in den Lagern läuft der Windgeschwindigkeitsgeber erst bei einer bestimmten Mindestwindgeschwindigkeit an und weist eine gewisse Trägheit auf. Bei einem plötzlichen Windstoß braucht das Schalenkreuz eine kurze Beschleunigungszeit, bis es die der Böe entsprechende Rotationsgeschwindigkeit erreicht hat. Andererseits läuft es nach dem Abflauen noch eine Zeit lang nach.

Das führt zu einer Glättung der Windregistrierung: Geschwindigkeitsspitzen werden abgeschliffen. Da sich das Schalenkreuz bei zunehmender Windgeschwindigkeit schneller anpasst als bei abnehmender, ist der angezeigte Mittelwert dann höher als der tatsächliche.

Fühlerschutz

Lagerung, Montage und Betrieb unter Witterungsbedingungen ist nur in senkrechter Position zulässig, andernfalls kann Wasser in das Gerät eindringen.

Wartung

Bei sachgemäßer Montage arbeitet das Gerät wartungsfrei.

Der Schlitz zwischen den rotierenden und feststehenden Teilen kann durch angetriebenen Staub oder Schmutz verstopfen. Er muss stets sauber gehalten werden.

3.6.4 Windrichtungsgeber

3.6.4.1 Windrichtungsgeber FVA 614



Grundlagen

Die Windrichtung wird entweder nach der Himmelsrichtung oder nach einer 360-, gelegentlich auch 36-teiligen Skala angegeben.

In der meteorologischen Datenerfassung wird zur Bestimmung der Windrichtung überwiegend die Windfahne verwendet, die zur Erfassung der horizontalen Windrichtung dient. Die Messwerte werden als elektrische analoge Strom- oder Spannungssignale abgegeben, z.B. zur Steuerung von Windkraftanlagen.

Abb. 3.6.10 Windgeber FVA 614

Fühlereigenschaften

Ausstattung

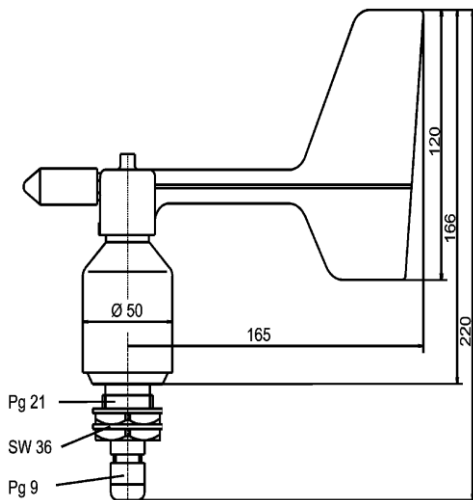
Für den Winterbetrieb sind alle Geräte mit einer elektronisch geregelten Heizung versehen, um das Einfrieren der Kugellager und der äußeren Rotationsteile zu verhindern.

Technische Daten

Messbereich	0 bis 360°
Messgenauigkeit	± 5°
Auflösung	11,25° (5-Bit-Gray-Code)
Messprinzip	opto-elektronisch
Betriebsspannung	9 - 30 V DC oder 24 V AC / DC
für 0 -10 V Ausgang	13 - 30 V DC
Heizung	24 V AC / DC max. 20 W
Umgebungstemperatur	-30 bis +70°C
Kabel	12 m lang LiYCY 6 x 0,25 mm ²
Montage	z.B. Mastrohr mit Aufnahmegewinde Pg21 oder Bohrung Ø 29 mm
Gewicht	1,10 kg

Abmessungen

Angegeben in mm.



Handhabung

Vorbereitung

Wahl des Aufstellungsortes

Im Allgemeinen sollen Windmessgeräte die Windverhältnisse eines weiten Umkreises erfassen. Um bei der Bestimmung des Bodenwindes vergleichbare Werte zu erhalten, sollte in 10 Meter Höhe über ebenem, ungestörtem Gelände gemessen werden. Ungestörtes Gelände heißt, die Entfernung zwischen Windmesser und Hindernis sollte mindestens das Zehnfache der Höhe des Hindernisses betragen (siehe VDI 3786).

Kann dieser Vorschrift nicht entsprochen werden, sollte der Windmesser in einer Höhe aufgestellt werden, in welcher die Messwerte durch die örtlichen Hindernisse möglichst unbeeinflusst bleiben (ca. 6-10 m über dem Störungsniveau). Auf Flachdächern sollte der Windmesser in der Dachmitte statt an dessen Rand aufgestellt werden, damit etwaige Vorzugsrichtungen vermieden werden.

Bei Verwendung von Befestigungsadaptern (Winkel, Traverse, etc.) ist eine mögliche Beeinflussung durch Turbulenzen zu beachten.

Meteorologische Messwertgeber

Montage

Die Montage kann z.B. auf einem zentralen Mastrohr mit einem Aufnahmegewinde PG 21 oder auf Auslegern o.ä. mit einer Bohrung von Ø 29 mm erfolgen (z.B. Traverse compact, Artikelnummer ZB 9015TC)

Die flexible Steuerleitung LiYCY wird dabei durch die Bohrung geführt und der Windrichtungsgeber nach der Nordausrichtung mit der Sechskantmutter (SW 36) fixiert. Der elektrische Anschluss wird entsprechend dem Anschlussschaltbild (siehe Kapitel Windgeschwindigkeitsgeber) analog dem Windgeschwindigkeitsgeber durchgeführt.

Heizung

Die Heizung des Windgebers (siehe Kapitel ‚Ausstattung‘) muss über ein externes Netzteil elektrisch versorgt werden (gehört nicht zum Lieferumfang des FVA 614), Anschlussbilder siehe Kapitel 3.6.3.1, ‚Handhabung‘.

Nordausrichtung

Die Gehäusemarkierungen am Schaft und an der Schutzkappe werden deckungsgleich übereinander gedreht. Dann wird ein markanter Punkt der Landschaft (Baum, Gebäude o.ä.) in Nordrichtung mit Hilfe eines Kompasses ermittelt. Über die Windfahne wird dieser Punkt angepeilt und bei Übereinstimmung der Geber verschraubt (die Nordmarkierung muss nach Norden zeigen).

Fühlerschutz

Lagerung, Montage und Betrieb unter Witterungsbedingungen ist nur in senkrechter Position zulässig, andernfalls kann Wasser in das Gerät eindringen.

Wartung

Bei sachgemäßer Montage arbeitet das Gerät wartungsfrei.

Der Schlitz zwischen den rotierenden und feststehenden Teilen kann durch angetriebenen Staub oder Schmutz verstopfen. Er muss stets sauber gehalten werden.

3.6.5 Optische Sonden

Auswahl, Produktübersicht

Artikelnummer	Bezeichnung	Messbereich	Spektrale Empfindlichkeit
FLA 628 S	Global-Strahlungs-pyranometer	0 bis 1500 W/m ²	300 nm bis 3000 nm
FLA 613 GS	Global-Strahlungsmesskopf	0 bis ca. 1200 W/m ²	400 nm bis 1100 nm
FLA 613 VLM	Beleuchtungsstärkemesskopf	0 bis 170 kLux	360 nm bis 760 nm
FLA 613 UVA	UVA-Messkopf	0 bis ca. 3 mW/cm ²	310 nm bis 400 nm
FLA 613 UVB	UVB-Messkopf	0 bis ca. 50 µW/cm ²	265 nm bis 315 nm

Während Globalstrahlungs-pyranometer FLA 628 S hier (siehe unten, Kapitel 3.6.5.1) beschrieben wird, sind die anderen vier optischen Sonden zum Einsatz im Außenbereich unter ‚Sonden zur Messung optischer Größen‘ (siehe Kapitel 3.10) dokumentiert.

3.6.5.1 Globalstrahlungs-pyranometer FLA 628 S

Messprinzip

Die Messung der Strahlungsintensität (Strahlungsstromdichte) erfolgt indirekt über die Differenztemperatur zwischen weißen und schwarzen Flächen. Dadurch wird eine Beeinflussung durch die Umgebungstemperatur vermieden.

Bei Sternpyranometern dienen als strahlungsempfindliche Flächen 12 kreisförmig angeordnete abwechselnd schwarz und weiß lackierte Kupferplättchen. Bei Bestrahlung erwärmen sich die schwarzen Flächen stärker als die weißen. Diese Temperaturdifferenz wird mit einer an der Unterseite der Flächen angebrachten Thermosäule gemessen.

Messung des Himmelsstrahlungsanteils

Pyranometer messen zunächst nur die kurzwellige Strahlung, weil die Abdeckhauben für den langwelligen Spektralbereich undurchlässig sind. Mit Hilfe besonderer Konstruktionen lässt sich auch der Himmelsstrahlungsanteil alleine erfassen. Dazu wird ein Schattenband so über das Gerät montiert, dass die direkte Sonnenstrahlung vom Messelement abgehalten wird. Die jahreszeitliche Variation der Sonnenhöhe wird durch eine Höhenverstellung mit Hilfe einer Skala berücksichtigt.

Bestimmung der Intensität der Sonnenstrahlung

Benützt man ein abgeschattetes und ein freies Pyranometer nebeneinander, so lässt sich aus der Differenz ihrer Messwerte die Intensität der Sonnenstrahlung berechnen.

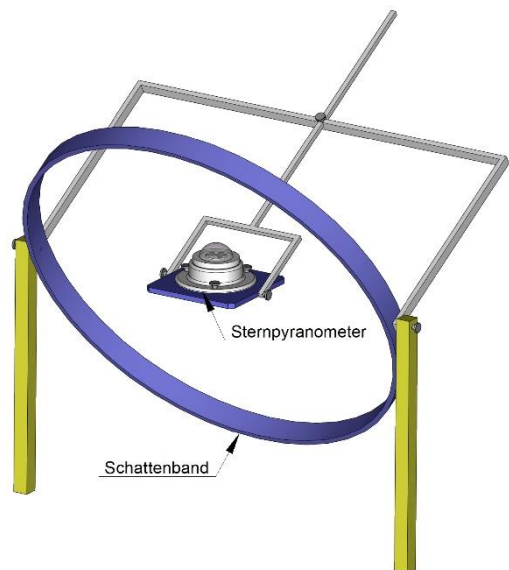


Abb. 3.6.11
Globalstrahlungs-pyranometer
mit Schattenband

Messung der kurzwelligen Strahlungsbilanz

Ein Pyranometer-Paar, von denen das eine nach oben und das andere nach unten gerichtet ist, ermöglicht die Bestimmung der kurzwelligen Strahlungsbilanz, denn was die untere Empfängerfläche aufnimmt, ist nichts anderes als die Reflexstrahlung des Bodens. Daraus lässt sich dann auch die Albedo (Rückstrahlungsvermögen) der Bodenoberfläche berechnen.

Grundlagen

Die Globalstrahlung ist die aus dem oberen Halbraum auf eine horizontale Fläche auffallende Strahlung im Wellenlängenbereich des Sonnenspektrums von 0,3 - 3 µm. Sie ist die Summe der direkten Solar- und diffusen Himmelsstrahlung und wird in Watt pro m² (W/m²) angegeben.

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Zur Erfassung der Globalstrahlung, der Himmelsstrahlung und der kurzwelligen Reflexstrahlung, gibt es im ALMEMO® Fühlerprogramm das Sternpyranometer nach Dirmhirn FL A628-S. Umwelteinflüsse werden durch eine geschliffene Präzisionsglaskuppel von den Sensorflächen abgeschirmt.



Abb. 3.6.12 Globalstrahlungspyranometer FLA 628 S

Programmierung

Messgröße	Messbereich	Auflösung	Dim	Bereich	Faktor	Exp.
Globalstrahlung	0 - 1500 W/m²	0,1	Wm	d26	-	2

Technische Daten

Messbereich	0 bis 1500 W/m², Auflösung 0,1 W/m²
Spektralbereich	0,3 bis 3 µm
Ausgang	ca. 15 µV/Wm²
Impedanz	ca. 35 Ω
Einsatzbereich	-40 bis +60°C
Kosinuseffekt	< 3% des Messwertes von 0 bis 80° Neigung
Neigung Azimutheffekt	< 3% des Messwertes
Temperatureinfluss	< 1% des Messwertes von -20 bis +40°C
Genauigkeit	Kosinuseffekt + Azimutheffekt + Temperatureinfluss
Nenntemperatur	22°C ± 2 K
Linearität	< 0,5% im Bereich 0,5 bis 1330 W/m²
Stabilität	< 1% des Messbereiches pro Jahr bei fallweisem Einsatz
Einstellzeit	25 s (T95)
Gewicht	1 kg
Kabellänge	3 m mit ALMEMO® Stecker und programmiertem Kalibrierwert

Abmessungen

Gehäuse: 160 mm Ø, 75 mm hoch
Lochkreis: 134 mm Ø,
Bohrungen: 8 mm Ø

Handhabung

Messgenauigkeit erhöhen

Jedes Gerät wird mit einem Kalibrierprotokoll geliefert. Die Kalibrierwerte sind als Korrekturwerte im ALMEMO® Anschluss-Stecker abgelegt und verriegelt. Sie dürfen nicht verändert werden.

Pyranometer im Dauereinsatz sollten vierteljährlich, mindestens aber halbjährlich kalibriert werden.

Befinden sich Sternpyranometer im Dauereinsatz, sollte die Glaskuppel mindestens einmal am Tag sauber- und trockengewischt werden. Die Nivellierung sollte möglichst täglich überprüft werden. Durch 3 Stellschrauben und eine eingebaute Libelle ist dies leicht möglich.

Bei Messungen während der Wintermonate ist eine Ventilierung und Beheizung des Gerätes angebracht, um ein Beschlagen des Glases durch Niederschlag zu vermeiden. Eisbelag muss sehr sorgfältig, evtl. mit Hilfe von Enteisungsspray entfernt werden.

An der Unterseite des Sternpyranometers befindet sich der abschraubbare Trockenbehälter zur Vermeidung von Kondensationseffekten, welcher Silica-Gel als Trockensubstanz enthält. Dieses sollte immer rot sein und alle 2 Wochen ausgetauscht oder regeneriert werden (Aufheizen auf ca. 80°C).

Die Empfängerflächen müssen immer schwarz und weiß sein. Bei Schäden oder Unregelmäßigkeiten an den Empfängerflächen ist eine Überprüfung in unserem Werk unumgänglich. Ein Verkratzen der Empfängerflächen und der Glaskuppel ist unbedingt zu vermeiden.

3.6.6 Kombinierte meteorologische Fühler

3.6.6.1 Digitaler Fühler für Luftfeuchte, Temperatur, Luftdruck FHAD 46-C4AG im Allwetterschutzgehäuse

Messprinzip

Bei kapazitiven Feuchtefühlern ist auf einem Substrat eine feuchteempfindliche Polymerschicht zwischen zwei Elektroden aufgebracht. Durch Wasserdampfaufnahme entsprechend der relativen Luftfeuchtigkeit ändert sich die Dielektrizitätskonstante und damit die Kapazität des Dünnschichtkondensators. Das Messsignal ist direkt proportional zur relativen Feuchte.

Um andere Feuchtegrößen wie absolute Feuchte, Mischung, Dampfdruck und Enthalpie aus der so gemessenen relativen Feuchte zu ermitteln, werden auch Temperatur und Umgebungsdruck (Gasdruck) benötigt, die deshalb in den Fühlern gleichzeitig mit der relativen Feuchte erfasst werden.

In den ALMEMO® Steckern der digitalen Fühler (D6) werden für die Ermittlung der Rechengrößen die Formeln nach Dr. Sonntag unter Berücksichtigung des Enhancementfaktors nach W. Bögel (Korrekturfaktor $f_w(t,p)$ für reale Mischgassysteme) angewandt.



Abb. 3.6.13 FHAD 46-C4AG

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Der Sensor arbeitet mit einem Miniatur-Multisensormodul (siehe Unterkapitel ‚Ausstattung‘ im Kapitel 3.4.1.1).

Kabellängen

Kabellängen sind in Abstufungen bis 100 m möglich (5 m, 10 m, 20 m, 40 m, 100 m).

Programmierung

Messbereiche bei Auslieferung

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. Temperatur T, t	B-01	DIGI	-2	-20 bis +80 ⁺	°C	0,01 K
2. Rel. Feuchte RH, U _w	B-02	DIGI	-1	5 bis 98	%H	0,1% rH
3. Taupunkt DT, t _d	B-03	DIGI	-1		°C	0,1 K
4. Luftdruck AP, p	B-08	DIGI	-1	700 bis 1100	mb	0,1 mb

⁺ Messbereich abhängig vom Fühlertyp (siehe Technische Daten)

Die Feuchtefühler FHAD46Cxx werden mit den oben gezeigten Messbereichen ausgeliefert. Diese Programmierung kann geändert werden, d.h. es kann zum Beispiel statt des Taupunkts in Kanal 3 die absolute Feuchte angezeigt werden.

Die Programmierung des Sensors an V6- und V7-Geräten sowie dem Kabel ZA1919AKUV wird im Unterkapitel ‚Programmierung‘ in Kapitel 3.4.1.1 beschrieben.

Konfigurierbare Messbereiche

Die Messbereiche der 4 Messkanäle sind aus einer Liste von 8 Bereichen konfigurierbar (*Auslieferungszustand):

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. Temperatur T, t	B-01	DIGI	-2	-20 bis +80 ⁺	°C	0,01 K
2. Rel. Feuchte RH, U _w	B-02	DIGI	-1	5 bis 98	%H	0,1 % rH
3. Taupunkt DT, t _d	B-03	DIGI	-1		°C	0,1 K
4. Mischung MH, r mit LK	B-04	DIGI	-1		gk	0,1 g/kg
5. Abs. Feuchte AH, d _v	B-05	DIGI	-1		gm	0,1 g/m ³
6. Dampfdruck VP, e	B-06	DIGI	-1		mb	0,1 mb
7. Enthalpie En, h mit LK	B-07	DIGI	-1		kJ	0,1 kJ/kg
8. Luftdruck AP, p	B-08	DIGI	-1	700 bis 1100	mb	0,1 mb

⁺ Messbereich abhängig vom Fühlertyp (s. Datenblatt)

Außer dem Bereich werden automatisch eine zweistellige Dimension und ein Kommentar programmiert, die aus den bisher üblichen Kürzeln der Tafeln des Deutschen Wetterdienstes und den neueren Formelzeichen gemäß VDI/VDE 3514 bestehen.

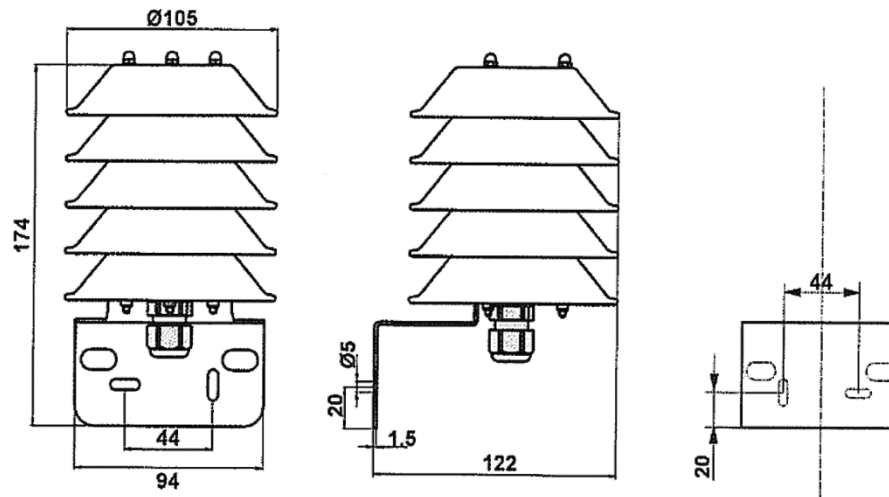
Technische Daten

Einsatzbereich	-30 bis +60°C / 5 bis 98% rH
Art des Sensors	Digitaler Feuchte-/Temperatur-Sensor (inkl. AD-Wandler)
Feuchte	
Messbereich	5 bis 98% rH
Sensor	CMOSens [®] Technologie
Genauigkeit	±2,0% rH im Bereich 10 bis 90% rH ±4,0% rH im Bereich 5 bis 98% rH bei Nenntemperatur
Hysterese	typ. ±1% rH
Nenntemperatur	23 °C ± 5K
Sensorbetriebsdruck	atmosphärischer Druck
Temperatur	
Sensor	CMOSens [®] Technologie
Genauigkeit	typ. ±0,2 K bei 5 bis 60°C max. ±0,4 K bei 5 bis 60°C max. ±0,7 K bei -20 bis 80°C
Reproduzierbarkeit	typ. ±0,1 K
Digitaler Luftdrucksensor (auf dem Multisensormodul)	
Messbereich	700 bis 1100 mbar
Genauigkeit	±2,5 mbar (bei 23°C ± 5 K)
ALMEMO[®] Anschlusskabel	PVC, Längen 5 m, 10 m, 20 m, 40 m, 100 m mit ALMEMO [®] Stecker
ALMEMO[®] Stecker	
Refreshzeit	1 Sek. für alle 4 Kanäle
Versorgungsspannung	6 bis 13 V DC
Stromverbrauch	12 mA
Mechanische Ausführung	
Fühlerrohr	Kunststoff, Durchmesser 12 mm

Filterkappe	PTFE – Sinterfilter SK6
Allwetterschutz	Ø 105 mm, Höhe ca. 110 mm
Klemmkasten	51 x 53 x 36 mm
Kabelverschraubung	spritzwassergeschützt

Abmessungen

Maße in mm



Handhabung

Vorbereitung

Montage

Das Fühlerkabel ist über Schraubklemmen angeschlossen, kann also für die Montage abgenommen und wieder angeschraubt werden.

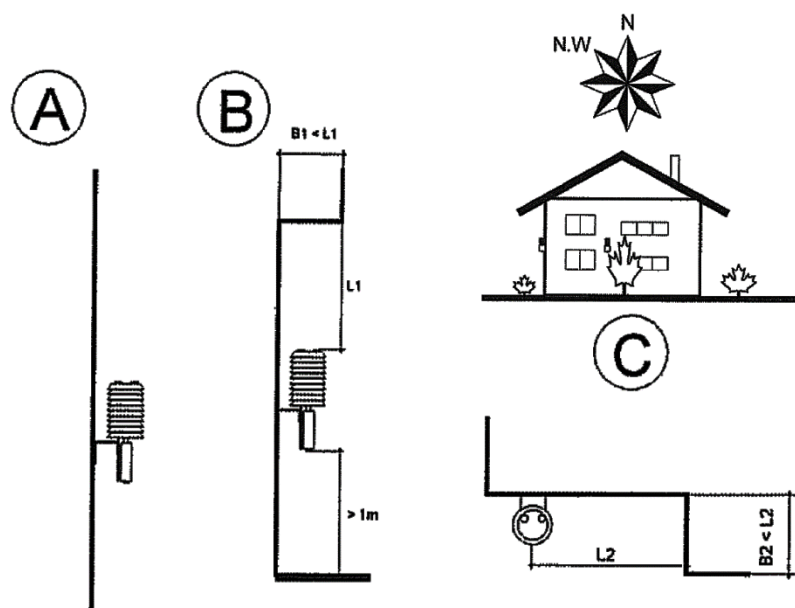


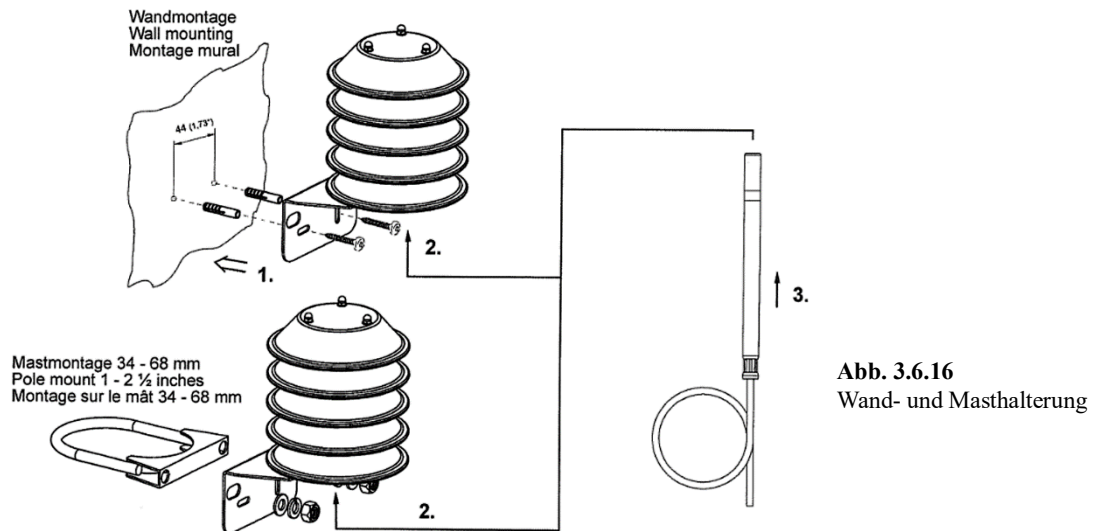
Abb. 3.6.14 Montage

Ungünstige Montageorte:



Abb. 3.6.15 Ungünstige Montageorte

Wand- und Masthalterung



3.7 Luftströmungsfühler

Auswahl, Einsatz

Im ALMEMO® Fühlerprogramm stehen zur Messung von Strömungsgeschwindigkeiten Thermoanemometer-sonden, Staurohre und Flügelräder zur Auswahl.

Der Anwendungsbereich der Strömungsgeschwindigkeit und die Einsatztemperatur sind wichtige Auswahl-kriterien vor dem Kauf eines Luftströmungsfühlers:

Messfühler	Strömungsgeschwindigkeiten	Einsatztemperaturen
Thermoanemometer	0,1 bis 20 m/s	bis 50°C
Flügelräder	0,2 bis 40 m/s	bis 140°C
Staurohre	ca. 7 bis 90 m/s	bis 600°C

Folgende Eigenschaften der verschiedenen Fühlertypen grenzen die Auswahl weiter ein:

Thermoanemometer	Messungen von sehr geringen Luftströmungen (z.B. Zugluftmessung) sind möglich. Mit bestimmten Thermoanemometern können richtungsabhängige Messungen durchgeführt werden. Thermoanemometer sind nur in reiner Luft zu verwenden und sollten mit großer Sorgfalt behandelt werden.
Flügelräder	Weist hohe Genauigkeit bei mittleren Strömungsgeschwindigkeiten und mittleren Umgebungstemperaturen auf, unempfindlich gegen turbulente Strömungen.
Staurohre	Für hohe Strömungsgeschwindigkeiten und raue Einsatzbedingungen geeignet, hohe Umgebungstemperaturen möglich, leicht zu reinigen.

Hinweise zur Messung

Allgemeines zum Einbau von Strömungssensoren

Die genaue und zuverlässige Bestimmung der Luftgeschwindigkeit hängt von der richtigen Positionierung des Fühlers ab.

Genaue Messungen sind nur möglich, wenn die Fühler weit genug von Stellen mit turbulenter Strömung entfernt positioniert werden. Turbulente Strömungen entstehen nach Rohrkrümmern, Abzweigungen, hinter Klappen, Ventilatoren oder Querschnittsveränderungen.

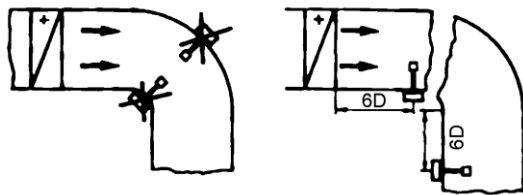
Die Beruhigungsstrecke ist eine Funktion des Rohrdurchmessers D .

Bei rechteckigen Rohren gilt: $D = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b}$

a, b: Seiten des Rohr-Querschnitts

Luftströmungsfühler

Die folgenden Bilder sollen bei Installation eines Luftgeschwindigkeitssensors helfen.

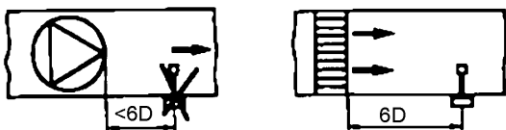


Genaue Messwerte erhält man, wenn man bei der Montage nach Rohrkrümmern, Abzweigungen, hinter Klappen, Ventilatoren oder Querschnittsveränderungen die Beruhigungsstrecken, gemäß der oben stehenden Formel, berücksichtigt.

Abb. 3.7.1 Positionierung eines Strömungssensors



Fühler in der Mitte des Kanals montieren.



Optimal ist die Platzierung hinter Filtern und Gleichrichtern, weil dort kein Drall herrscht.



Fühler vor Diffusoren und Konfusoren platzieren.



Filter bzw. Kühler beruhigen die Strömung.

Abb. 3.7.2 Positionierung eines Strömungssensors

3.7.1 Thermoanemometer

Messprinzip

In den Messsonden befindet sich ein temperaturabhängiger Halbleiter (NTC oder Dünnschichtsensor), der durch einen Strom auf eine konstante Temperatur aufgeheizt wird, die über der Umgebungstemperatur liegt.

Sobald der beheizte Halbleiter einem Luftstrom ausgesetzt wird, wird ihm Energie entzogen. Mit einer Regelschaltung wird die Temperatur des Elementes konstant gehalten. Der Regelstrom ist proportional zum Wärmeentzug, der Wärmeentzug dient somit als Maß für die Luftgeschwindigkeit.

Da diese Messung stark von der Umgebungstemperatur abhängig ist, wird mit einem weiteren Präzisions-NTC-Widerstand die Umgebungstemperatur gemessen und automatisch kompensiert.

Anwendungsbereiche

Thermistoren und Hitzdraht- oder Heißfilmsonden sind hochsensible Messwertaufnehmer, besonders geeignet für sehr niedrige Luftgeschwindigkeiten und beengte Platzverhältnisse. Sie eignen sich für den Einsatz in allen Bereichen der Klima- und Lüftungstechnik, sowie im Bereich der Haustechnik und zur Beurteilung von Arbeitsplätzen (Zugluft).

Aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit kann mit Hilfe der Messgeräte über die Angabe der Querschnittsfläche leicht der Volumenstrom berechnet und angezeigt werden.

3.7.1.1 Thermoanemometer FVAD35THx

Fühlereigenschaften



Abb. 3.7.3 Strömungssensoren
FVAD35TH4/TH5 und
FVAD35TH4Kx/TH5Kx

Ausstattung

Die Thermoanemometer des Typs FVAD35x sind mit einem digitalen ALMEMO® D6-Fühler ausgestattet, der als Primärmeßkanäle (gemessene Größen) Strömung, Temperatur und Luftdruck besitzt. Die Strömungsgeschwindigkeit wird im Bereich 0 bis 50°C temperaturkompensiert und durch einen serienmäßig in den ALMEMO® Stecker eingebauten Luftdrucksensor auch luftdruckkompensiert.

Der von Thermoanemometern gemessene Wert der Strömungsgeschwindigkeit ist umgekehrt proportional zum Luftdruck ($v = v_m \cdot 1013/p_m$), d.h. bereits 10% Abweichung (912 mbar) vom Normaldruck 1013 mbar bewirken einen Messfehler von 10%. Deshalb werden die D6-Fühler serienmäßig mit einem Luftdrucksensor im ALMEMO® Stecker ausgerüstet, der automatisch immer zur Luftdruckkompensation (LK) der Strömung dient, auch wenn der Kanal deaktiviert ist (siehe Kapitel 3.1.3.1). Der gemessene Luftdruck kann zudem auch als Referenz-Luftdruck für andere Fühler im ALMEMO® Meßgerät verwendet werden (siehe Kapitel 6.3.6).

Programmierung

Messbereiche bei Auslieferung

Bezeichnung	Befehl	Kürzel	Exp	Messbereich	Auflösung
Temperatur T, t	B-01	DIGI	-1	-20 bis +70°C	0,1 K
Strömung, v mit LK (TH4)	B-02	DIGI	-3	0,08 bis 2 m/s*	0,001 m/s
Strömung, v mit LK (TH5)	B-02	DIGI	-2	0,2 bis 20 m/s*	0,01 m/s
Luftdruck AP, p	B-03	DIGI	-1	300 bis 1100 mbar	0,1 mbar

* Messbereich und Auflösung nach Fühlertyp

Konfiguration am PC über das Sensor-Menü



Abb. 3.7.4 Sensormenü in der Software ALMEMO® Control

Im Sensor-Menü kann der Stecker des Sensors über den Computer programmiert werden (siehe Kapitel 3.1.3.1).

Konfigurierbare Messbereiche

Bezeichnung	Befehl	Kürzel	Exp	Messbereich	Auflösung
Temperatur T, t	B-01	DIGI	-1	-20 bis +70,0°C	0,1 K
Strömung, v mit LK (TH4)	B-02	DIGI	-3	0,08 bis 2 m/s*	0,001 m/s
Strömung, v mit LK (TH5)	B-02	DIGI	-2	0,2 bis 20 m/s*	0,01 m/s
Luftdruck AP, p	B-03	DIGI	-1	300 bis 1100 mbar	0,1 mbar

* Messbereich und Auflösung je nach Fühlertyp

Technische Daten

Strömung	
Messbereich	
FVAD35TH4 / TH4Kx	0,08 bis 2 m/s
FVAD35 TH5 / TH5Kx	0,2 bis 20 m/s
Auflösung	
FVAD35TH4 / TH4Kx	0,001 m/s
FVAD35 TH5 / TH5Kx	0,01 m/s
Ansprechzeit	< 1,5 s
Genauigkeit	
FVAD35TH4 / TH4Kx	$\pm(0,04 \text{ m/s} + 1\% \text{ v MW})$
FVAD35 TH5 / TH5Kx	$\pm(0,2 \text{ m/s} + 2\% \text{ v MW})$
Nennbedingungen	22°C \pm 2K, 45% rH \pm 10% rH, 1013 mbar
Temperaturkompensation	0 bis 50 °C
Temperatureinfluss	
FVAD35TH4 / TH4Kx	$\pm 0,5\% \text{ v MW/}^\circ\text{C}$ (0,3 bis 2 m/s)
FVAD35 TH5 / TH5Kx	$\pm 0,3\% \text{ v MW/}^\circ\text{C}$ (0,3 bis 20 m/s)
Anströmrichtung	bidirektional
Winkelabhängigkeit	< 3% v. MW bei Verdrehung < 15°
Druckbereich	Umgebungsdruck
Luftdruckkompensation	automatisch im Bereich 700 bis 1100 mbar
Temperatur	
Messbereich	-20 bis +70°C
Auflösung	0,1°C
Genauigkeit	$\pm 0,7^\circ\text{C}$ bei 0 bis 50°C, v > 0,5 m/s
Ansprechzeit t ₉₀	typ. 10 s
Digitaler Luftdrucksensor	
Messbereich	eingebaut im ALMEMO® D6-Stecker
Genauigkeit	700 bis 1100 mbar
	$\pm 2,5 \text{ mbar}$ bei 23°C \pm 5K
ALMEMO® D6-Stecker	
Refreshrate	0,5 Sek. für alle 3 Kanäle
Versorgungsspannung	6 bis 13 V DC
Stromverbrauch	40 mA

Luftströmungsfühler

Abmessungen

Sondendurchmesser: 6 mm,
Strömungsöffnung: ca. 10 x 3 mm

FVAD35TH4/TH5: Sonde mit Handgriff
Sondenlänge: 210 mm (plus Handgriff), ALMEMO® Kabel: 1,5 m

FVAD35TH4Kx/TH5Kx: Sonde mit abgesetzter Elektronik im Kabelgehäuse
Sondenlängen: THxK180 mm / THxK2 300 mm
Sondenkabel: 5 m zur Elektronik, ALMEMO® Kabel: 1,5 m

Wartung

Die Luftgeschwindigkeitssonden FVAD35TH4/5 enthalten keine beweglichen Teile und sind daher verschleißfrei. Da sie nach dem Prinzip des Heißfilmanemometers arbeiten, sind die Sensoren weitgehend unempfindlich gegen Schmutz und Staub, sodass bei Normalbedingungen keine Wartung erforderlich ist.

Bei starker Beanspruchung empfehlen wir eine periodische Reinigung mit Isopropylalkohol. Anschließend lässt man das Element an der Luft trocknen. Die Verwendung mechanischer Hilfsmittel ist zu vermeiden.

3.7.1.2 Omnidirektionales Thermoanemometer FVAD 05-TOKx

Fühlereigenschaften

Allgemein

Das Thermoanemometer FVAD 05-TOKx besitzt eine omnidirektional sensitive Spitze mit freiliegendem Hitz-Kugel-Sensor. Durch den stabilen Aufbau der Sensorspitze eignet es sich auch für mobile Einsätze. Thermoanemometer sind besonders zur Erfassung geringer Luftströmungen auch unter beengten Platzverhältnissen geeignet.

Der digitale ALMEMO® D6-Fühler hat die Primärmeßkanäle (gemessene Größen) Strömung und Luftdruck. Die Strömungsgeschwindigkeit wird durch einen serienmäßigen Luftdrucksensor (eingebaut im ALMEMO® Stecker) luftdruckkompensiert. Dadurch ergibt sich eine hervorragende Gesamtgenauigkeit des Messwertaufnehmers. Der gemessene Luftdruck kann zudem auch als Referenz-Luftdruck im ALMEMO® Messgerät verwendet werden (siehe Kapitel 3.1.2).

Die Strömungsgeschwindigkeit von Thermoanemometern ist umgekehrt proportional zum Luftdruck ($v = v_m \cdot 1013/p_m$), d.h. bereits 10% Abweichung (912 mbar) vom Normaldruck 1013 mbar bewirken einen Messfehler von 10%. Deshalb werden die D6-Fühler serienmäßig mit einem Luftdrucksensor im ALMEMO® Stecker ausgerüstet, der automatisch immer zur Luftdruckkompensation (LK) der Strömung dient, auch wenn der Kanal deaktiviert ist (siehe Kapitel 3.1.2). Alternativ kann der Luftdruck im Sensormenü manuell eingegeben werden und durch Umschalten von ‚Sensor‘ auf ‚Manuell‘ als Kompensationsdruck verwendet werden.

Programmierung

Messbereiche bei Auslieferung

Bezeichnung	Befehl	Kürzel	Exp	Messbereich	Auflösung
Strömung, v 1,0 m/s	B-01	DIGI	-3	0,05 bis 2,5 m/s	0,001 m/s
Luftdruck AP, p	B-03	DIGI	-1	300 bis 1100 mbar	0,1 mbar

Konfiguration über Sensormenü

Im Sensormenü wählbar:

- Belegung der vier Kanäle des D6-Steckers mit den unten angegebenen Bereichen.
- Art der Luftdruckkompensation
- Manuelle Eingabe des Luftdrucks
- Der Luftdrucksensor des Thermoanemometers kann als Referenzluftdruck für das Messgerät definiert werden (*P).
- Mittelungszeit

Konfigurierbare Messbereiche

Bezeichnung	Befehl	Kürzel	Exp	Messbereich	Auflösung
Strömung, v 2,5 m/s	B-01	DIGI	-3	0,05 bis 2,5 m/s	0,001 m/s
Strömung, v 1,0 m/s	B-02	DIGI	-3	0,05 bis 1 m/s	0,001 m/s
Luftdruck AP, p	B-03	DIGI	-1	300 bis 1100 mbar	0,1 mbar
Spannung Volt	B-04	DIGI	-3	0 bis 10 V	0,001 V

Wird der Strömungsmessbereich im ALMEMO® Stecker geändert, so muss der entsprechende Messbereich auch im Sensor (Transmitter-Elektronik) umgestellt werden. Die Vorgehensweise hierzu kann der beiliegenden Sensor-Dokumentation entnommen werden.

Technische Daten

Strömungssensor	
Messbereich	0,05 bis 1 m/s oder 2,5 m/s
Auflösung	0,001 m/s
Genauigkeit	± (3% v. Messwert + 1% v. Endwert + 2 Digit)
Nennbedingungen	23°C ± 3 K, 50% rH, 1013 mbar
Temperaturkompensation	wirksam im Bereich 0 bis 60°C
Temperatureinfluss	0,5% v. Messwert/K
Ausgabezeitkonstante	0,1 s (wählbar im Bereich 0,05 bis 10 Sekunden)
Anströmung	omnidirektional
Druckbereich	Umgebungsdruck
Luftdruckkompensation	automatisch im Bereich 700 bis 1100 mbar
Sonden kabel	5 m
Transmitter-Elektronik	
Betriebstemperatur	0 bis 60°C
Versorgungsspannung	12 V DC
Stromverbrauch	max. 350 mA
Netzteilanschluss	Kabel 0,2 m mit Steckverbindung 3-polig für Netzteil ZB1212NA10
ALMEMO® Anschluss	Kabel 2 m mit ALMEMO® D6-Stecker
Digitaler Luftdrucksensor	
Messbereich	eingebaut im ALMEMO® D6-Stecker 700 bis 1100 mbar
Genauigkeit	±2,5 mbar (bei 23°C ± 5 K)
AD-Wandler	
Refreshrate	im ALMEMO® D6-Stecker 0,1 s für alle 2 Kanäle
Versorgungsspannung	über ALMEMO® Gerät (6 bis 13 V DC)
Stromverbrauch	8 mA

Luftströmungsfühler

Abmessungen

Strömungssensor

Spitzenlänge:	32 mm
Sondendurchmesser:	6,4 mm
Sondenlänge:	300 mm inklusive Spitze

Transmitterelektronik

Länge:	126 mm
Breite:	80 mm
Höhe:	60 mm

Handhabung

Vorbereitung

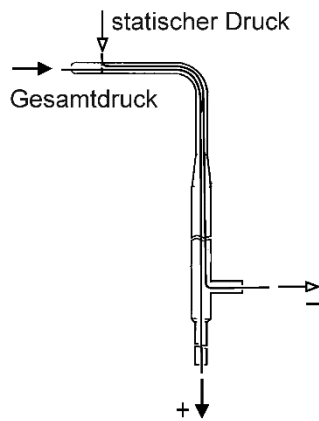
Der Sensor muss vor Gebrauch fest angebracht werden. Bei Montage in einem Schacht oder Rohr muss er sich entweder 7,5 Schachtdurchmesser vor oder 3 Schachtdurchmesser nach Objekten, die Turbulenzen verursachen können, befinden. Der Richtungspunkt der Sonde muss gegen die Durchflussrichtung weisen.

Wartung

Staub und Schmutz können sich auf dem Sensor absetzen. Falls notwendig, den Sensor vorsichtig mit einer weichen Bürste und einer milden Reinigungslösung wie Isopropylalkohol reinigen.

3.7.2 Staudruckmessmodule

Messprinzip



Die Luftgeschwindigkeit wird über den Staudruck ermittelt. Wenn ein Prandtl-Staurohr in eine Luftströmung gehalten wird, trifft der Gesamtdruck aus Staudruck und statischem Druck auf die Staurohröffnung und wird an den Anschluss (+) des Druckmessmoduls weitergeleitet.

Der statische Druck wird über die seitlichen Schlitze aufgenommen und liegt am Anschluss (-) des Druckmessmoduls an.

Die Druckdifferenz, der Staudruck, ist ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit. Dieser wird ausgewertet und angezeigt.

Abb. 3.7.5 Messprinzip Staudruckrohre

Grundlagen

Der Staudruck hängt mit Luftgeschwindigkeit folgendermaßen zusammen:

1. Dichte der Luft:

$$\rho = \rho_0 \frac{273}{273 + t}$$

mit $\rho_0 = 1,292 \text{ kg/m}^3$ (Dichte bei 0°C), t = Lufttemperatur in $^\circ\text{C}$

2. Luftgeschwindigkeit (gültig bis ca. 40 m/s):

$$v = \sqrt{\frac{2p}{k\rho}}$$

mit p = Staudruck in Pa
 k = Beiwert der Sonde
 Prandtlrohr: $k = 1$
 Zylindersonde: $k = 1,7$

3. Luftgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der Kompressibilität der Luft (gültig auch über 40 m/s):

$$v = \sqrt{\frac{p}{\frac{\rho}{2} + \frac{p}{4c^2}}}$$

mit Schallgeschwindigkeit in Luft $c = (331 + 0,6 \cdot \frac{t}{^\circ\text{C}}) \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Aus den Formeln ist zu erkennen, welchen Einfluss die Lufttemperatur auf die Luftdichte und damit auf das

Luftströmungsfühler

Messergebnis der Staudruckmessung hat. Außerdem geht die Abweichung des Luftdrucks P_a vom Normaldruck 1013 mbar in das Ergebnis mit ein. Zur Korrektur der Geschwindigkeit kann folgender Faktor verwendet werden:

$$K = \sqrt{\frac{1013 \text{ mbar}}{P_a}} \quad K \approx 1 + \left(1013 - \frac{P_a}{\text{mbar}}\right) \cdot 0,0005 \quad (\text{in 1. Näherung})$$

Luftgeschwindigkeit für ausgewählte Staudrucke (Prandtl-Staurohr, $t = 22 \text{ °C}$)

Staudruck [Pa]	Staudruck [mmWS]	Luftgeschwindigkeit [m/s]
1	0,1	1,29
2	0,2	1,83
3	0,3	2,24
4	0,41	2,59
5	0,51	2,89
10	1,02	4,09
20	2,04	5,78
30	3,06	7,08
40	4,08	8,18
50	5,1	9,14
100	10,2	12,93

Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung von Temperatur und Luftdruck:

Die tatsächliche Luftgeschwindigkeit ist abhängig von Lufttemperatur und barometrischem Luftdruck. Deshalb muss für exakte Messungen der Luftgeschwindigkeit der Messwert gemäß der Tabelle unten korrigiert werden.

Beispiel:

Luftgeschwindigkeit 50 m/s, Lufttemperatur 80°C, Luftdruck 960 mbar. Der gemessene Wert muss mit dem Korrekturfaktor 1,123 (siehe unten) multipliziert werden. Die Luftgeschwindigkeit beträgt also 56,1 m/s.

Wenn Sie mit ALMEMO® Steckern und Geräten messen, wird diese Korrektur im Gerät vorgenommen, sodass der Wert in der Anzeige schon die fertig korrigierte Luftgeschwindigkeit ist.

Der Luftdruck und die Temperatur müssen allerdings im Gerät programmiert oder mit zusätzlichen Sensoren gemessen werden, siehe Kap 6.2.5.

Die Tabelle unten bezieht sich auf 1013 mbar Luftdruck und 22°C, sodass der Korrekturwert unter diesen Bedingungen gleich 1 ist.

Luft-temperatur	940 mbar	960 mbar	980 mbar	1000 mbar	1020 mbar	1040 mbar
- 30 °C	0,942	0,932	0,922	0,913	0,904	0,895
- 20 °C	0,961	0,951	0,941	0,932	0,923	0,914
- 10 °C	0,980	0,970	0,960	0,950	0,941	0,931
0 °C	0,998	0,988	0,978	0,968	0,958	0,949
10 °C	1,016	1,005	0,995	0,985	0,975	0,966
20 °C	1,035	1,024	1,013	1,003	0,993	0,983
30 °C	1,051	1,040	1,029	1,019	1,009	0,999
40 °C	1,069	1,057	1,047	1,036	1,026	1,016
50 °C	1,085	1,074	1,063	1,052	1,042	1,031
60 °C	1,102	1,090	1,079	1,068	1,057	1,047
70 °C	1,118	1,106	1,095	1,084	1,073	1,063
80 °C	1,135	1,123	1,111	1,100	1,089	1,078
90 °C	1,151	1,139	1,127	1,116	1,105	1,094
100 °C	1,167	1,154	1,142	1,131	1,120	1,109
150 °C	1,242	1,229	1,216	1,204	1,192	1,180
200 °C	1,314	1,300	1,287	1,274	1,261	1,249
250 °C	1,381	1,367	1,353	1,339	1,326	1,313
300 °C	1,446	1,431	1,416	1,402	1,388	1,375
400 °C	1,567	1,550	1,534	1,519	1,504	1,489
500 °C	1,680	1,663	1,646	1,629	1,613	1,597
600 °C	1,784	1,766	1,748	1,730	1,713	1,696
700 °C	1,884	1,865	1,846	1,827	1,809	1,791

3.7.2.1 ALMEMO® Druckmessstecker FDA602-SxK, Staurohre FD9912xxx

Messprinzip

Zur Strömungsmessung werden Prandtl-Staurohre über Schläuche an den Differenz-Druckmessstecker FDA602-SxK angeschlossen.

Der Differenz-Druckmessstecker besitzt eine Messkammer, die durch eine Membran unterteilt ist. Die beiden Schlauchanschlüsse sind mit jeweils einem der zwei Teile der Messkammer verbunden. Liegt an beiden Schlauchanschlüssen verschiedener Druck an, wird die Membran gedehnt. Aus dieser Dehnung geht die Druckdifferenz hervor.

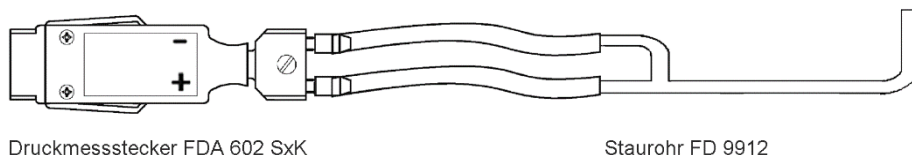


Abb. 3.7.6 Druckmessstecker mit Staurohr

Grundlagen

Statt der Prandtl-Rohre lassen sich auch Zylindersonden verwenden, wenn man den spezifischen Beiwert der Sonde (1,7) durch Programmieren eines Faktors von $1/\sqrt{1,7} = 0,767$ berücksichtigt.

Überlastbarkeit

Die Differenz des Drucks an den beiden Schlauchanschlüssen des Differenz-Druckmesssteckers darf einen bestimmten Wert, der als „Überlastbarkeit“ bezeichnet wird, nicht überschreiten (siehe unten, „Technische Daten“). Bei einer Überschreitung würde die Membran in der Messkammer durch zu große Dehnung irreversibel verändert.

Gleichtaktdruck

Der Gleichtaktdruck ist gleich dem kleineren der beiden an den Schlauchanschlüssen anliegenden Drücke. Auch er darf einen bestimmten Wert nicht überschreiten (siehe unten, Technische Daten). Schäden an der Messkammer (z.B. den Wänden) könnten dadurch verursacht werden.

Fühlereigenschaften

Ausführungen

Differenzdruckstecker

Bezeichnung	Messbereich Differenzdruck	Messbereich Luftströmung	Empfohlener Einsatzbereich
FDA602S1K	±1250 Pa	1 bis 40 m/s	1 bis 40 m/s
FDA602S6K	±6800 Pa	2 bis 90 m/s	2 bis 90 m/s

Staurohre

Staurohre aus vernickeltem Messing können bis zu Temperaturen von 350°C eingesetzt werden, Staurohre aus Chrom-Nickel-Stahl bis zu 500°C. Sie sind in Längen von 300 mm bis 2000 mm erhältlich.

Die Staurohre nach Prandtl besitzen einen Halbkugelkopf. Die Durchmesser für den Kopfdurchmesser reichen von 3 bis 20 mm. Die zulässige Staubbelastung steigt mit der Dicke des Staurohres.

Programmierung

Die Messgrößen Staudruck und Luftgeschwindigkeit sind im ALMEMO® Druckmessstecker auf zwei Messkanälen programmiert.

Bezeichnung	Kanal	Messbereich	Dim	Kürzel	Faktor	Exp
FD A602 S1K:	1.Kanal:	1 bis 40 m/s	ms	L840	-	-
	2.Kanal:	± 1250 Pa	Pa	D2.6	-	3
FD A602 S6K:	1.Kanal:	2 bis 90 m/s	ms	L890	-	-
	2.Kanal:	± 6800 Pa	Pa	D2.6	0,4	4

Technische Daten

Druckmessstecker:

Überlastbarkeit:	Maximal dreifacher Endwert
Maximaler Gleichtaktdruck:	700 mbar
Genauigkeit (Nullp. abgegl.):	$\pm 0,5\%$ vom Endwert im Bereich 0 bis positiver Endwert
Nenntemperatur:	25°C
Temperaturdrift:	$< \pm 1,5\%$ vom Endwert
kompensierter Temp.-Bereich:	0 bis 70°C
Arbeitsbereich:	-10 bis +60°C, 10 bis 90% rH nicht kondensierend
Schlauchanschlüsse:	Ø 5mm, Länge 12mm
Sensormaterial:	Aluminium, Nylon, Silicon, Silicongel, Messing

Abmessungen

Druckmessstecker: 74 x 20 x 8,8 mm

Hinweis bei der Verwendung mit den Geräten ALMEMO® 2890, 5690, 5790, 8590, 8690, 500, 809:

Der Druckmessstecker FDA602SxK hat eine geringfügig größere Höhe (8,8mm) als andere ALMEMO® Stecker. Dadurch kann am ALMEMO® Gerät die benachbarte Eingangsbuchse teilweise abgedeckt werden. Ohne Einschränkungen nutzbar ist die jeweils 1. Eingangsbuchse. Alternativ kann mit dem Anschlusskabel ZA9060AK1 der Druckmessstecker an eine beliebige Eingangsbuchse angesteckt werden.

Staurohr:

Zur Messung des dynamischen Drucks befindet sich an der Staurohrspitze eine Öffnung von 0,3 d. Zur Messung des statischen Drucks sind insgesamt 12 Bohrungen mit 0,1 d Durchmesser in einem Abstand von 3 d angeordnet.

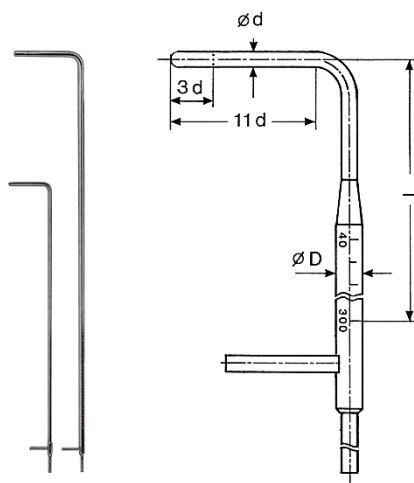


Abb. 3.7.7
Abmessungen der Staurohre

Länge	300 bis 2000 mm
Kopfdurchmesser	3 bis 20 mm

Handhabung

Überprüfung

Achten Sie auf den richtigen Anschluss des Staurohres. Eine Verwechslung der Druckanschlüsse führt zu Fehlmessungen.

Messgenauigkeit erhöhen

Der Nullpunkt der Druckaufnehmer kann sich durch Lageänderungen und Temperaturschwankungen verschieben. Deshalb ist es sinnvoll, den Nullpunkt vor jeder Messung abzugleichen. Für den Abgleich müssen die Druckschläuche abgezogen, bzw. das Staurohr aus dem Strömungskanal herausgenommen werden. Wenn sich der Messwert stabilisiert hat, kann der Nullpunktgleich erfolgen. Dieser 'Nullpunktgleich' ist in der Bedienungsanleitung des jeweiligen Gerätes unter Fühlerabgleich-Nullpunkt beschrieben (Schnittstellenbefehl siehe Kapitel 6.4.2.).

Der Nullpunktgleich ist bei jedem aktiven Kanal (m/s, Pa) getrennt durchzuführen.

Beim Ausschalten geht dieser Abgleich verloren. Deshalb müssen Sie bei der nächsten Messung einen neuen Abgleich durchführen.

Temperaturkompensation für Luftgeschwindigkeit

Weicht die Messtemperatur deutlich von der Bezugstemperatur 25°C ab oder schwankt stark, sollte der Temperatureinfluss (Bereich -50,0 bis +700,0 °C) am besten durch Messung mit einem NiCr-Ni-Temperaturfühler kompensiert werden. Bei allen ALMEMO® Geräten ab der Generation V5 ist jeder geeignete Temperaturfühler (Auflösung 0,1°C) mit Hilfe des Bezugskanals zur Kompensation verwendbar (siehe Kapitel 6.3.4).

Fühlerschutz

Die Druckmesswertgeber beinhalten sehr empfindliche Druckmessdosen.

Beachten Sie die zulässigen Maximaldrücke, sie dürfen nicht überschritten werden!

Vorsicht beim Abziehen der Schläuche! Vermeiden Sie schädliche Unterdrücke!

Drücken Sie die Schläuche nicht zusammen, treten Sie nicht aus Versehen darauf.

Vermeiden Sie zu starke Erschütterungen!

Lassen Sie keine aggressiven Gase an die Membran der Druckdosen gelangen, die sie zerstören würden!

3.7.3 Flügelräder

3.7.3.1 Digitale Flügelradanemometer FVAD15-Hxxx

Messprinzip

Das Flügelrad nimmt eine Drehzahl proportional zur Strömungsgeschwindigkeit v des Fluids (z.B. Luft oder Wasser) an, in das es eingetaucht ist. Die Drehzahl ist nahezu unabhängig von Dichte, Druck und Temperatur des Messmediums.

Die Erfassung der Flügelraddrehzahl geschieht durch einen induktiven Näherungsinitiator. Der Einbau eines weiteren induktiven Näherungsschalters erlaubt die Erfassung des Flügelraddrehsinns und damit die Erkennung der \pm Anströmrichtung.

Diese Art der Drehzahlerfassung erfolgt ohne jede Bremswirkung auf das Flügelrad. Durch das geringe Gewicht des Flügelrades gleicht es seine Drehzahl im Bereich von Millisekunden an Geschwindigkeitserhöhungen an, die Erfassung der geänderten Drehzahl geschieht dann mit einer Refresh-Rate von 0,5 s im D6 ALMEMO® Stecker.

Fühlereigenschaften

Ausstattung



Abb. 3.7.8
Kopf des Flügelradanemometers FVAD 15-H

Die Flügelradanemometer FVAD15-H sind mit einem ALMEMO® D6-Stecker ausgestattet. Er misst hochauflösend das Frequenzsignal des Flügelrades.

Die robuste Bauform dieses Fühlers ist sowohl für mobile als auch stationäre Messungen geeignet. Der Messkopf besitzt eine strömungstechnisch optimierte Form und ist geschützt gelagert.

Jedes Flügelradanemometer der Ausführung FVAD15-H16x und FVAD15-H25x wird einzeln justiert. Die Mehrpunktjustierung ist im ALMEMO® D6-Stecker gespeichert.

Für alle Flügelradtypen sind Verlängerungen des Flügelradschafts erhältlich.

Verlängerung des Flügelradschafts

Artikelnummer Flügelrad	Verlängerung	Eigenschaften
FVAD15-H120 / -H140	Verlängerungsset ZV9915VR3 + Gewintheadapter ZV9915M22	Das Verlängerungsset (Ø 15 mm, 4 x 255 mm) kann mithilfe des Gewintheadapters (M22x1,5) vom Kunden am Flügelrad angebracht werden.
FVAD15-H220 / -H240	Verlängerungsset ZV9915VR3 + Gewintheadapter ZV9915M14	Das Verlängerungsset (Ø 15 mm, 4 x 255 mm) kann mithilfe des Gewintheadapters (M14x1,5) vom Kunden am Flügelrad angebracht werden.
FVAD15-H16GFAMC40	Verlängerungsstange OV9915HVS16A	Aluminium, Ø 16 mm, Länge 350 mm, montiert am Flügelrad ab Werk, nicht abnehmbar.
FVAD15-H25GAMN40 FVAD15-H25RGAMN40	Verlängerungsstange OV9915HVS25A	Aluminium, Ø 25 mm, Länge 350 mm, montiert am Flügelrad ab Werk, nicht abnehmbar.
FVAD15-H25GEMN40T2	Verlängerungsstange OV9915HVS25E	Edelstahl, Ø 25 mm, Länge 350 mm, Temperaturbeständigkeit -20 bis +240°C (VITON O-Ring), montiert am Flügelrad ab Werk, nicht abnehmbar.

Ausführungen

Artikelnummer	Messbereich	Ø des Messkopfs	Temperatur-Einsatzbereich	Besondere Eignung
FVAD15-H120	0,3 bis 20 m/s	25 mm	-20 bis +125°C	
FVAD15-H140	0,4 bis 40 m/s	25 mm	-20 bis +125°C	
FVAD15-H220	0,6 bis 20 m/s	16 mm	-20 bis +125°C	
FVAD15-H240	0,7 bis 40 m/s	16 mm	-20 bis +125°C	
FVAD15-H16GFAMC40	0,6 bis 40 m/s in Gas 0,06 bis 10 m/s in Flüssigkeit	16 mm	-20 bis +100°C	Messung in Gas oder Flüssigkeit
FVAD15-H25GAMN40	0,4 bis 40 m/s	25 mm	-20 bis +125°C	
FVAD15-H25RGAMN40	±0,4 bis ±40 m/s	25 mm	-20 bis +125°C	mit Richtungserkennung
FVAD15-H25GEMN40T2	0,5 bis 40 m/s	25 mm	-40 bis +260°C	Einsatz in weitem Temperaturbereich, Edelstahl, Hochtemperaturkabel

Programmierung

Ab Werk ist ein Messkanal programmiert: Strömungsgeschwindigkeit v [m/s]. Darüber hinaus stehen weitere Messkanäle, die über das Sensor-Menü auswählbar sind, zur Verfügung.

Der Messbereich für die Strömungsgeschwindigkeit wird entsprechend dem angeschlossenen Flügelrad konfiguriert.

Konfigurierbare Messbereiche

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Messbereich	Dim	Auflösung
D6 mc20, v	B-01	DIGI	0 bis 22,5	m/s	0,01 m/s
D6 mc40, v	B-02	DIGI	0 bis 45	m/s	0,01 m/s
D6 mc80, v	B-03	DIGI	0 bis 90	m/s	0,01 m/s
D6 mc120, v	B-04	DIGI	0 bis 135	m/s	0,01 m/s
D6 mn20, v	B-05	DIGI	0 bis 22,5	m/s	0,01 m/s
D6 mn40, v	B-06	DIGI	0 bis 45	m/s	0,01 m/s
D6 mn80, v	B-07	DIGI	0 bis 90	m/s	0,01 m/s
D6 mn120, v	B-08	DIGI	0 bis 135	m/s	0,01 m/s
D6 md20, v	B-09	DIGI	0 bis 22,5	m/s	0,01 m/s
D6 md40, v	B-10	DIGI	0 bis 45	m/s	0,01 m/s
D6 md80, v	B-11	DIGI	0 bis 90	m/s	0,01 m/s
D6 md120, v	B-12	DIGI	0 bis 135	m/s	0,01 m/s
D6 f 1Hz	B-13	DIGI	0 bis 65000	Hz	1 Hz
D6 f 0,1 Hz	B-14	DIGI	0 bis 6500	Hz	0,1 Hz
D6 f 0.01 Hz	B-15	DIGI	0 bis 650	Hz	0,01 Hz
D6 rpm	B-16	DIGI	8 bis 65000	U/min	1 U/min

Messbereiche für die verschiedenen Flügelradtypen

Flügelrad	Messbereich
FVAD 15-H120	D6 mn20
FVAD 15-H140	D6 mn40
FVAD 15-H220	D6 mc20
FVAD 15-H240	D6 mc40
FVAD 15-H16GFAMC40	D6 mc40
FVAD 15-H25GAMN40	D6 mn40
FVAD 15-H25RGAMN40	D6 mn40
FVAD 15-H25GEMN40T2	D6 mn40

Luftströmungsfühler

Sensormenü

Punkt im Sensormenü	Wahlmöglichkeiten	Bemerkungen	Standardeinstellung
Bereich des ersten Kanals	siehe oben, ,Konfigurierbare Messbereiche‘		siehe oben, ,Messbereiche für die verschiedenen Flügelradtypen‘
Bereich des zweiten Kanals	siehe oben, ,Konfigurierbare Messbereiche‘		----
Richtung	unidirektional bidirektional	,bidirektional‘ für FVAD 15-H25RGAMN40 wählbar, für alle anderen Fühler nur ,unidirektional‘	unidirektional
Medium	Gase Flüssigkeiten	,Flüssigkeiten‘ für FVAD 15-H16GFAMC40 wählbar, für alle anderen Fühler nur ,Gase‘	Gase
Dichte	0,0500 bis 6,5000 kg/m ³	Dichtekorrektur wirkt nur bei Messungen in Gasen.	1,2040 kg/m ³ (Luft bei 20°C und Meeresniveau)
Mittelungszeit	2,0 bis 100,0 s		2,0 s

Technische Daten

Gemeinsame Technische Daten

Max. Auflösung	0,01 m/s
Nenntemperatur	22°C ± 2 K
ALMEMO® D6-Stecker	
Frequenzmessung	Auflösung 0,01 Hz
Mehrpunktjustage	sensorspezifisch, gespeichert im ALMEMO® D6-Stecker
Refreshrate	0,5 Sekunden für alle Kanäle
Mittelungszeit	2 Sekunden, programmierbar von 2 bis 100 s
Versorgungsspannung	6 bis 13 V DC
Stromverbrauch	8 mA

FVAD 15-H120 / -H140

Ausführung	Mini, Aluminium
Messmedium	Luft/Gas
Einsatzbereich	-20 bis +125°C (inkl. Kabel)
Druckbeständigkeit	bis 6 bar Überdruck
Messbereich	
FVAD15-H120	0,3 bis 20 m/s
FVAD15-H140	0,4 bis 40 m/s

Genauigkeit	± (0,5% v.E. + 1,0% v.M.)
Messkopf	
FVAD15-H120	MN20GA, Aluminium
FVAD15-H140	MN40GA, Aluminium
Fühlerschaft	Aluminium
Kabelaustritt	Gewinde M 22 x 1,5
Anschlusskabel	fest angeschlossenes Kabel, 2 m, mit Lemo-Stecker
ALMEMO® Adapterkabel	Lemo-Kupplung, Kabel 0,2 m, mit ALMEMO® D6-Stecker

FVAD 15-H220 / -H240

Ausführung	Micro, Aluminium
Messmedium	Luft/Gas
Einsatzbereich	-20 bis +125°C (inkl. Kabel)
Druckbeständigkeit	bis 3 bar Überdruck
Messbereich	
FVAD15-H120	0,6 bis 20 m/s
FVAD15-H140	0,7 bis 40 m/s
Genauigkeit	± (0,5% v.E. + 1,0% v.M.)
Messkopf	
FVAD15-H220	MC20GA, Aluminium
FVAD15-H240	MC40GA, Aluminium
Fühlerschaft	Aluminium
Kabelaustritt	Maß IG Gewinde M 14 x 1,5
Anschlusskabel	fest angeschlossenes Kabel, 2 m, mit Lemo-Stecker
ALMEMO® Adapterkabel	Lemo-Kupplung, Kabel 0,2 m, mit ALMEMO® D6-Stecker

FVAD 15-H16GFAMC40

Ausführung	Micro, Aluminium, auch für Flüssigkeiten
Messmedium	Luft/Gas oder Flüssigkeit (Voraussetzung: Keine Kavitation)
Einsatzbereich	-20 bis +100°C (inkl. Kabel)
Druckbeständigkeit	bis 3 bar Überdruck
Messbereich	in Luft: 0,6 bis 40 m/s oder in Flüssigkeit: 0,06 bis 10 m/s Gewünschtes Medium bitte angeben.
Genauigkeit	± (0,5% v.E. + 1,0% v.M.) für das angegebene Medium, sensorspezifische Mehrpunktjustage
Flügelradtyp	MC40GFA, Aluminium
Messkopf	Aluminium
Fühlerschaft	Aluminium
Kabelaustritt	Gewinde M 14 x 1,5 (Maß IG)
Anschlusskabel	fest angeschlossenes Kabel, mit ALMEMO® D6-Stecker
Kabellänge	2 m

FVAD 15-H25GAMN40

Ausführung	Mini, Aluminium
Messmedium	Luft/Gas
Einsatzbereich	-20 bis +125°C (inkl. Kabel)
Druckbeständigkeit	bis 6 bar Überdruck
Messbereich	0,4 bis 40 m/s
Genauigkeit	± (0,5% v.E. + 1,0% v.M.), sensorspezifische Mehrpunktjustage
Flügelradtyp	MN40GA, Aluminium
Messkopf	Aluminium
Fühlerschaft	Aluminium
Kabelaustritt	Gewinde M 22 x 1,5

Luftströmungsfühler

Anschlusskabel	fest angeschlossenes Kabel, mit ALMEMO® D6-Stecker
Kabellänge	2 m

FVAD 15-H25RGAMN40

Ausführung	Mini, Aluminium, mit Richtungserkennung
Messmedium	Luft/Gas
Einsatzbereich	-20 bis +125°C (inkl. Kabel)
Druckbeständigkeit	bis 6 bar Überdruck
Messbereich	±0,4 bis ±40 m/s mit Richtungserkennung
Genauigkeit	± (0,5% v.E. + 1,0% v.M.), sensorspezifische Mehrpunktjustage
Flügelradtyp	MN40GA, Aluminium
Messkopf	Aluminium
Fühlerschaft	Aluminium
Kabelaustritt	Gewinde M 22 x 1,5
Anschlusskabel	fest angeschlossenes Kabel, mit ALMEMO® D6-Stecker
Kabellänge	2 m

FVAD 15-H25GEMN40T2

Ausführung	Mini, Edelstahl, Hochtemperatur bis 260°C
Messmedium	Luft/Gas
Einsatzbereich	-40 bis +260°C (inkl. Hochtemperaturkabel)
Druckbeständigkeit	bis 10 bar Überdruck
Messbereich	0,5 bis 40 m/s
Genauigkeit	± (0,5% v.E. + 1,0% v.M.), sensorspezifische Mehrpunktjustage
Flügelradtyp	MN40GE, Edelstahl
Messkopf	Edelstahl
Fühlerschaft	Edelstahl
Kabelaustritt	Gewinde M 22 x 1,5
Anschlusskabel	fest angeschlossenes Kabel, mit ALMEMO® D6-Stecker
Kabellänge	2 m Hochtemperaturkabel (bis 260°C), Kabelverstärker (-30 bis 125°C), 1,5 m Kabel (bis 125°C)

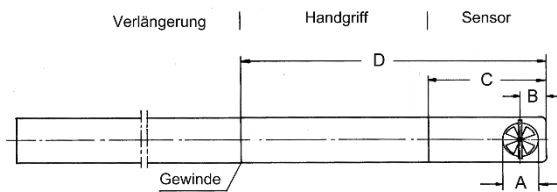
Abmessungen

Flügelrad	Messkopf	Fühlerschaft	Fühlerlänge
FVAD 15-H120 /-H140 siehe unten, Zeichnung 1	Ø 25 mm Maß C 60 mm Maß A Ø 18,2 mm Maß B 13,4 mm	Ø 25 mm	170 mm (Maß D)*
FVAD 15-H220 /-H240 siehe unten, Zeichnung 2	Ø 16 mm (Maß ØK) Maß LK 53 mm Maß B 10,65 mm	Ø 16 mm (Maß ØS)	163 mm (Maß C)*
FVAD 15-H16GFAMC40 siehe unten, Zeichnung 2	Ø 16 mm (Maß ØK) Maß LK 53 mm Maß B 10,65 mm	Ø 16 mm (Maß ØS)	163 mm (Maß C)*

Flügelrad	Messkopf	Fühlerschaft	Fühlerlänge
FVAD 25-H25GAMN40 siehe unten, Zeichnung 1	Ø 25 mm Maß C 60 mm Maß A Ø 18,2 mm Maß B 13,4 mm	Ø 25 mm	170 mm (Maß D)*
FVAD 15-H25RGAMN40 siehe unten, Zeichnung 1	Ø 25 mm Maß C 66 mm Maß A Ø 18,2 mm Maß B 13 mm	Ø 25 mm	166 mm (Maß D)*
FVAD 15-H25GEMN40T2 siehe unten, Zeichnung 1 und 3	Ø 25 mm Maß C 81 mm Maß A Ø 18,2 mm Maß B 14 mm	Ø 25 mm	170 mm (Maß D)*

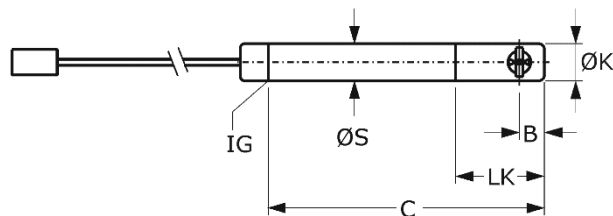
*Optional ist eine größere Fühlerlänge mit Verlängerungsstangen (siehe oben, Ausstattung) möglich.

Zeichnung 1



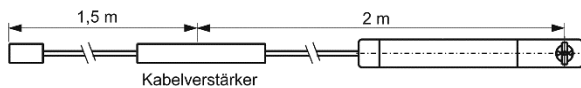
**FVAD 15-H120 / -H140 sowie
FVAD 25-H25GAMN40 und
FVAD 15-H25RGAMN40**

Zeichnung 2



**FVAD 15-H220 / -H240, sowie
FVAD 15-H16GFAMC40**

Zeichnung 3



FVAD 15-H25GEMN40T2

Handhabung

Vorbereitung

Ein-/Auslaufstrecken

Bei Messungen in einer Messstrecke, z.B. eines Rohres, mit Innendurchmessers D_i ist darauf zu achten, dass sich die optimale Messgenauigkeit bei der Umrechnung der örtlichen/punktuellen Geschwindigkeit v_P auf die mittlere Geschwindigkeit $v_m = v_P \cdot PF$ (PF = Profilkfaktor) nur dann ergeben kann, wenn ein-/auslaufseitig drallfreie Strömung herrscht und zusätzlich die Bedingung

- 20 D_i gerade, ungestörte Einlaufstrecke
- 10 D_i gerade, ungestörte Auslaufstrecke

erfüllt ist.

Steht eine genügend lange, gerade Leitungsstrecke nicht zur Verfügung, so ist der Messquerschnitt so anzuordnen, dass 2/3 der geraden Rohrstrecke vor und 1/3 hinter dem Messquerschnitt liegen.

Messgenauigkeit erhöhen

Berücksichtigung der Dichte des Messmediums

Die Messung in Luft/Gas ist in der Praxis weitestgehend unabhängig von Umgebungsparametern wie Druck, Temperatur, Feuchtigkeit.

Sowohl der Messwert des Flügelrads als auch der Anfangswert des Messbereichs hängt in geringem Maß von der Dichte ab.

Abhängigkeit des Anfangswertes des Messbereichs von der Dichte

Flügelräder laufen in Gasen erst bei einer bestimmten Geschwindigkeit des Messmediums an, was auf die Reibung der Achsen in den Lagern und die Trägheit der Flügelräder zurückzuführen ist. Deshalb haben in Gasen betriebene Flügelräder einen Messbereich, dessen Anfangswert größer als 0 ist, z.B. 0,5 m/s bis 40 m/s.

Der in den ‚Technischen Daten‘ für Messungen in Luft/Gasen spezifizierte Anfangswert für den Messbereich ergibt sich bei einer Messstoffdichte $\rho \approx 1,2 \text{ kg/m}^3$. Dieser Anfangswert v_0 erhöht/erniedrigt sich auch bei erheblich anderer Messstoffdichte als $1,2 \text{ kg/m}^3$ nur geringfügig und folgt in guter Näherung der Beziehung

$$v_{0,\text{real}} \cong v_{0,\text{spez}} \sqrt{\frac{1,2 \text{ kg/m}^3}{\rho_{\text{real}}}}$$

Abhängigkeit der Kennlinie von der Dichte

Es wird davon ausgegangen, dass sich mit dem Anfangswert auch die ganze Kennlinie um die Differenz $v_{0,\text{spez}} - v_{0,\text{real}} = \Delta v$ verschiebt.

Ausgegebene Messwerte sind bei Messung in Messgasen einer Messstoffdichte $\rho_{\text{real}} > 1,2 \text{ kg/m}^3$ um den Betrag Δv zu groß, bei Messung in Messgasen einer Messstoffdichte $\rho_{\text{real}} < 1,2 \text{ kg/m}^3$ um den Betrag Δv zu klein. Wird die Dichte des Messmediums in das Sensormenü (siehe oben, Kapitel ‚Programmierung‘) eingegeben, wird der vom Messgerät ausgegebene Messwert schon um den entsprechenden Betrag Δv korrigiert:

1. Im Sensormenü ‚Gase‘ auswählen.
2. Dichte des Messmediums angeben.

Messung in Flüssigkeiten

Die Flügelradanemometer werden je nach Bestellung ab Werk in Luft oder in Wasser (FVAD 15-H16GFAMC40) justiert.

Bei Messungen in Flüssigkeiten mit einer Viskosität größer als 10 cSt oder kleiner als 1 cSt ist mit Messunsicherheiten zu rechnen, die nicht mehr durch die standardmäßige Angabe zur Messunsicherheit abgedeckt sind.

Mittlere Geschwindigkeit in Rohren

Soll aus der örtlichen/punktuell gemessenen Geschwindigkeit v_p in einem Rohr die mittlere Geschwindigkeit v_m berechnet werden, kann sie mit einem Profilkfaktor PF multipliziert werden.

$$v_m = v_p \cdot PF$$

Bei Messungen mit Zylindersonden mit kreisförmigen Messquerschnitten mit Innendurchmesser D_i sind bei

- rohrmittiger Positionierung des Sensors,
- drallfreier Strömung,
- ausgebildetem Strömungsprofil (Messquerschnitt so gewählt, dass sich 20 D_i gerade, ungestörte Einlaufstrecke, 10 D_i gerade, ungestörte Auslaufstrecke ergeben)

folgende Profilkfaktoren zu Grunde zu legen.

D_i	Sondendurchmesser 16 mm FVAD 15-H220 FVAD 15-H240 FVAD 15-H16xx	Sondendurchmesser 25 mm FVAD 15-H120 FVAD 15-H140 FVAD 15-H25xx
40	0,914	-
50	0,933	0,735
60	0,950	0,760
70	0,964	0,784
80	0,976	0,807
90	0,987	0,829
100	0,994	0,849
120	1,004	0,882
170	1,008	0,935
180	1,008	0,945
220	1,008	0,955
...	1,008	0,955

Fühlerschutz

Verträglichkeit Werkstoff / Messmedium

Es muss sichergestellt sein, dass die Werkstoffe des Fühlers, die mit dem Messmedium in Berührung kommen, mit diesem bei Betriebsbedingungen verträglich sind.

Feststoffbefrachtete Gase / Flüssigkeiten

Verunreinigungen des strömenden Mediums in geringem Umfang, insbesondere der übliche Staubgehalt der Luft, bewirken nur geringe Beeinträchtigung der Dauerstandfestigkeit.

Bei Messungen in Gasen oder Flüssigkeiten, die mit Feststoffen stärker befrachtet sind, ist je nach Art und Gehalt des Feststoffes mit einer Verringerung der Dauerstandfestigkeit der Flügelradachsspitzen zu rechnen. Die Feststoffe dürfen keinesfalls abrasiv wirken.

Der Sensor sollte bei einem solchen Einsatz in bestimmten Zeitintervallen gereinigt werden. Die Länge der Zeitintervalle hängt von der Art und Konzentration der Partikel ab.

Luftströmungsfühler

Feuchtigkeit

Feuchtigkeit in Messgasen führt zu keinerlei Nachteilen, solange keine Kondensation am Messkopf eintritt. Bei geringer Anlagerung von Kondensat an das Flügelrad kann mit einem Selbstreinigungseffekt gerechnet werden, sofern die Geschwindigkeiten größer sind als 10% des Messbereichsendwertes.

Tropfen dürfen das Flügelrad nicht treffen.

3.7.4 Volumenstrommessung

Zur Bestimmung des Volumenstroms VS in Lüftungskanälen wird die mittlere Strömungsgeschwindigkeit mit der Querschnittsfläche F multipliziert:

$$VS = v_M \cdot F \cdot 0.36$$

VS = Volumenstrom in m³/h,

F = Querschnittsfläche in cm²,

v_M = mittlere Strömungsgeschwindigkeit in m/s

Luftmengenmessung mit Aufsatztrichter

Zur Luftmengenmessung an Lüftungsauslässen (z.B. Tellerventilen) bis 200 mm Durchmesser gibt es für das Makro-Flügelrad FVAD 15 MA1 als Zubehör den Aufsatztrichter ZV 9915-LM. Durch Skalierung der Luftgeschwindigkeit mit dem Faktor 1,3762, Exponent +1 und Dimension mh erhält man die Luftmenge in m³/h. Ein Korrekturfaktor für die Zwangsdurchströmung des Flügelrades ist dabei schon berücksichtigt. Die Messgröße Volumenstrom kann auch als 2. Kanal programmiert werden.

Kanal	Funktion	Messbereich	Dim	Bereich	Faktor	Exp
1.Kanal:	Luftgeschwindigkeit	0,2 bis 20,00 m/s	ms	L420	-	-
2.Kanal:	Volumenstrom	1,0 bis 275,0 m ³ /h	mh	L420	1,3762	+1

Volumenstrommessung mit Mittelpunktsonde

Zur überschlägigen Volumenstrommessung reicht es, eine Strömungssonde im Mittelpunkt des Kanals anzubringen. Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit ist ca. $0,8 \cdot v$ (s.u. Netzmessung Mittelpunktmethode). Durch Skalierung der Geschwindigkeit mit dem Faktor $(0,8 \cdot F \cdot 0,36)$ kann der momentane Volumenstrom kontinuierlich in m³/h angezeigt werden. Außer dem Faktor ist evtl. auch Exponent und Dimension zu programmieren.

Volumenstrombestimmung aus Mittelwert und Querschnitt

Um möglichst genaue Messwerte zu erhalten, muss die Strömungsgeschwindigkeit über die ganze Fläche integriert bzw. gemittelt werden. Es ist möglich, die Querschnittsfläche direkt über die Tastatur der Geräte in Funktion QF als Fläche F mit max. 32000 cm² oder in Funktion DN über den Durchmesser mit max. 2000 mm einzugeben. Dazu steckt man den Fühler an und wählt die Assistenten-/Funktions-Menüs. Dort gibt es entweder direkt einen Menüpunkt ‚Volumenstrom‘ oder man findet die Hilfen zur Volumenstrommessung unter den Menüpunkten ‚Mittelwertbildung‘. Der Volumenstrom VS kann dann in einem Funktionskanal ‚Flow‘ als Produkt Mittelwert (der Strömungsgeschwindigkeit) x Fläche direkt in m³/h abgelesen werden. Zur Dokumentation der Anzahl der Messungen ist der Funktionskanal 'n(t)' verfügbar (siehe Kapitel 6.3.3 bzw. Geräteanleitungen Kapitel ‚Volumenstrommessungen‘).

Bestimmung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit

Der wichtigste Parameter zur Volumenstrommessung ist die mittlere Strömungsgeschwindigkeit v_M. Da die Geschwindigkeit in jedem Kanal in der Mitte am größten und an den Wänden wesentlich niedriger ist, muss man sie nach einer der folgenden Methoden über den Querschnitt mitteln.

Zeitliche Mittelwertbildung

Bei Luftmengenmessungen an Lüftungsgittern können Sie die mittlere Strömungsgeschwindigkeit durch eine zeitliche Mittelwertbildung bestimmen:

Luftströmungsfühler

1. Stellen Sie den Mittelungsmodus für zeitliche Mittelwertbildung ein.
2. Setzen Sie das Flügelrad an einem Ende an und starten Sie die Mittelwertbildung.
3. Fahren Sie gleichmäßig den ganzen Querschnitt ab.
4. Wenn Sie das andere Ende erreicht haben, stoppen Sie die Mittelwertbildung wieder.

Netzmessungen

Bei Strömungsmessungen im Rahmen von Abnahmemessungen nach den Richtlinien VDI/VDE 2640 wird die mittlere Strömungsgeschwindigkeit in einem Netz aus einzelnen Messpunkten im senkrecht zur Leitungsachse liegenden Messquerschnitt bestimmt. Für diese Netzmessungen verwenden Sie die Mittelwertbildung über Einzelmessungen (s. Geräteanleitung). Den Mittelwert der Einzelmessungen v_M müssen Sie je nach Messmethode mit dem Korrekturfaktor k korrigieren: $v = k \cdot v_M$

$k = 0,8$ bei Mittelpunktmethode für Rohre mit rundem oder rechteckigem Querschnitt und Durchmesser bzw. Seitenlänge kleiner 250 mm.

Durchführung

Wenn Sie die Messungen nach den Richtlinien VDI/VDE 2640 durchführen, beachten Sie folgende Hinweise:

- Je nach Ausführung der Lüftungsanlage kommt es bereits bei geringen Strömungsgeschwindigkeiten zu Turbulenzen.
- Führen Sie die Messungen in einem beruhigten Abschnitt einer Lüftungsanlage durch, in dem möglichst wenig Turbulenzen auftreten.
- Wählen Sie die Messstelle so, dass größtmögliche Sicherheitsabstände vor und hinter dem Messpunkt vorhanden sind. Als Sicherheitsabstand N bezeichnet man den Weg von einem möglichen Turbulenzpunkt bis zur Messstelle. Turbulenzen treten z.B. nach Ventilatoren, Krümmungen, Reduzierungen, Regelklappen, Gleichrichtern, Heizaggregaten oder Filtern usw. auf.
- Wählen Sie den Sicherheitsabstand $N_1 = L_1/D$ vor dem Messpunkt so, dass er gleich oder größer als 6 ist und den Sicherheitsabstand $N_2 = L_2/D$ nach dem Messpunkt so, dass er gleich oder größer als 2 ist.

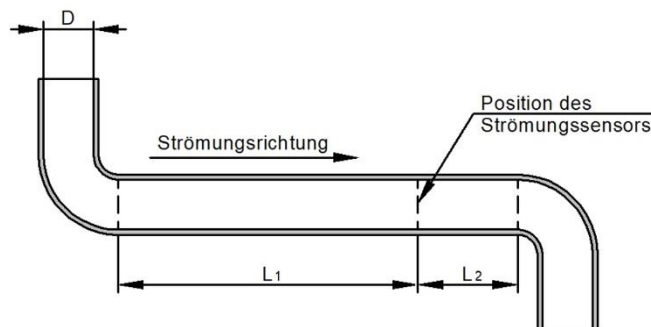


Abb. 3.7.9 Position des Strömungssensors

- Wenn Sie nur kurze, gerade Teile eines Rohrleitungssystems zur Messung zur Verfügung haben, können Sie durch eine höhere Anzahl von Messpunkten für die Mittelwertbildung einen geringeren Sicherheitsabstand N wählen. $N_1 = L_1/D$ muss jedoch mindestens 2,5 betragen.

3.8 Sensoren zur Messung mechanischer Größen

3.8.1 Drucksensoren

Messprinzip

Das zentrale Element eines Drucksensors ist eine Membran, bei der auf einer Seite das Medium anliegt, dessen Druck gemessen werden soll. Die Membran wird durch den anliegenden Druck gedehnt und diese Dehnung wird in ein elektrisches Signal umgewandelt.

Meistens werden dafür auf der Membran zwei Dehnungsmessstreifen angebracht, von denen einer gedehnt und der andere gestaucht wird. Ihre Widerstandsänderungen werden in einer Brückenschaltung ausgewertet. Das entstehende Signal wird entweder direkt verwendet (mV) oder als Normsignal (Spannung bzw. Strom) zur Verfügung gestellt.

Grundlagen

Zur Herstellung von Drucksensoren sind verschiedene Verfahren gebräuchlich, die auf den jeweiligen Anwendungszweck abgestimmt sind.

Dickschichtsensoren

Die dehnungsempfindlichen Elemente werden mittels Siebdrucktechnik auf eine Edelstahlmembran aufgebracht.

Dünnschichtsensoren

In einem aufwendigen Herstellungsverfahren werden auf einer passivierten Edelstahlmembran die Dehnungsmesswiderstände direkt durch ein chemisches Dampfabcheidungsverfahren erzeugt.

Piezoresistive Sensoren

Als druckempfindliches Element dient eine Siliziummembran, in die die dehnungsempfindlichen Widerstände eindiffundiert sind. Da Silizium hinsichtlich seiner Medienverträglichkeit den Einsatz des Sensors einschränken würde, ist ein Druckübertragungssystem, bestehend aus Füllflüssigkeit und Edelstahlmembran, vorgelagert. Die Druckmesszelle ist temperaturkompensiert und wird in aufwendigen Vakuumprozessen hergestellt.

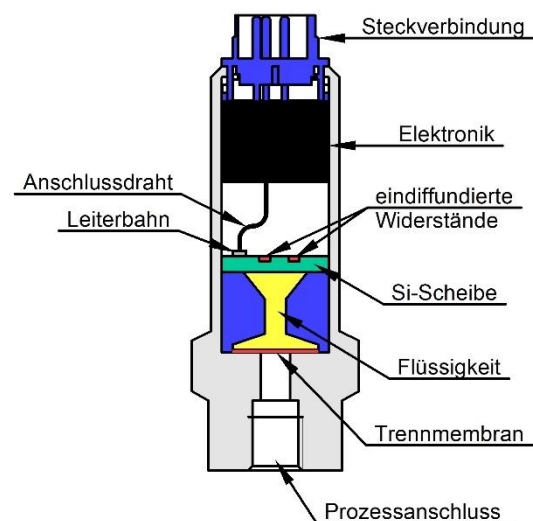


Abb. 3.8.1 Piezoresistiver Sensor mit Siliziummembran

Drucksensoren

Sensor	Eigenschaften
Dickschichtsensoren	kompakte Bauweise, besonders für den Einsatz in einfachen Überwachungs- und Regelkreisen geeignet, Temperatureinsatzbereich begrenzt, Messwerte unterliegen einer gewissen Langzeitschwankung
Dünnschichtsensoren	sehr kompakter und homogener Aufbau, hohe Langzeitstabilität und dynamische Belastbarkeit, besonders für den robusten Industrieinsatz im mittleren und hohen Relativdruckbereich geeignet
Piezoresistive Sensoren	hohe Genauigkeit in einem weiten Temperaturfeld, besonders für den Einsatz in hochwertigen Mess- und Regelungsaufgaben, insbesondere für den Absolutdruckbereich und den unteren bis mittleren Relativdruckbereich gut geeignet

Auswahl, Produktübersicht

Verschiedene Varianten von Druckaufnehmern

Relativdruck	Druck bezogen auf Umgebungsdruck
Absolutdruck	Druck bezogen auf Vakuum (0 bar)
Überdruck	Druck bezogen auf Luftdruck bei der Herstellung (ca. 1 bar)
Differenzdruck	Druck bezogen auf einen zweiten variablen Druck

Industrielle Druckaufnehmer zum Einbau

für flüssige und gasförmige Medien, mit piezoresistiver Messzelle

Artikelnummer	Einsatz	Relativdruck	Absolutdruck	Überdruck
Alle Sensoren mit verschiedenen Messbereichen erhältlich, angegeben ist der für den jeweiligen Sensortyp weiteste Messbereich, genauere Angaben siehe unten.				
FDA 602 L	Druckaufnehmer zum Einbau	0 bis 10 bar	0 bis 10 bar	0 bis 500 bar
FDAD 33/35M	Druckaufnehmer zum Einbau	0 bis 30 bar	0 bis 30 bar	0 bis 1000 bar
FD8214	Druckaufnehmer zum Einbau	0 bis 10 bar	0 bis 10 bar	0 bis 1000 bar
FDA602 LxAK	zur Temperaturmessung bei Kältemitteln	-	0 bis 50 bar	-

Differenzdruck

100 Pa entsprechen 1 mbar.

Artikelnummer	Eigenschaften	Medium	Differenzdruck	Absolutdruck
FDA 602 D	auch für Einsatz in Druckleitungen	flüssige und gasförmige Medien	0 bis 300 bar (dies ist der weiteste Messbereich, Sensoren mit verschiedenen Messbereichen erhältlich, siehe Kapitel 3.8.1.5)	0 bis 300 bar (dies ist der weiteste Messbereich, Sensoren mit verschiedenen Messbereichen erhältlich, siehe Kapitel 3.8.1.5)
FDA612SR	ALMEMO® Stecker mit Schlauchanschlüssen	Gase	±1000 mbar	-
FDA602S1K	ALMEMO® Stecker mit Schlauchanschlüssen	Gase	±1250 Pa	-
FDA602S2K	ALMEMO® Stecker mit Schlauchanschlüssen	Gase	±250 Pa	-
FDA602S6K	ALMEMO® Stecker mit Schlauchanschlüssen	Gase	±6800 Pa	-

Luftdrucksensoren für barometrischen Druck

Artikelnummer	Eigenschaften	Messbereich
FDAD12SA	kompakte Bauform ohne Druckanschlussstutzen	300 bis 1100 mbar
FDA612SA	ALMEMO® Stecker mit Schlauchanschluss	700 bis 1050 mbar

Die Luftdrucksensoren für barometrischen Druck sind im Kapitel 3.6.2 beschrieben.

Druckaufnehmer für Wandmontage

Artikelnummer	Eigenschaften	Messbereich
FD8612DPS	Transmitter, Ausgang: druckproportionales Spannungssignal von 0 bis 2 V	Relativ- und Differenzdruck 0 bis 1000 mbar, weitester Messbereich angegeben, Sensoren mit verschiedenen Messbereichen erhältlich, siehe Kapitel 3.8.1.6
FD8612APS	Transmitter, Ausgang: druckproportionales Spannungssignal von 0 bis 2 V	Absolutdruck 0 bis 1000 mbar oder 900 bis 1100 mbar oder 800 bis 1200 mbar

Anwendungsbereiche

FDA 602 L, FDAD 33/35M, FD 8214, FDA 602 LxAK	Diese ALMEMO® Druckaufnehmer eignen sich zur Messung in flüssigen und gasförmigen Medien in vielfältigen industriellen Anwendungen, z.B.: Medizintechnik, Klima-Systeme, hydraulische Steuerungen, Robotik, Verfahrenstechnik, Motorsteuerungen, Prüfstände.
FD 8612DPS/APS	Geeignet für den Einsatz im Labor, aber auch unter rauen Industriebedingungen, z.B. in der Heizung-Lüftung-Klimatechnik, Reinraumtechnik, Medizintechnik, Filtertechnik und Feinzugtechnik.

Hinweise zur Messung

Alle ALMEMO® Sensoren können justiert werden, d.h. Korrekturwerte für den Sensor können im Anschlussstecker hinterlegt werden. Dadurch lässt sich die Messgenauigkeit wesentlich erhöhen.

Bei den von Ahlborn durchgeführten DAKS- und Werkskalibrierungen werden bei Bedarf die Korrekturwerte erfasst, im Stecker des Sensors hinterlegt und verriegelt. Die Justierung kann in 2 Punkten (Nullpunkt, Steigung) oder in über 30 Punkten als Mehrpunktjustierung ausgeführt werden. Damit werden bei den kalibrierten Temperaturpunkten kleinste Abweichungen erreicht.

Messung von Druckspitzen und schnellen Druckänderungen mit digitalen ALMEMO® D7-Sensoren

Die Drucksensoren werden standardmäßig mit analogen Steckern ausgeliefert. Sollen jedoch Druckspitzen und schnelle Druckänderungen mit einer sehr hohen zeitlichen Auflösung gemessen werden, können die analogen Stecker durch neue ALMEMO® D7-Stecker ersetzt werden.

Der ALMEMO® D7-Messstecker ZED 700-FS arbeitet mit einem im Stecker eingebauten AD-Wandler und einer Messrate von bis zu 1000 Messungen/s (1 ms je Messung). Zusammen mit dem ALMEMO® V7-Messgerät, z.B. ALMEMO® 710 können so Druckspitzen und schnelle Druckänderung aufgezeichnet werden. In der Software WinControl können die Messwerte als Tabelle oder Liniengrafik ausgewertet werden.

Ein weiterer Vorteil des ALMEMO® V7-Messsystems besteht darin, dass die Gesamtgenauigkeit der Messung nur durch den Drucksensor mit dem angeschlossenen ALMEMO® D7-Messstecker bestimmt wird, unabhängig vom ALMEMO® Anzeigergerät/Datenlogger und von verwendeten Verlängerungskabeln.

Die vollständige Messkette, bestehend aus dem Drucksensor und dem angeschlossenen ALMEMO® D7-Messstecker, kann kalibriert werden. Eine erhöhte Genauigkeit wird bei der Kalibrierung durch eine Mehrpunktjustierung des Sensors erreicht.

Messung mit höherer Auflösung bei digitalen ALMEMO® D7-Sensoren

Der ALMEMO® D7-Messstecker ermöglicht neben der schnellen Messung auch die Messung mit höherer Auflösung. Dabei arbeitet der Messstecker mit reduzierter Wandlungsrate. So werden mit Präzisionssensoren stabile Messwerte mit hoher Auflösung erreicht.

Die Konfiguration des ALMEMO® Steckers erfolgt durch den Anwender ganz einfach am ALMEMO® V7-Messgerät.

3.8.1.1 Einbau-Drucksensor FDA602Lx

Messprinzip

Bei ALMEMO® Einbau-Drucksensoren ist die piezoresistive Messzelle in einem ölgefüllten, vollverschweißten Edelstahlgehäuse aufgehängt. Da alle medienberührenden Teile aus Edelstahl gefertigt sind, eignen sie sich auch für den Einsatz in chemisch-aggressiven Medien.

Fühlereigenschaften

Ausstattung



Abb. 3.8.2 Einbau-Drucksensor FDA602Lx

Durch die stabile mechanische Konstruktion ist die Messzelle zuverlässig geschützt gegen das Messmedium und unempfindlich gegen Druckspitzen und Vibrationen.

Für den direkten Anschluss an ALMEMO® Geräte sind die Druckaufnehmer standardmäßig mit einem ALMEMO® Anschlusskabel (Länge 1,5 m, andere Längen auf Anfrage) versehen.

Sollen Druckspitzen und schnelle Druckänderungen gemessen werden, kann der standardmäßig mitgelieferte Stecker durch den digitalen ALMEMO® D7-Messstecker ZDD702AKL ersetzt werden.

Ausführungen

Typ	Artikelnummer	Bereich
Relativdruck	FDA602L3R	bis 2,5 bar
	FDA602L4R	bis 5 bar
	FDA602L5R	bis 10 bar
Absolutdruck	FDA602L3A	bis 2,5 bar
	FDA602L4A	bis 5 bar
	FDA602L5A	bis 10 bar
Überdruck	FDA602L2U	bis 25 bar
	FDA602L3U	bis 50 bar
	FDA602L4U	bis 100 bar
	FDA602L6U	bis 500 bar

Zubehör

Artikelnummer	Beschreibung
ZB9000TB	PTFE-Dichtband, -200 bis +260°C, Breite 10 mm, Stärke 0,1 mm, Rolle mit 12 m
ZB9602N5	Schnellverschlusskupplung NW 5, bis 35 bar, Anschluss G1/4" innen, Messing
ZB9602N7	Schnellverschlusskupplung NW 7,2 bis 35 bar, Anschluss G1/4" innen, Messing

Drucksensoren

Programmierung

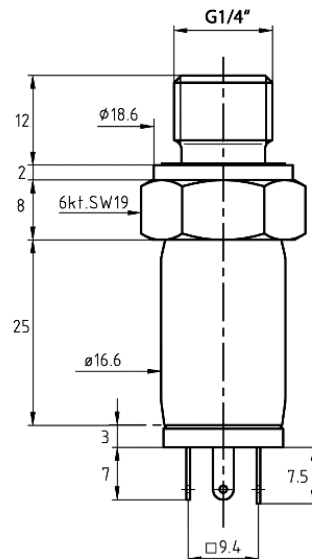
Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich und Skalierung hinterlegt, sodass die Ausgangswerte des Druckaufnehmers bereits als Druck in bar angezeigt werden.

Technische Daten

Überlast	zweifacher Endwert
Ausgangssignal	0,2 bis 2,2 V
Genauigkeitsklasse	±0,5% vom Endwert (Linearität + Hysterese + Reproduzierbarkeit)
Gesamtfehlerband	0 bis 50°C: ±1,0 % vom Endwert -10 bis 80°C: ±1,5 % vom Endwert (Linearität + Hysterese + Reproduzierbarkeit + Temperaturkoeffizienten + Nullpunkt + Bereichstoleranz)
Ansprechzeit (0 bis 99%)	< 5 ms
Nennbedingungen	22°C ± 2 K, 10 bis 90% rH nicht kondensierend
Stromversorgung	6 bis 15 V DC, Verbrauch < 4 mA, über ALMEMO® Stecker
Betriebstemperatur	-40 bis +100°C
Druckanschluss	Außengewinde G1/4", Membran innenliegend
Material in Kontakt zum Medium	rostfreier Stahl DIN 1.4404/1.1135 Viton Außendichtung
Gewicht	ca. 50 g
Schutzart	IP 65

Abmessungen

Angaben in mm



Handhabung

Fühlerschutz

Da der Druck durch eine kleine Bohrung im Gewindeteil auf die Druckmembran übertragen wird, sollten Flüssigkeiten nicht zum Auskristallisieren neigen und Gase nicht stark staubbelastet sein.

3.8.1.2 Einbau-Präzisionssensor für Druck FDAD 33/35M

Messprinzip

Der FDAD33/35M ist ein piezoresistiver Sensor mit integriertem AD-Wandler und Signalprozessor.

Indem Temperaturabhängigkeiten und Nichtlinearitäten des Sensors mathematisch kompensiert werden, weist er in einem weiten Temperaturbereich höchste Genauigkeit auf.

Fühlereigenschaften



Abb. 3.8.3
Einbau-Präzisionssensor für Druck
FDAD33/35M

Allgemein

Der FDAD33/35 eignet sich für flüssige und gasförmige Medien.

Zur Erfassung von schnellen Druckschwankungen bzw. Druckspitzen können im ALMEMO® D6-Stecker aus den Momentanwerten der Maxwert, Minwert, und Mittelwert berechnet und in 3 Funktionskanälen ausgegeben werden.

Ausführungen

Druckbereich	Auflösung	Überlast	Artikelnummer innenliegende Membran	Artikelnummer frontbündige Membran
Relativdruck				
0 bis 1 bar	0,0001 bar	2 bar	FDAD3301R	FDAD35M01R
0 bis 3 bar	0,0001 bar	5 bar	FDAD3302R	FDAD35M02R
0 bis 10 bar	0,001 bar	20 bar	FDAD3303R	FDAD35M03R
0 bis 30 bar	0,001 bar	60 bar	FDAD3304R	FDAD35M04R
Sonderbereiche -1 bis 1 / 3 / 10 bar auf Anfrage				
Überdruck				
0 bis 100 bar	0,01 bar	200 bar	FDAD3305U	FDAD35M05U
0 bis 300 bar	0,01 bar	400 bar	FDAD3306U	FDAD35M06U
0 bis 700 bar	0,1 bar	1000 bar	FDAD3307U	FDAD35M07U
0 bis 1000 bar	0,1 bar	1000 bar	FDAD3308U	FDAD35M08U
Druckbereich	Auflösung	Überlast	Artikelnummer innenliegende	Artikelnummer frontbündige

Drucksensoren

			Membran	Membran
Absolutdruck				
0,8 bis 1,2 bar	0,0001 bar	2 bar	FDAD3300A	FDAD35M00A
0 bis 1 bar	0,0001 bar	2 bar	FDAD3301A	FDAD35M01A
0 bis 3 bar	0,0001 bar	5 bar	FDAD3302A	FDAD35M02A
0 bis 10 bar	0,001 bar	20 bar	FDAD3303A	FDAD35M03A
0 bis 30 bar	0,001 bar	60 bar	FDAD3304A	FDAD35M04A

Programmierung

Messbereiche bei Auslieferung

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
Druck, p	B-01	DIGI	-3	0 bis +1,000 ⁺	br	0,001 br

⁺ Messbereich und Auflösung je nach Typ (siehe oben, „Ausführungen“)

Konfigurierbare Messbereiche

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. Druck, p	B-01	DIGI	-3	+	br	+ br
2. *Maxwert	B-02	DIGI	+	+	br	+ br
3. *Minwert	B-03	DIGI	+	+	br	+ br
4. *Mittelwert	B-04	DIGI	+	+	br	+ br
5. Temperatur	B-05	DIGI	-2		°C	0,01

⁺ Messbereich, Auflösung und Exponent je nach Typ (siehe oben, „Ausführungen“)

*Bereich auch über ALMEMO® Gerät aktivierbar.

Die Konfiguration des D6 Steckers erfolgt am ALMEMO® V7-Messgerät oder direkt am PC mit dem USB-Adapterkabel ZA1919AKUV.

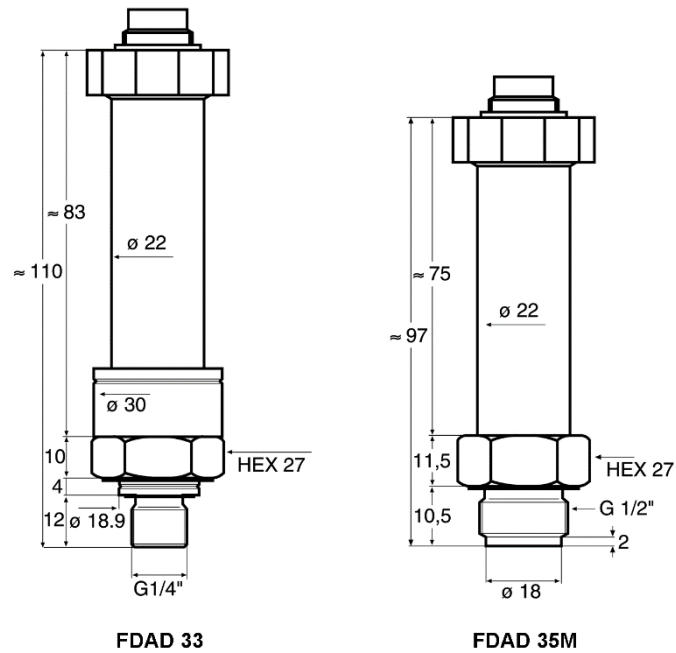
Technische Daten

Digitaler Drucksensor (inkl. AD-Wandler)	
Druckbereich	1 bis 1000 bar, siehe unter „Ausführungen“
Druckanschluss	
FDAD33	G ¼“ Außengewinde, innenliegende Membran
FDAD35M	frontbündige Membran, G ½“ Außengewinde,
	bei Druckbereich 700 bar / 1000 bar: G ¾“ Außengewinde
Lager-/Betriebstemperatur	-40 bis 120°C
Genauigkeit	Fehlerband* bei -10 bis 40°C: 0,05% v. Endwert
	Fehlerband* bei -10 bis 80°C: 0,1% v. Endwert
	*Linearität, Hysterese, Reproduzierbarkeit, Temperaturkoeffizienten,
	Nullpunkt
Messrate intern	200 Hz
Material in Mediumkontakt	Rostfreier Stahl AISI 316L, Viton
Schutzart	IP65

Sensoranschluss	Einbaustecker
ALMEMO® Anschlusskabel	Kupplung, 2 m PVC-Kabel, ALMEMO® D6-Stecker
ALMEMO® D6-Stecker	
Refreshzeit	0,005 s für alle Kanäle
Einschwingzeit	0,6 s
Sleepverzögerung	1 s
Versorgungsspannung	6 bis 13 V DC
Stromverbrauch	ca. 11 mA

Abmessungen

Angaben in mm



Handhabung

Fühlerschutz

Da der Druck durch eine kleine Bohrung im Gewindeteil auf die Druckmembran übertragen wird, sollten Flüssigkeiten nicht zum Auskristallisieren neigen und Gase nicht stark staubbelastet sein.

3.8.1.3 Einbau-Druckaufnehmer FD 8214




Fühlereigenschaften

Ausstattung

Der Druckaufnehmer FD8214 besitzt eine piezoresistive Messzelle mit Temperaturkompensation und ist für flüssige und gasförmige Medien geeignet.

Druckmembran und Gehäuse bestehen aus Edelstahl.

Ausführungen

Bild	Typ	Gewinde
	Standardausführung FD 8214, innenliegende Membran	G 1/4" Innengewinde
	FD 8214 M, frontbündige Membran, mit Gewindeende verschweißt, leicht sterilisierbar	G 1/2" Außengewinde
	FD 8214 + OR8214T2: Ausführung mit Kühlrippen für Einsatz bei hohen Medientemperaturen bis 150°C, mit innenliegender Membran (aber auch mit frontbündiger Membran erhältlich),	G 1/4" Innengewinde

Bereich	Artikelnummer	Bereich	Artikelnummer
	G1/4" innen	G1/2" außen	G1/4" innen G1/2" außen
Relativdruck:		Überdruck:	
0 bis 100 mbar	FD821401R	0 bis 10 bar	FD821412U FD8214M12U
0 bis 160 mbar	FD821402R	0 bis 16 bar	FD821413U FD8214M13U
0 bis 250 mbar	FD821403R	0 bis 25 bar	FD821414U FD8214M14U
0 bis 400 mbar	FD821404R	0 bis 40 bar	FD821415U FD8214M15U
0 bis 600 mbar	FD821405R	0 bis 60 bar	FD821416U FD8214M16U
0 bis 800 mbar	FD821406R	0 bis 100 bar	FD821417U FD8214M17U

Bereich	Artikelnummer		Bereich	Artikelnummer	
	G1/4“ innen	G1/2“ außen		G1/4“ innen	G1/2“ außen
0 bis 1 bar	FD821407R	FD8214M07R	0 bis 160 bar	FD821418U	FD8214M18U
0 bis 1,6 bar	FD821408R	FD8214M08R	0 bis 250 bar	FD821419U	FD8214M19U
0 bis 2,5 bar	FD821409R	FD8214M09R	0 bis 400 bar	FD821420U	FD8214M20U
0 bis 4 bar	FD821410R	FD8214M10R	0 bis 600 bar	FD821421U	FD8214M21U
0 bis 6 bar	FD821411R	FD8214M11R	0 bis 1000 bar	FD821422U	FD8214M22U
0 bis 10 bar	FD821412R	FD8214M12R			

Bereich	Artikelnummer		Bereich	Artikelnummer	
	G1/4“ innen	G1/2“ außen		G1/4“ innen	G1/2“ außen
Absolutdruck:			Absolutdruck:		
0 bis 1 bar	FD821407A	FD8214M07A	0 bis 4 bar	FD821410A	FD8214M10A
0 bis 1,6 bar	FD821408A	FD8214M08A	0 bis 6 bar	FD821411A	FD8214M11A
0 bis 2,5 bar	FD821409A	FD8214M09A	0 bis 10 bar	FD821412A	FD8214M12A

Andere Messbereiche auf Anfrage, Ausführungen im Relativdruck und Überdruck auch mit negativen Drucken erhältlich.

Optionen/Zubehör

Optionen (typabhängig) + Zubehör	Artikelnummer
Linearität 0,1%, (für Bereiche: > 1 bar bis 600 bar)	OR8214G1
Medientemperatur –25 bis +100°C	OR8214T1
Medientemperatur –25 bis +150°C (Ausführung mit Kühlrippen)	OR8214T2
Prozessanschluss Kleinflansch (für FD8214xxA Absolutdruck)	KF16 KF25 OR8214KF16 OR8214KF25
Lebensmittelgerechte Ausführung mit Pflanzenöl Anderol Food	OR8214ML
Drossel gegen Druckspitze	OR8214DS
Ausgang 0 bis 10 V	OR8214V
Ausgang 0 bis 20 mA	OR8214A
Ausgang 4 bis 20 mA	OR8214R4
PTFE-Dichtband, -200 bis +260°C, Breite 10 mm, Stärke 0,1 mm, Rolle mit 12 m	ZB9000TB
Schnellverschlusskupplung NW 5, bis 35 bar, Anschluss G1/4“ außen, Messing	ZB8214N5
Schnellverschlusskupplung NW 7,2 bis 35 bar, Anschluss G1/4“ außen, Messing	ZB8214N7

Drucksensoren

Zum Einsatz im Lebensmittel- und Pharma-Bereich sind die Druckaufnehmer optional auch mit Füllung Anderol Food lieferbar (siehe Option OR8214ML).

Kabel

Für den direkten Anschluss an ALMEMO® Geräte steht ein ALMEMO® Anschlusskabel (ZA8214AK) zur Verfügung.

Artikelnummer	Eigenschaft
ZA8214AK	Kupplungsdose mit 2 m, Kabel und ALMEMO® Stecker (andere Kabellängen auf Anfrage)
ZB9030RB	Kupplungsdose 6 pol., gerade Ausführung, ohne Kabel und ALMEMO® Stecker
ZB9030RBW	Kupplungsdose 6 pol., Winkel-Ausführung, ohne Kabel und ALMEMO® Stecker

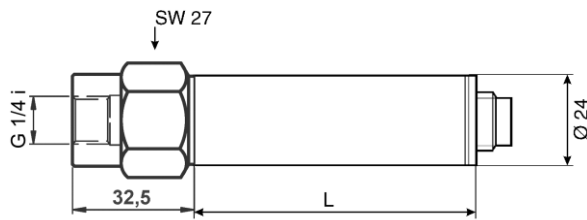
Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels ZA8214AK sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich und Skalierung hinterlegt, so dass die Ausgangswerte des Druckaufnehmers bereits als Druck in mbar oder bar angezeigt werden.

Technische Daten

Messzelle	piezoresistiv
Überlast	Bereiche 0 bis 600 bar: das 1,5-fache des Endwertes (min. 3 bar, max. 850 bar) Bereiche > 600 bar : 1500 bar
Ausgangssignal/Stromversorgung	
Standard 0 bis 2 V	Speisung 6,5 bis 13 V (aus ALMEMO® Gerät), Strom < 4 mA
Option 0 bis 10 V	Speisung 15 bis 30 V, Bürde > 10 kOhm, Strom < 4 mA
Option 0 bis 20 mA	Speisung 9 bis 33 V (> 18 V bei Bürde 500 Ohm), Strom < 25 mA
Option 4 bis 20 mA, 2-Leiter	Speisung 9 bis 33 V (>18 V bei Bürde 500 Ohm), Strom < 25 mA
Ansprechzeit	< 1,5 ms / 10 bis 90% Nenndruck
Linearität	Standard ±0,25% v. Endwert Option ±0,1% v. Endwert für Bereiche 1 bar und bis 600 bar
Medientemperatur optional	0 bis +80°C, Temperaturkomp.: 0 bis +70°C -25 bis +100°C, Temperaturkomp.: -25 bis +85°C -25 bis +150°C, Temperaturkomp.: -25 bis +85°C
Temperaturdrift	Nullpunkt < ±0,04% v. Endwert/°C für Bereiche > 0,5 bar Spanne < ±0,02% v. Endwert/°C für alle Bereiche
Nenntemperatur	22°C ± 2 K, 10 bis 90% rH nicht kondensierend
Material	Gehäuse, Druckanschluss, Membran: Edelstahl 1.4435
Schutzart	IP 67
Abmessungen	siehe ‚Abmessungen‘ unten
Anschlussgewinde	Typ 8214: Innengewinde G1/4", Schlüssel SW 27 Option für Absolutdruck: Kleinflansch KF16 oder KF25 Typ 8214 M: Außengewinde G1/2", Schlüssel SW 27 Andere Gewinde auf Anfrage.
Elektrischer Anschluss	Einbau-Stecker Binder 723 5-polig
Gewicht	ca. 180 g

Abmessungen

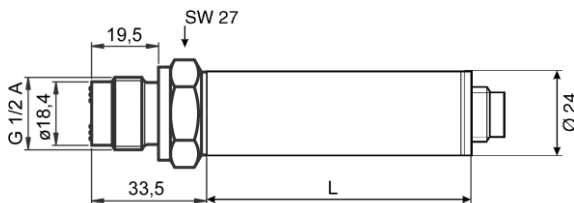
Typ FD 8214



Standardausführung mit G 1/4" Innengewinde

L = 45 mm (L = 72 mm bei Option Medientemperatur bis 150°C mit Kühlrippen)

Typ FD 8214 M



Frontbündige Membran (mit Gewindeende verschweißt), Außengewinde G 1/2", leicht sterilisierbar

L = 45 mm (L = 72 mm bei Option Medientemperatur bis 150°C mit Kühlrippen)

Handhabung

Fühlerschutz

Da der Druck durch eine kleine Bohrung im Gewindeteil auf die Druckmembran übertragen wird, sollten Flüssigkeiten nicht zum Auskristallisieren neigen und Gase nicht stark staubgelastet sein. Für kritische Anwendungen gibt es den Sensor mit frontbündiger Membran.

3.8.1.4 Druckaufnehmer zur Temperaturmessung bei Kältemittel Absolutdruck FDA 602 LxAK

Grundlagen

ALMEMO® Geräteoption SB0000R2 (Temperaturmessbereiche für Kältemittel)

ALMEMO® Geräte ab Version V6 können mit der Geräteoption SB0000R2 versehen und dadurch für die kontinuierliche Kältemitteltemperaturmessung mit Absolutdrucksensoren (Auflösung 0,001 bar zwingend) genutzt werden. Druck und Temperatur werden gleichzeitig gemessen.

In jedem Messgerät sind für die Messung mit verschiedenen Sensoren bestimmte Messbereiche angelegt. Die Geräteoption SB0000-R2 fügt zu den bereits vorhandenen Messbereichen 10 neue hinzu. Jeder dieser Messbereiche befähigt das Gerät zusammen mit einem Absolutdruckgeber neben den Druckmessungen auch Temperaturmessungen an einem bestimmten Kältemittel vorzunehmen.

Zur Bestimmung der Temperatur wird der Taupunktdruck, bzw. Siedepunktdruck herangezogen.

Fühlereigenschaften

Allgemein

Der FDA 602 LxAK eignet sich für industrielle Anwendungen in flüssigen und gasförmigen Medien.



Abb. 3.8.4 Typ FD A602LxAK:
Standard-Ausführung mit 7/16“ Außengewinde,
Membran innenliegend.

Ausstattung

Der Druckaufnehmer FDA 602 LxAK besitzt eine piezoresistive, flexibel aufgehängte Siliziummesszelle in ölgefülltem, vollverschweißtem Edelstahlgehäuse.

Durch die stabile mechanische Konstruktion ist die Messzelle zuverlässig gegen das Messmedium geschützt und unempfindlich gegen Druckspitzen und Vibrationen.

Für den direkten Anschluss an ALMEMO® Geräte sind die Druckaufnehmer standardmäßig mit einem ALMEMO® Anschlusskabel (Länge 1,5 m, andere Längen auf Anfrage) versehen.

Ausführungen

Der FDA 602 LxAK ist ausschließlich als Absolutdrucksensor erhältlich, bei einer Auflösung von 0,001 bar.

Artikelnummer	Bereich
FDA602L5AK	bis 10 bar
FDA602L6AK	bis 30 bar
FDA602L7AK	bis 50 bar

Programmierung

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich und Skalierung hinterlegt, so dass die Ausgangswerte des Druckaufnehmers bereits als Druck in bar mit Auflösung 0,001 bar angezeigt werden.

Zusätzlich wird ab Werk ein kundenseitig wählbarer Messkanal für die Temperatur des Kältemittels als Funktionskanal im ALMEMO® Stecker programmiert. Die Kältemitteltemperatur wird in °C mit einer Auflösung von 0,1 K angezeigt.

Technische Daten

Sensor

Überlast	zweifacher Endwert
Ausgangssignal	0,2 bis 2,2 V
Druckauflösung	0,001 bar (programmiert)
Genauigkeitsklasse	±0,5% vom Endwert (Linearität + Hysterese + Reproduzierbarkeit)
Gesamtfehlerband	0 bis 50°C: ±1,0% vom Endwert -10 bis 80°C: ±1,5% vom Endwert (Linearität + Hysterese + Reproduzierbarkeit + Temperaturkoeffizienten + Nullpunkt + Bereichstoleranz)
Ansprechzeit (0 bis 99%)	< 5 ms
Nennbedingungen	22°C ± 2 K, 10 bis 90% rH nicht kondensierend
Stromversorgung	6,5 bis 15 V DC, Verbrauch < 4 mA, über ALMEMO® Stecker
Betriebstemperatur	-40 bis +100°C
Druckanschluss	Außengewinde 7/16“, Membran innenliegend
Material in Kontakt zum Medium	rostfreier Stahl DIN 1.4404/1.1135, Viton Außendichtung
Gewicht	ca. 50 g
Schutzart	IP 65

Kältemittel

Kältemittel	R22	R23	R134a	R404a	R404a
Druckbereich	0 bis 36 bar	0 bis 49 bar	0 bis 40,5 bar	0 bis 32 bar	0 bis 32 bar
Arbeitspunkt	Taupunkt	Taupunkt	Taupunkt	Taupunkt	Siedepunkt
Temperaturbereich	-90 bis +79°C	-100 bis +26°C	-75 bis +101°C	-60 bis +65°C	-60 bis +65°C
Auflösung	0,1 K	0,1 K	0,1 K	0,1 K	0,1 K
Linearisierungs- genauigkeit	< -24°C: 0,2 K > -24°C: 0,1 K	< -24°C: 0,2 K > -24°C: 0,1 K	< -16°C: 0,2 K > -16°C: 0,1 K	0,1 K	0,1 K
Bereichskürzel	R22	R23	R134	R404	'404
V24-Befehl	B20	B19	B21	B22	B17

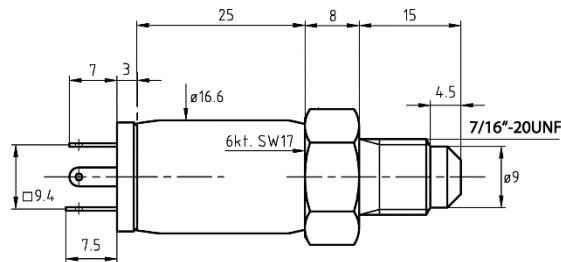
Kältemittel	R407C	R407C	R410A	R417A	R507
Druckbereich	0 bis 46 bar	0 bis 46 bar	0 bis 49 bar	0 bis 27 bar	0 bis 37 bar
Arbeitspunkt	Taupunkt	Siedepunkt	Taupunkt	Taupunkt	Taupunkt
Temperaturbereich	-50 bis +86°C	-50 bis +86°C	-70 bis +70°C	-50 bis +70°C	-70 bis +70°C
Auflösung	0,1 K	0,1 K	0,1 K	0,1 K	0,1 K
Linearisierungs- genauigkeit	< -30°C: 0,2 K > -30°C: 0,1 K	< -30°C: 0,2 K > -30°C: 0,1 K	< -30°C: 0,2 K > -30°C: 0,1 K	< -35°C: 0,2K > -35°C: 0,1K	< -30°C: 0,2 K > -30°C: 0,1 K
Bereichskürzel	R407	'407	R410	R417	R507
V24-Befehl	B23	B62	B25	B26	B18

Der Endwert des Temperaturbereichs ergibt sich aus den vorliegenden Daten der Kältemittel. Bei Druckgebern mit kleineren Druckbereichen verringert sich lediglich die messbare Endtemperatur.

Drucksensoren

Abmessungen

Abmessungen in mm



Handhabung

Vorbereitung

Für die Berechnung der Kältemitteltemperatur aus dem gemessenen Absolutdruck muss das Messgerät mit der ALMEMO® Geräte-Option SB0000R2 (Temperaturmessbereiche für Kältemittel) ausgestattet sein.

Wie unter ‚Programmierung‘ schon erwähnt, ist im Druckaufnehmer FDA 602 LxAK ab Werk neben dem Messkanal für Druck ein kundenseitig wählbarer Messkanal für die Temperatur eines Kältemittels als Funktionskanal im ALMEMO® Stecker programmiert.

Soll ein anderer Drucksensor als der FDA 602 LxAK mit einem ALMEMO® Stecker angeschlossen werden, um Temperaturen von Kältemitteln zu messen, können auch hier die Messbereiche für die Kältemittel als Funktionskanäle in den Stecker programmiert werden. Als Bezugskanal muss dann der entsprechend skalierte Druckmessbereich mit einer Auflösung von 0,001 bar vorhanden sein.

Sollen die Temperaturmessbereiche im Messgerät manuell programmiert werden, erscheinen die entsprechenden Kürzel 'Rxxx' für die Messbereiche der Kältemittel unter ‚Bereich‘ zwischen 'DIGI' und 'S120'.

Da der FDA 602 LxAK einen Standardstecker mit vier Kanälen besitzt, stehen außer dem Messkanal für den Absolutdruck noch drei weitere Kanäle zur Verfügung. Auf diese können die Bereiche für ein bis drei Kältemittel programmiert werden. Bei wechselnder Nutzung verschiedener Kältemittel können diese Bereiche durch entsprechende Kanalwahl aufgerufen werden.

Besitzt ein Messgerät die Option SB0000R2, sind die Bereiche 'Ir 1' bis 'Ir 6' und 'L605' aus der Liste der Messbereiche gelöscht.

3.8.1.5 ALMEMO® Messmodul für Differenzdruck FDA 602 D

Messprinzip

Das Messmodul für Differenzdruck FDA 602 D ist mit zwei Absolutdrucksensoren ausgestattet. Aus den zwei gemessenen Drücken wird mit Hilfe eines Mikroprozessors direkt im Sensor der Differenzdruck berechnet.

Alle reproduzierbaren Fehler der Drucksensoren, wie Nichtlinearitäten und Temperaturabhängigkeiten, werden mit einer mathematischen Fehlerkompensation vollständig eliminiert.

Durch die zwei getrennten Absolutdrucksensoren im FDA 602 D ist der Sensor robuster bei einem plötzlichen einseitigen Druckabfall wie er z.B. beim Bruch eines der beiden Anschlüsse an druckführenden Leitungen geschehen kann.

Fühlereigenschaften

Allgemein

Der FDA 602 D ist für flüssige und gasförmige Medien geeignet.



Abb. 3.8.5
Messmodul für Differenzdruck FDA 602 D

Ausstattung

Für den direkten Anschluss an ALMEMO® Geräte sind die Druckaufnehmer standardmäßig mit einem ALMEMO® Anschlusskabel (Länge 2 m, andere Längen auf Anfrage) versehen.

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich und Skalierung hinterlegt, sodass die Ausgangswerte des Drucktransmitters als Differenzdruck in mbar oder bar angezeigt werden.

Ausführungen

Standarddruckbereich Absolutdruck	Überlast	Differenzdruckbereich Endwert bitte angeben	Artikelnummer
Niederdruckversion:			
0 bis 3 bar	10 bar	0 bis 0,2 ... 3 bar	FDA602D01
0 bis 10 bar	20 bar	0 bis 0,5 ... 10 bar	FDA602D02
0 bis 25 bar	30 bar	0 bis 1,25 ... 25 bar	FDA602D03
Mitteldruckversion:			
0 bis 100 bar	200 bar	0 bis 5 ... 100 bar	FDA602D10
0 bis 300 bar	450 bar	0 bis 15 ... 300 bar	FDA602D11

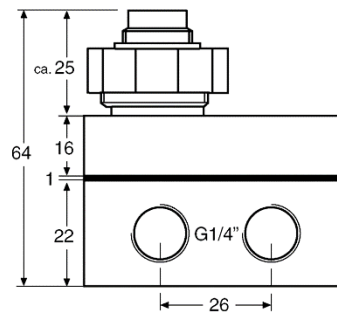
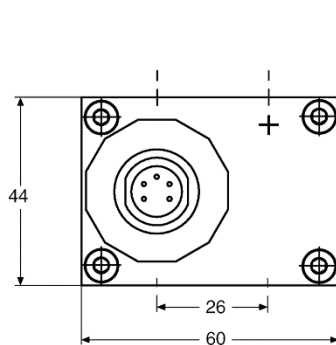
Technische Daten

Standarddruckbereich (maximal messbarer Druck pro Druckanschluss), Überlast,	
Differenzdruckbereich	siehe ‚Ausführungen‘ oben
Lager-/Betriebstemperatur	-40 bis +100°C
Kompensierter Standardbereich	-10 bis +80°C
Fehlerband	≤ 0,05 % typisch ≤ 0,1 % maximal vom Endwert des Standarddruckbereichs (Linearität + Hysterese + Reproduzierbarkeit + Temperaturfehler)
Druckanschlüsse	G ¼ innen (2 pro Druckseite)
Material in Kontakt zum Medium	Rostfreier Stahl 316L, DIN 1.4435
Speisung	6 bis 15 V DC, über ALMEMO® Stecker
Ausgang	0 bis 2 V

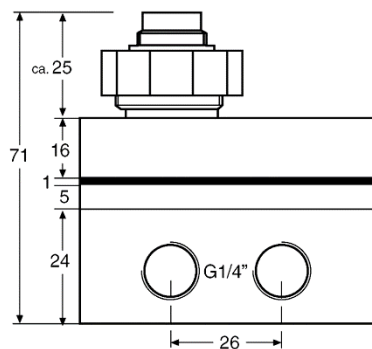
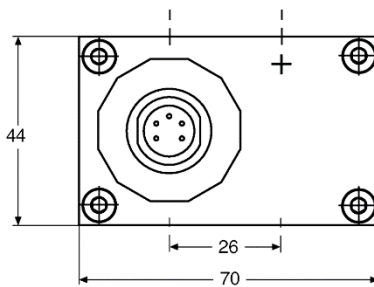
Drucksensoren

Elektrischer Anschluss	Binder-Stecker inkl. 2 m ALMEMO® Anschlusskabel
CE-Konformität	EN61000-6-1 bis 4 mit geschirmtem Kabel
Schutzart	IP65
Gewicht	
Niederdruckversion	475 g
Mitteldruckversion	750 g

Abmessungen



Niederdruckversion
Maße in mm



Mitteldruckversion
Maße in mm

Handhabung

Messgenauigkeit erhöhen

Der Bereich des Differenzdruckes sollte mindestens 5% vom Standarddruckbereich betragen.

3.8.1.6 Differenzdruckaufnehmer für Wandmontage FD 8612 DPS / APS

Messprinzip

Die Druckmessung erfolgt über eine entsprechend dem Druckbereich empfindliche Membran aus CuBe. Das Membransystem wird induktiv kräftefrei abgetastet.

Eine Temperaturdrift wird durch gezielte Kompensation der Sensoren auf ein Minimum reduziert.

Fühlereigenschaften

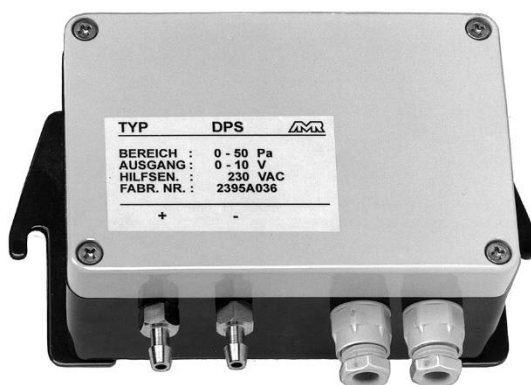


Abb. 3.8.6
Differenzdruckaufnehmer für Wandmontage

Allgemein

Der Drucksensor Typ DPS dient zur Erfassung von sehr kleinen Drücken und Differenzdrücken. Die solide Mechanik gewährleistet Langzeitstabilität, Linearität und gute Reproduzierbarkeit. Ein nahezu wartungsfreier Betrieb ist durch das verschleißfreie, induktive Messsystem gewährleistet.

Der Drucksensor ist geeignet für nichtaggressive Gase im Laboreinsatz, aber auch unter rauen Industriebedingungen einsetzbar, wie z. B. in der Heizung-Lüftung-Klimatechnik, Reinraumtechnik, Medizintechnik, Filtertechnik und Feinzugtechnik.

Die integrierte Elektronik liefert als Ausgang standardmäßig ein druckproportionales Spannungssignal von 0 bis 2 V.

Ausführungen

Artikelnummer	Messbereich
FD8612DPS	Relativ- und Differenzdruck 0 bis 2,5 mbar ... 1000 mbar, bitte Messbereich bei Bestellung angeben bei Option OD8612P10: 1 mbar (100Pa) bei Option OD8612P05: 0,5 mbar (50 Pa)
FD8612APS	Absolutdruck 0 bis 1000 mbar 900 bis 1100 mbar 800 bis 1200 mbar

Drucksensoren

Optionen

Artikelnummer	Eigenschaften
OD8612L2	Linearität 0,2% (DPS vom Endwert/APS von Bereichsspanne), bei DPS nur bei Bereichen $\geq 2,5$ mbar, bei APS nur bei Bereichsspanne ≤ 100 mbar
OD8612L5	Linearität 0,5% (DPS vom Endwert/APS von Bereichsspanne), bei DPS nur bei Bereichen ≥ 1 mbar, bei APS nur bei Bereichsspanne ≤ 200 mbar
OD8612N	Stromversorgung 230 V
OD8612R2	Ausgang 0 bis 10 V (Spannungsversorgung 19 – 31 V DC)
OD8612R3	Ausgang 0 bis 20 mA (Spannungsversorgung 19 – 31 V DC)
OD8612R4	Ausgang 4 bis 20 mA (Spannungsversorgung 19 – 31 V DC)

Zubehör

Artikelnummer	Eigenschaften
ZB2295S	1 Satz Silikonschläuche 2 m, schwarz/farblos
ZB2295SSL	Silikonschlauch schwarz, Aufpreis je m
ZB2295SFL	Silikonschlauch farblos, Aufpreis je m

Anschlusskabel an ALMEMO® Geräte

Für den direkten Anschluss an ALMEMO® Geräte steht ein werkseitig montiertes ALMEMO® Anschlusskabel mit folgenden Eigenschaften zur Verfügung.

Artikelnummer	Eigenschaften
ZA8612AK2	Anschlusskabel 2 m lang, montiert mit Stecker zum Anschluss an ALMEMO® Geräte (andere Kabellängen auf Anfrage)

Programmierung

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich und Skalierung hinterlegt, so dass die Ausgangswerte des Druckaufnehmers (druckproportionales Spannungssignal von 0 bis 2 V) als Differenz oder Relativdruck in Pa (Pascal) oder mbar angezeigt werden.

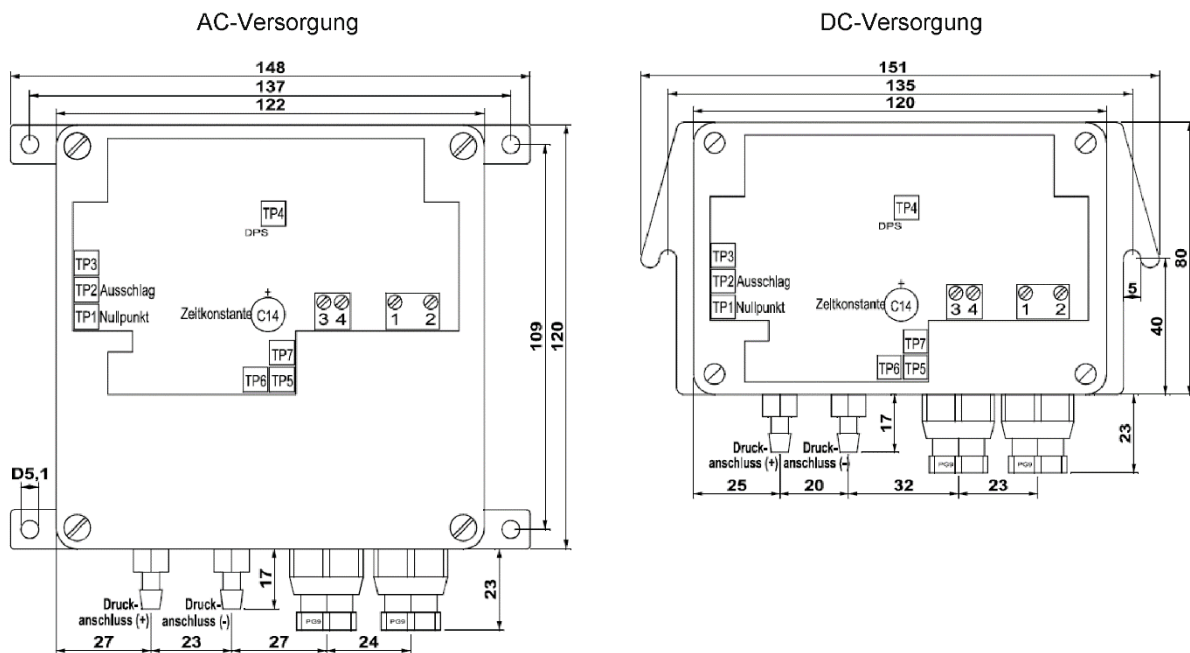
Technische Daten

Linearität	$\pm 1\%$ vom Endwert, Option: $\pm 0,2\%$ oder $\pm 0,5\%$
Hysterese	$\pm 0,1\%$ vom Endwert
Nenntemperatur	23°C
Überlastbarkeit	bis 400 mbar: 5fach, ab 500 mbar: 2fach
Maximaler Gleichtaktdruck	1 bar (bei Differenzmessungen)
Spannungsversorgung	6 bis 12 V DC, Option: 230 V 50/60 Hz
Stromverbrauch	ca. 3,5 mA
Ausgang	0 bis 2 V, Option: 0 bis 10 V / 0(4) bis 20 mA

Anschluss	Elektrisch: Schraubklemmen, Kabelverschraubung PG 7 Druck: 6,5 mm Schlauchanschluss
Anstiegszeit	T_{90} ca. 0,02 s
Temperaturdrift	Nullpunkt 0,03% vom Endwert/K, Spanne 0,03% vom Endwert/K
Einsatzbereich	10 bis 50°C, Luftfeuchte 10 bis 90%, nicht kondensierend
Lagertemperatur	-10 bis +70°C
Gehäuse	Material ABS, 120 x 80 x 55 mm (L x H x T) bei DC-Versorgung
Schutzklasse	0
Schutzart	IP 54
Gewicht	ca. 300 g
Sensorvolumen	ca. 3 ml
Volumenzuwachs	ca. 0,2 ml bei Nenndruck

Abmessungen

Informationen zum Anschluss der Mess- und Versorgungskabel sind in der Zeichnung unten enthalten.



Handhabung

Vorbereitung

Installation

Die Drucksensoren werden mit Hilfe der beiden seitlichen Laschen befestigt. Die unmittelbare Nähe von Störquellen (Trafos, Sender, Motoren) und Wärmequellen ist zu vermeiden.

Erschütterungen oder Vibrationen des Montageortes können ein verfälschtes Ausgangssignal verursachen.

Die zweckmäßige Montage erfolgt in vertikaler Lage, d.h. die Druckanschlüsse zeigen nach unten. Die Sensoren sind werkseitig in dieser Einbaulage kalibriert. Diese Montageart verhindert auch das Eindringen von eventuellem Kondensat über die Druckleitungen in den Sensor.

Drucksensoren

Inbetriebnahme

Zur Inbetriebnahme entfernen Sie den Gehäusedeckel des Sensors. Der elektrische Anschluss erfolgt über Anschlussklemmen (siehe Zeichnung oben in „Abmessungen“).

Achten Sie beim Anlegen der Versorgungsspannung darauf, dass diese nicht an die Ausgangsklemmen angeschlossen wird. Die Geräte mit Gleichspannungsversorgung haben einen Verpolschutz. Das Ausgangssignal der Sensoren ist kurzschlussfest.

Anschlussbelegung Vierleiter

AC-Versorgung,
Versorgungsbereich siehe Typenschild am Gerät:

Versorgung	Ausgang
Klemme 1 = N	Klemme 2 = L1
Klemme 3 = 0	Klemme 4 = Ausgang A, Strom oder Spannung

Anschlussbelegung Dreileiter

DC-Versorgung,
Versorgungsbereich siehe Typenschild am Gerät:

Versorgung	Ausgang
Klemme 1 = 0	Klemme 2 = VDC
Klemme 3 = 0	Klemme 4 = Ausgang A, Strom oder Spannung

Messgenauigkeit erhöhen

Nach dem Anlegen der Versorgungsspannung können Sie das Ausgangssignal messen. Bei einer Abweichung des Ausgangssignals müssen zwei Dinge berücksichtigt werden:

1. Die Einlaufzeit des Sensors beträgt ca. 1 Stunde. Nach dieser Zeit muss das Sensorsignal bei Differenzdruck null sein und bei konstanter Umgebungstemperatur stabil stehen.
2. Bei kleinen Messbereichen entsteht durch den Lageeinfluss eine spürbare, physikalisch bedingte Nullpunktverschiebung.

Dieser Fehler kann aber nach der Einlaufzeit des Sensors am Potentiometer Nullpunkt abgeglichen werden (Ausgangssignal des Sensors bei offenen Druckeingängen auf Null stellen).

Justierung

Die Drucksensoren sind werkseitig justiert. Bei Feindrucksensoren ist eine erhöhte Gefahr von Beschädigung gegeben. Deshalb sollten sie in regelmäßigen Abständen im Werk überprüft werden.

Fühlerschutz

Blasen Sie nicht in die Druckanschlüsse. Messzellen bis 100 hPa können durch Lungendruck beschädigt oder zerstört werden.

3.8.1.7 ALMEMO® Druckmessstecker für Differenzdruck FDA 612 SR, FDA 602 SxK

Fühlereigenschaften



Abb. 3.8.7
Druckmessstecker für Differenzdruck FD A602 S1K

Allgemein

Im ALMEMO® Programm gibt es piezoresistive Druckmessstecker mit zwei Anschlussstutzen für Relativ- oder Differenzdruckmessung von Gasen (siehe auch Kapitel 3.7.2.1). Sie sind direkt auf die Messgeräte aufsteckbar. Ein solcher Stecker ist auch zur Luftdruckmessung erhältlich (siehe Kapitel 3.6).

Ausstattung

Der Sensor wird mit Hersteller-Prüfschein und einem Satz Silikonschläuche (Länge 2 m) ausgeliefert.

Ausführungen

Artikelnummer	Bereich
FDA612SR	±1000 mbar
FDA602S2K	± 250 Pa (lageunabhängig)
FDA602S1K (siehe Kapitel 3.7.2.1)	±1250 Pa (lageunabhängig)
FDA602S6K (siehe Kapitel 3.7.2.1)	±6800 Pa (lageunabhängig)

Zubehör

Artikelnummer	Beschreibung
ZA9060AK1	Anschlusskabel, 0,2 m
ZA9060VK2	Verlängerungskabel, 2 m lang
ZA9060VK4	Verlängerungskabel, 4 m lang

Technische Daten

Druckmessstecker FDA 612 SR, FDA 602 S2K:

Messbereich	siehe oben, „Ausführungen“
Überlastbarkeit	
FDA 612 SR	maximal 1,5-facher Endwert
FDA 602 S2K	maximal 250 mbar
Genauigkeit (Nullpunkt abgeglichen)	±0,5% vom Endwert im Bereich 0 bis positiver Endwert

Drucksensoren

Gleichtaktdruck	FDA 602 S2K: max. 700 mbar FDA 612 SR: max. 3 bar
Nenntemperatur	25°C
Temperaturdrift	
FDA 612 SR	< ±1,5% vom Endwert, kompensierter Temp.-Bereich: 0 bis 70°C
FDA 602 S2K	< ±2% vom Endwert, kompensierter Temp.-Bereich: -25 bis +85°C
Arbeitsbereich	-10 bis +60°C, 10 bis 90% rH nicht kondensierend
Schlauchanschlüsse	Ø 5 mm, 12 mm lang
Sensormaterial	Aluminium, Nylon, Silikon, Silikongel, Messing

Abmessungen

Länge 74 mm

Breite 20 mm

Höhe 8,8 mm

Durch die Höhe des Steckers kann bei den Geräten ALMEMO® 2890, 5690, 5790, 8590, 8690 die benachbarte Eingangsbuchse teilweise abgedeckt werden. Ohne Einschränkungen nutzbar ist die jeweils 1. Eingangsbuchse. Alternativ kann mit dem Anschlusskabel ZA9060AK1 der ALMEMO® Druckmessstecker an eine beliebige Eingangsbuchse angesteckt werden.

3.8.2 Kraftsensoren

Messprinzip

Die Messkette eines Kraftsensors besteht aus einem mechanisch-elektrischen Umformer, zum Beispiel aus einer Wheatstoneschen Brücke aus Dehnungsmessstreifen und einem Messverstärker zur Normierung des Signals.

Die Dehnungsmessstreifen (DMS) sind in einer Vollbrückenschaltung in 4-Leitertechnik angeordnet, d.h. die DMS werden über 2 Versorgungsleitungen gespeist und das Messsignal über 2 weitere Leitungen abgegriffen.

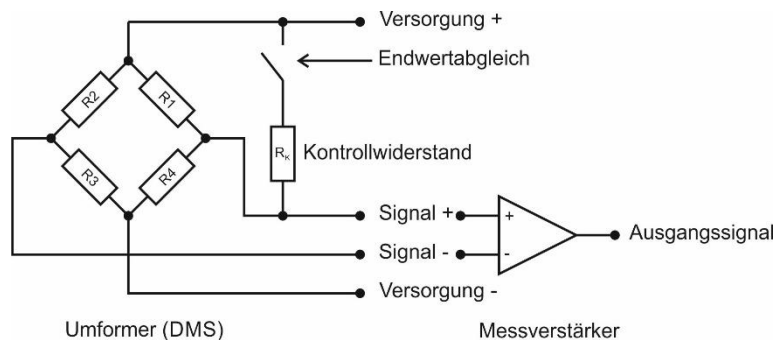


Abb. 3.8.8
Vollbrückenschaltung
in 4-Leitertechnik
mit Kontrollwiderstand

Für den Messbereich-Endabgleich können die Kraftsensoren mit einem entsprechenden Kontrollwiderstand ausgerüstet sein, der eine Überprüfung und Nachjustierung ermöglicht.

Grundlagen

Die technischen Merkmale der Kraftsensoren sind weitgehend durch die VDI/VDE-Richtlinie 2637 festgelegt. Die wichtigsten Begriffe sind nachfolgend erklärt.

Begriff	Erläuterung
Messbereich	Der Belastungsbereich, innerhalb dem die garantierten Fehlergrenzen nicht überschritten werden.
Nennlast	Die Nennlast ist die obere Grenze des Messbereiches. Abhängig vom Sensor kann die Nennlast eine Zug- oder Drucklast sein.
Gebrauchslast	Die Gebrauchslast ist die Last, mit welcher der Sensor über die Nennlast hinaus belastet werden darf, ohne dass sich die spezifizierten Eigenschaften ändern. Der Gebrauchslastbereich sollte nur in Ausnahmefällen benutzt werden.
Grenzlast	Die Grenzlast ist die maximal zulässige Belastung der Lastzelle, bei der keine Zerstörung des Messsystems zu erwarten ist. Bei dieser Belastung gelten nicht mehr die spezifischen Fehlergrenzen.
Bruchlast	Die Bruchlast ist die Last, bei der eine bleibende Veränderung oder Zerstörung auftritt.
max. dynamische Belastung	Auf die Nennkraft bezogene Schwingbreite einer sich sinusförmig ändernden Kraft in Richtung der Messachse des Sensors. Bei einer Beanspruchung von 107 Zyklen erfährt der Sensor bei der Wiederverwendung bis zur Nennkraft keine signifikante Veränderung seiner messtechnischen Eigenschaften.
Kriechfehler	Der Kriechfehler ist die maximal zulässige Änderung des Ausgangssignals des Sensors über die angegebene Zeit bei konstanter Belastung und stabilen Umgebungsbedingungen.

Physikalische Einheiten und Umrechnungen

Als Kraft bezeichnet man die Ursache für die Beschleunigung eines Körpers. Die SI-Einheit der Kraft ist das Newton [N]. 1 Newton ist gleich der Kraft, die einem Körper der Masse 1 kg die Beschleunigung 1 m/s² erteilt.

Auswahl, Produktübersicht

Im ALMEMO® Programm gibt es Kraftsensoren in 3 Ausführungen:

Kraftart	Artikelnummer	Messbereich
Druckkraft	FKA 022	100 N, 200 N, 500 N, 1000 N, 2000 N
	FKA 613	0,5 kN, 1 kN, 2 kN, 5 kN, 10 kN, 20 kN, (50 kN auf Anfrage)
Zug- und Druckkraft	FKA 0251	0,02 kN, 0,05 kN, 0,1 kN, 0,2 kN, 0,5 kN, 1 kN, 2 kN, 5 kN, 10 kN
	FKA 0252	20 kN
	FKA 0255	50 kN

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich und Skalierung hinterlegt, sodass die Ausgangswerte der ALMEMO® Kraftsensoren als Zug- bzw. Druckkraft in N (Newton) angezeigt werden.

Alle in N angegebenen Messbereiche sind auch in kg-Bereichen lieferbar. Optional können bei ALMEMO® Geräten die Messwerte mit beiden Dimensionen nacheinander abgerufen werden.

Artikelnummer	Optionen für alle Kraftsensoren
Best. Nr. OK9000K	Messwertanzeige bei ALMEMO® Geräten in kg
Best. Nr. OK9000NK	Messwertanzeige bei ALMEMO® Geräten in N und kg

ALMEMO® Eingangsstecker für Kraftsensoren

Artikelbezeichnung	Art des Steckers	Abtastrate	Schalter für Kontrollwiderstand	Beschreibung
ZA9612FS	Standard, analog	≤ 100/s (geräteabhängig)	vorhanden	siehe unten
ZKD712FS	D7, digital	bis zu 1000/s	vorhanden	siehe unten
ZA9105FSx	Standard, analog	≤ 100/s (geräteabhängig)	keiner	siehe Kapitel 4.4.3.1
ZKD700FS	D7, digital	bis zu 1000/s	keiner	siehe Kapitel 4.4.3.2

ALMEMO® Kraftsensoren sind immer mit einem Kontrollwiderstand ausgerüstet und werden deshalb normalerweise mit dem Stecker ZA9612FS oder auf Anfrage mit dem Stecker ZKD712FS ausgeliefert. Letzterer kann nur an V7 Geräten verwendet werden.

Die Stecker ZA9105FSx und ZKD700FS können zum Anschluss von Kraftsensoren ohne Kontrollwiderstand benutzt werden (siehe Kapitel 4.4.3.1 und 4.4.3.2).

ZA 9612-FS

Dieser Stecker besitzt einen eingebauten Präzisionsdifferenzverstärker (Verstärkung 10) und liefert eine stabile Brückenspannungsversorgung von 5 V DC (0,5%, typ. 20 ppm/K). Eingangssignal: 26 mV, durch die 10-fache Verstärkung wird der ALMEMO® Messbereich 260 mV benutzt.

Im Messverstärkermodule des Steckers ist ein elektronischer Schalter eingebaut, der es ermöglicht, den Kontrollwiderstand im Kraftsensor vom Gerät aus hinzuzuschalten.

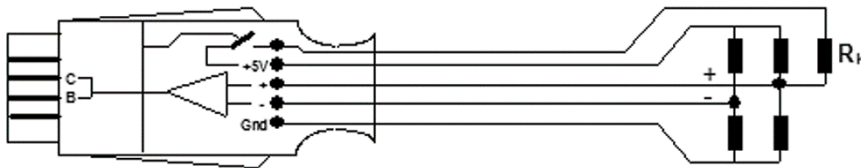


Abb. 3.8.9
Analoger Eingangsstecker
ZA 9612-FS für Kraftauf-
nehmer mit Kalibrierwider-
stand R_K

ZKD712-FS

Alternativ zum Stecker ZA 9612-FS können die Kraftsensoren auf Anfrage mit dem digitalen ALMEMO® D7 Stecker ZKD712-FS ausgeliefert werden.

Die Vier-Leiter-Vollbrücke aus Dehnungsmessstreifen (siehe oben, ‚Messprinzip‘) wird über die Elektronik im Stecker ZKD712FS mit einer 5V-Brückenversorgung gespeist und einem schnellen 24-bit-AD-Wandler ausgewertet.

Damit ist es möglich, dynamische Kraftänderungen alternativ mit 2 verschiedenen Wandlungsraten von 10 oder 1000 Messungen/Sekunde aufzunehmen. Zum Abgleich des Endwertes verfügen die Sensoren über einen internen Kontrollwiderstand, der im Sensor-Menü bei Bedarf zugeschaltet werden kann.

Programmierung der Stecker ZKD712-FS

Bezeichnung	Befehl	Bereich
Kraft 10 M/s	B-01	DMS1
Kraft 1000 M/s	B-02	DMS2

Wenn Kraftsensoren mit einem Stecker ZKD712FS ausgeliefert werden, sind sie auf den Bereich DMS2 mit 1000 M/s eingestellt. Nach einem Bereichswechsel muss der Abgleich des Kraftsensors (Nullpunkt und Endwert, siehe unten, Kapitel ‚Hinweise zur Messung‘) wiederholt werden.

Die technischen Daten des Steckers sind dieselben wie die des ZKD700FS (siehe Kapitel 4.4.3.2).

Anschluss von Kraftsensoren ohne Kontrollwiderstand

Die Stecker ZA9105-FS (Standard, analog) und ZKD700FS (digital) stehen zum Anschluss von Kraftsensoren ohne Kontrollwiderstand zur Verfügung (siehe Kapitel 4.4.3.1 und Kapitel 4.4.3.2).

Hinweise zur Messung

Nullpunktgleich

Bei allen Gewicht- und Kraftmessungen sollte vor jeder Messung ein Abgleich des Nullpunkts durchgeführt werden. Dadurch wird der Messwert bei einer Vorlast oder einem Nullpunktfehler auf null gesetzt.

Kraftsensoren

Nullpunktabgleich beim ZA9612FS:

In allen ALMEMO® Geräten gibt es die Möglichkeit einen Nullpunktabgleich (Tarafunktion) durchzuführen (siehe Geräteanleitungen). Dabei wird der Wert, den der unbelastete Kraftsensor ausgibt in die BASIS der Steckerprogrammierung geschrieben (siehe Funktion BASISWERT Kapitel 6.3.11).

Um den Nullpunktabgleich der Geräte nutzen zu können, muss der Verriegelungsmodus des Messkanals auf 4 eingestellt sein.

Nullpunktabgleich beim ZKD712FS:

Für den ZKD712FS kann wie beim Stecker ZA9612FS der Nullpunktabgleich im Gerät durchgeführt werden (siehe oben und jeweilige Geräteanleitung).

Außerdem besteht die Möglichkeit, den Nullpunkt im Sensormenü abzugleichen. Das Sensormenü ist über V7 Geräte (siehe Bedienungsanleitung) oder über die Schnittstelle der Geräte zum PC über die Software ALMEMO® Control zugänglich.

Bei Klick auf den Button ‚ZERO‘ wird der Nullpunktabgleich durchgeführt (siehe Abbildung des Sensormenüs unten).

Kraftsensorabgleich (Zweipunktabgleich)

Die ALMEMO® Kraftsensoren werden mit Stecker vollständig abgeglichen geliefert. Soll der Abgleich aber erneuert werden oder möchte der Kunde einen Kraftsensor selbst anschließen, muss nicht nur ein Nullpunktabgleich durchgeführt werden, sondern der Sensor auch noch in einem weiteren Punkt abgeglichen werden (Zweipunktabgleich). Dafür wird angenommen, dass sich der Sensor linear verhält. Während bei Abgleich des Nullpunkts ein Wert in die BASIS der Steckerprogrammierung geschrieben wird, wird beim Zweipunktabgleich auch noch ein Wert in den FAKTOR gelegt.

Für die vollständige Skalierung ist u.U. eine Dezimalpunktverschiebung und Dimensionseingabe erforderlich (siehe Kapitel 6.3.11 und 6.3.5).

Bei allen neuen Geräten ist der Abgleich über Tasten in der jeweiligen Bedienungsanleitung unter Punkt ‚Sollwerteingabe‘ beschrieben, der Abgleich über die Schnittstelle im Kapitel 6.4.2. Der Verriegelungsmodus des Messkanals muss dazu auf 4 eingestellt sein.

Kraftaufnehmerabgleich für ZA9612FS:

1. Nullpunktabgleich:
Lastzelle entlasten.
Nullpunktabgleich durchführen mit Funktion 'Messwert Nullsetzen'.
Der Nullpunktfehler wird als BASIS gespeichert und der Messwert zeigt 0000.
2. Endwert vorgeben:
Endwert-Kontrollwiderstand einschalten.
Der Endwert wird angezeigt.
3. Endwertabgleich:
Sollwert eingeben und abgleichen mit Funktion 'Sollwerteingabe'.
Der Steigungsfehler wird als FAKTOR gespeichert und der Messwert zeigt den Sollwert an.
Bei Bedarf Punkt 3 wiederholen.
4. Abgleich beenden:
Evtl. Nennlast entfernen.
Abgleichfunktion verlassen. Der Kontrollwiderstand ist jetzt ausgeschaltet.
Der Messwert zeigt wieder 00000.

Bei den Geräten ohne Sollwerteingabe kann der Faktor (Sollwert/Istwert) selbst berechnet und programmiert werden (siehe Kapitel 6.3.11).

Kraftsensorabgleich für ZKD712FS:

Ist ein Kraftsensor am digitalen Stecker ZKD712FS angeschlossen, kann der Kraftsensorabgleich wie der Nullpunktabgleich im Sensormenü (siehe unten) vorgenommen werden. Ein Kraftsensorabgleich vom Gerät aus ist im Fall des ZKD712FS nicht möglich.

Sensor-Menü		
Kraftsensor FKD712		
DMS2 1000M/s ▼		
0.0:	200.00	N
Endwert:	200	
Kommastelle:	2	
Kalibrierwiderstand:	EIN AUS	
ZERO ▶	ADJ ▶	

Abb. 3.8.10
Kraftsensorabgleich für ZKD712FS
Sensormenü des Messgeräts ALMEMO® 710

Das Sensormenü ist im Gerät (siehe Bedienungsanleitung der Geräte) oder über die Schnittstelle zum Computer mit der Software ALMEMO® Control erreichbar.

1. Nullpunktgleich:
Lastzelle entlasten.
Nullpunktgleich durchführen, indem man auf ‚ZERO‘ klickt.
Der Messwert zeigt 0 an.
2. Endwert vorgeben:
Zuerst die gewünschte Kommastelle ins Sensormenü eingeben.
Dann den Endwert des Kraftsensors eintragen.
3. Endwertgleich:
Auf ‚Kalibrierwiderstand‘ klicken.
Auf ‚ADJ‘ klicken.
Der Endwert wird jetzt als Messwert angezeigt.
4. Abgleich beenden:
Auf ‚Kalibrierwiderstand‘ klicken.
Sensormenü verlassen.
Der Messwert zeigt wieder 0 an.

3.8.2.1 Druckkraftsensoren FKA 022, FKA 613

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Die Sensoren messen über Dehnungsmessstreifen, die in einer Vier-Leiter-Vollbrücke geschaltet sind. Sie sind mit einem Kontrollwiderstand für den Endabgleich des Messbereichs ausgestattet.



Abb. 3.8.11
Druckkraftsensor FKA 022

Ausführungen

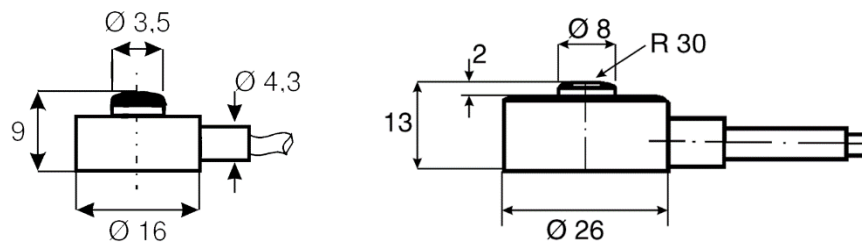
Alle in Newton angegebenen Messbereiche sind auch in kg-Bereichen lieferbar.

Technische Daten

Messbereiche	
FKA 022	100 N, 200 N, 500 N, 1000 N, 2000 N
FKA 613	0,5 kN, 1 kN, 2 kN, 5 kN, 10 kN, 20 kN (50 kN auf Anfrage)
max. Grenzlast	150% vom Endwert
max. dynamische Belastung	70% vom Endwert
Referenztemperatur	23°C
Genauigkeit	$< \pm 0,5\%$ v. Ew.
Nennmessweg	$< 0,2$ mm
Einsatzbereich	-10 bis +50°C
Kriechfehler bei Dauerbelastung	$< \pm 0,1\%$ pro 30 min
Schutzart	IP 65
Material	rostfreier Stahl
Kabel	radial, 3 m lang mit ALMEMO® Stecker

Abmessungen

links: FKA 022
rechts: FKA 613



3.8.2.2 Zug- und Druckkraft-Sensor FKA 0251, FKA 0252, FKA 0255

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Die Sensoren messen über Dehnungsmessstreifen, die in einer Vier-Leiter-Vollbrücke geschaltet sind. Sie sind mit einem Kontrollwiderstand für den Endabgleich des Messbereichs ausgestattet.

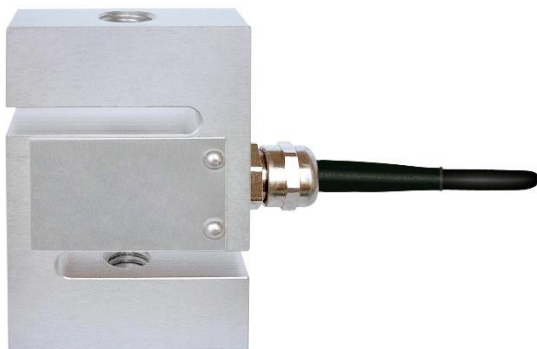


Abb. 3.8.12
Zug- und Druckkraft-Sensor FKA 025x

Zubehör für FKA 025

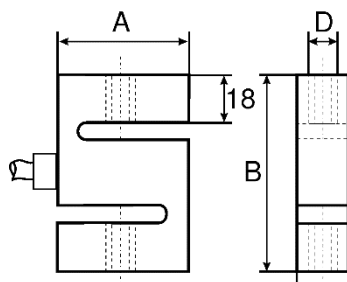
Artikelnummer	Typ
ZB902512	Gelenkösen mit Außengewinde M 12 (2 St.)
ZB902524	Gelenkösen mit Außengewinde M 24 x 2 (2 St.)

Ausführungen

Alle in Newton angegebenen Messbereiche sind auch in kg-Bereichen lieferbar.

Technische Daten

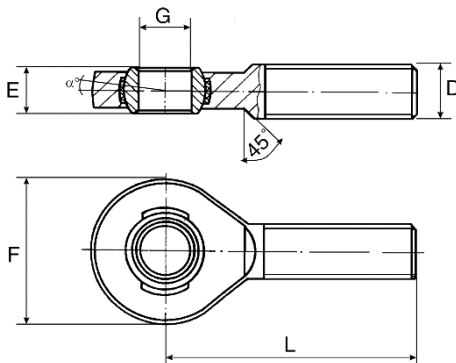
Messbereiche	
FKA0251	0,02 kN, 0,05 kN, 0,1 kN, 0,2 kN, 0,5 kN, 1 kN, 2 kN, 5 kN, 10 kN
FKA0252	20 kN
FKA0255	50 kN
max. Grenzlaster	150% vom Endwert
max. dynamische Belastung	70% vom Endwert
Referenztemperatur	23°C
Kabel	3 m lang mit ALMEMO® Stecker axial
Genauigkeit für Zug	< ±0,1% v. Ew.
Genauigkeit für Zug und Druck	< ±0,2% v. Ew.
Nennmessweg	< 0,15 mm
Einsatzbereich	-10 bis +70°C
Kriechfehler bei Dauerbelastung	< 0,07% pro 30 min
zulässige Seitenkräfte	±60% v. Ew.
Schutzart: bis 1 kN	IP 65, ab 2 kN: IP 67
Material	bis 1 kN: Aluminium, 2 bis 50 kN: rostfreier Stahl

Abmessungen

Zug- und Druckkraftsensor FKA25

bis 10 kN (in mm): A=50, B=75, C=20, D=M12

bis 20 kN, 50 kN (in mm): A=65, B=85, C=40, D=M24 x2

**Abmessungen Gelenkösen**

Außengewinde M 12 (in mm):

D = M 12, E = 16, F = 32, G = 12, L = 54)

Außengewinde M 24 (in mm):

D = M 24 x 2, E = 26, F = 62, G = 25, L = 94)

3.8.3 Wegaufnehmer, Wegtaster

Messprinzip

ALMEMO® Wegaufnehmer und -taster funktionieren nach dem Prinzip der Leitplastik-Potentiometer.

Auf der Grundlage eines Spannungsteilers mit einem Widerstandselement aus leitendem Kunststoff wird die Schleiferspannung belastungsfrei mit einem als Spannungsfolger geschalteten Operationsverstärker abgenommen.

Grundlagen

Das Anwendungsspektrum für Wegaufnehmer und Wegtaster ist sehr vielfältig. Nicht jede Anwendung kann von vornherein als Wegmessung erkannt werden. Häufig handelt es sich um eine völlig andere Messgröße, die sich aber auf eine Weg- oder Abstandsgröße zurückführen lässt.

Wegaufnehmer

Diese Sensoren eignen sich zur direkten, genauen Messung von Wegen in der Steuerungs-, Regelungs- und Messtechnik. Die Wegaufnahme erfolgt über eine Zugstange mit Kugelkupplung. Diese ermöglicht eine spiel- und querkraftfreie Betätigung auch bei Winkelversatz von Sensor und Messrichtung.

Wegtaster

Diese Sensoren eignen sich zur direkten Wegmessung ohne formschlüssige Verbindung, zur Positionsermittlung bei feststehenden Messobjekten, für Toleranzmessungen, sowie zur stetigen Konturabtastung. Über die beidseitig gelagerte Schubstange können Querkräfte aufgenommen werden können, wie sie beispielsweise bei der kontinuierlichen Abtastung von Kurven und Keilleisten auftreten. Ein rückseitiger Endanschlag dient zur einfachen mechanischen Ankopplung von automatischen Rückzugseinrichtungen, wie Pneumatikzylinder oder Elektromagnete.

Auswahl, Produktübersicht

Artikelnummer Wegaufnehmer	Artikelnummer Wegtaster	Nutzweg	Auflösung
FWA 025 T	FWA 025 TR	25 mm	0,001 mm
FWA 050 T	FWA 050 TR	50 mm	0,01 mm
FWA 075 T	FWA 075 TR	75 mm	0,01 mm
FWA 100 T	FWA 100 TR	100 mm	0,01 mm
FWA 150 T		150 mm	0,01 mm

Anwendungsbereiche

FWA xxx T	Wege in der Steuerungs-, Regelungs- und Messtechnik
FWA xxx TR	direkte Wegmessung ohne formschlüssige Verbindung, zur Positionsermittlung bei feststehenden Messobjekten, für Toleranzmessungen, sowie zur stetigen Konturabtastung

Hinweise zur Messung

Die Potentiometer werden über den Stecker ZA9025FS3 mit stabiler 2,5 V Versorgung angeschlossen (siehe Kapitel 4.4.2.1). Dadurch ergibt sich ein Messbereich von 0 bis 2,5 V für den Gesamtweg. Eine Vorjustierung erfolgt über die Korrekturwerte im Werk.

Der exakte Abgleich muss vom Kunden vor Ort nach dem Einbau mit Endmaßen durchgeführt werden.

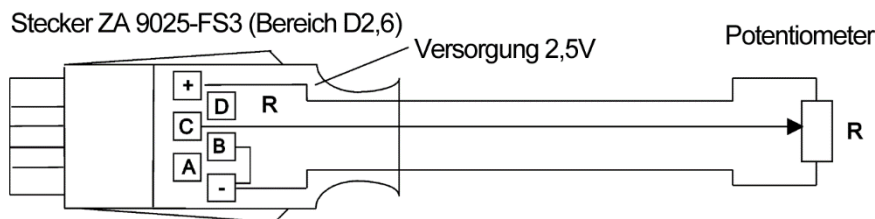


Abb. 3.8.13
Stecker ZA9025FS3
mit stabiler 2,5 V Versorgung

3.8.3.1 Wegaufnehmer FWA xxx T

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Die Wegaufnahme erfolgt über eine Zugstange mit Kugelpkupplung. Diese ermöglicht eine spiel- und querkraftfreie Betätigung auch bei Parallel- und Winkelversatz von Aufnehmer und Messrichtung.

Der Sensor ist mit einem elastomer-gedämpften, unabhängig federnden Mehrfinger-Edelmetallschleifer für zuverlässigen Kontakt auch bei hoher Verstellgeschwindigkeit (bis zu 10 m/s), Schock und Vibration ausgestattet. Seine Zugstange ist zweifach gelagert.

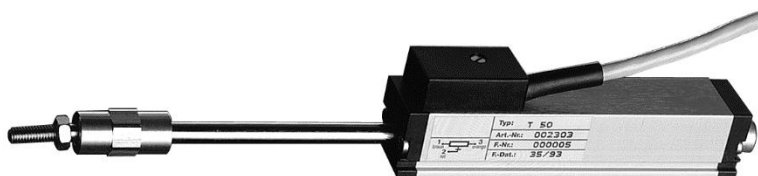


Abb. 3.8.14
Wegaufnehmer FWA xxx T

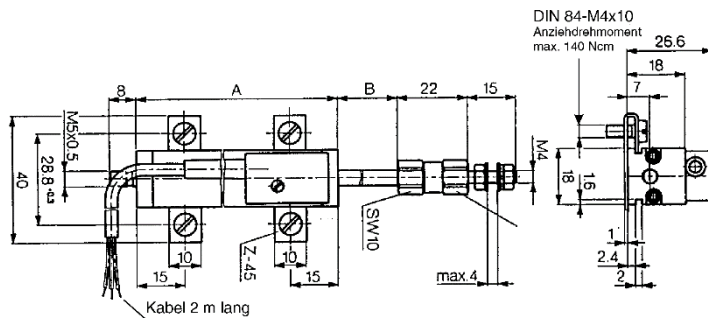
Technische Daten

Wegaufnehmer T	T25	T50	T75	T100	T150
Unabhängige Linearität	±0,2%	±0,15%	±0,1%	±0,075%	±0,075%
Gehäuselänge in mm (Maß A + 1 mm)	63	88	113	138	188
Mechanischer Hub in mm (Maß B ±1,5 mm)	30	55	80	105	155
Gesamtgewicht in g (mit 2 m Kabel)	140	160	170	190	220
Masse der Zugstange mit Kupplung und Schleiferblock in g	35	43	52	58	74
Beweglichkeit der Kugelpkupplung	±1 mm Parallelversatz, ±2,5° Winkelversatz				
Betätigungskraft (waagrecht)	≤ 0,30 N				
Wiederholgenauigkeit	0,002 mm				
Isolationswiderstand	≥ 10 MΩ (bei 500 V DC, 1 bar, 2 s)				

Wegaufnehmer, Wegtaster

Durchschlagfestigkeit	≤ 1 mA (bei 50 Hz, 2s, 1 bar, 500 V AC)
Max. zul. Anzugsmoment der Befestigungsschrauben	140 Ncm
Temperaturbereich	-30 bis +100°C
Temperaturkoeffizient des Spannungsteilerverhältnisses	typisch 5 ppm/°C
Schwingungen	5 bis 2000 Hz, A _{max} = 0,75 mm , a _{max} = 20 g
Stoß	50 g / 11 ms
Lebensdauer	> 100 x 10 ⁶ Hube
Schutzart	IP 40

Abmessungen



3.8.3.2 Wegtaster FWA xxx TR

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Die Widerstands- und Kollektorbahnen des Sensors sind aus leitendem Kunststoff gefertigt. Über die beidseitig gelagerte Schubstange können Querkräfte aufgenommen werden, wie sie beispielsweise bei der kontinuierlichen Abtastung von Kurven und Keilleisten auftreten.

Der rückseitige Endanschlag dient zur einfachen mechanischen Ankopplung von automatischen Rückzugseinrichtungen, wie Pneumatikzylinder oder Elektromagneten.

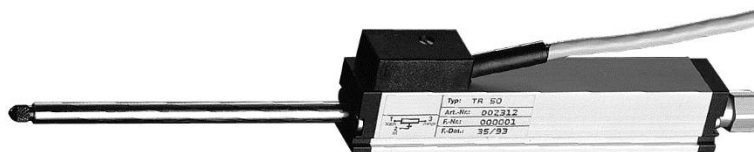


Abb. 3.8.15
Wegtaster FWA xxx TR

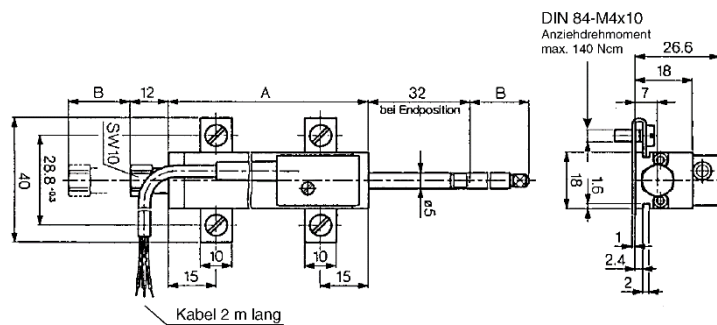
Technische Daten

Wegtaster TR	TR25	TR50	TR75	TR100
Unabhängige Linearität	±0,2%	±0,15%	±0,1%	±0,075%
Gehäuselänge in mm (Maß A + 1 mm)	63	94,4	134,4	166
Mechanischer Hub in mm (Maß B ±1.5 mm)	30	55	80	105
Gesamtgewicht in g	120	150	180	200

(mit 2 m Kabel):

Masse der Zugstange mit Kupplung und Schleiferblock in g	25	36	48	57
Betätigungsfrequenz max. (für kritischste Anwendung „Tastspitze nach oben“)	18 Hz	14 Hz	11 Hz	10 Hz
Betätigungskraft (waagerecht)	≤ 5 N			
Wiederholgenauigkeit	0,002 mm			
Isolationswiderstand	≥ 10 MΩ (bei 500 V DC, 1 bar, 2 s)			
Durchschlagfestigkeit	≤ 1 mA (bei 50 Hz, 2s, 1 bar, 500 V AC)			
Max. zul. Anzugsmoment der Befestigungsschrauben	140 Ncm			
Temperaturbereich	-30 bis +100°C			
Temperaturkoeffizient des Spannungsteilerverhältnisses	typisch 5 ppm/°C			
Schwingungen	5 bis 2000 Hz/A _{max} = 0,75 mm / a _{max} = 20 g			
Stoß	50 g / 11 ms			
Lebensdauer	> 100 x 10 ⁶ Hube			
Schutzart	IP 40			

Abmessungen



3.8.4 Sensoren zum Messen von Durchfluss

Messprinzip

Drei Arten von Durchflusssensoren für Flüssigkeiten werden angeboten:

1. Turbinen Durchflussmesser
2. Magnetisch induktiv arbeitende Durchflussmesser
3. Wirbel Durchflussmesser

Turbinen Durchflussmesser

Im Sensor befindet sich ein Flügel- bzw. Paddelrad, das durch den Durchfluss in Rotation versetzt wird. Die Drehzahl ist proportional zur mittleren Strömungsgeschwindigkeit und somit zur jeweiligen Durchflussmenge. Gegenüber einer optischen Abtastung eignet sich dieses Prinzip auch für trübe, nicht transparente Flüssigkeiten.

Das elektrische Ausgangssignal kann auf zwei unterschiedliche Arten erzeugt werden.

1. Hall-Sensor:

Der Rotor ist mit Dauermagneten bestückt, die auf einen im Sensor untergebrachten Hall-Sensor wirken. Die integrierte Elektronik wandelt das Hall-Signal in ein elektronisches Impulssignal am Ausgang.

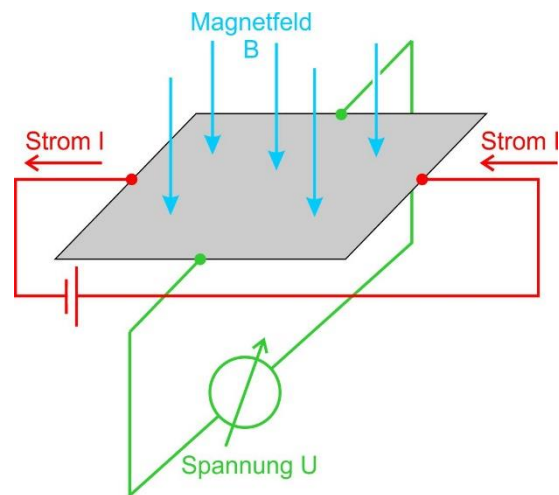


Abb. 3.8.16 Hall Effekt

2. Induktiver Näherungsschalter:

Die Rotorblätter sind mit Edelstahlkappen versehen, sodass durch die Annäherung der Rotorblätter an den Messwertaufnehmer die Induktivität des Aufnehmers verändert und ein impulsförmiges Ausgangssignal erzeugt wird.

Kalibrierung:

Der K-Faktor (Kalibrier-Faktor) des Turbinen-Durchflussmessers drückt die sensorspezifische mittlere Pulsrate aus. Die Messaufnehmer werden kalibriert, um den K-Faktor für Wasser zu bestimmen.

Folgende Gleichung gilt für den Durchfluss:

$$Q = f \cdot \left(\frac{60}{K} \right)$$

Q = Durchfluss in l/min

f = Frequenz in Hz

K = K-Faktor in Impulsen/l

Magnetisch induktiver Durchflusssensor

Eine elektrisch leitende Flüssigkeit, deren Durchfluss bestimmt werden soll, durchströmt das Messrohr des Sen-

sors. Dieses befindet sich in einem Magnetfeld, wodurch die Ladungen in der Flüssigkeit rechtwinklig zum Magnetfeld abgelenkt werden. Es wird eine Spannung im Medium erzeugt, die proportional zur mittleren Strömungsgeschwindigkeit ist und durch zwei Elektroden abgegriffen wird.

Wirbel Durchflussmesser

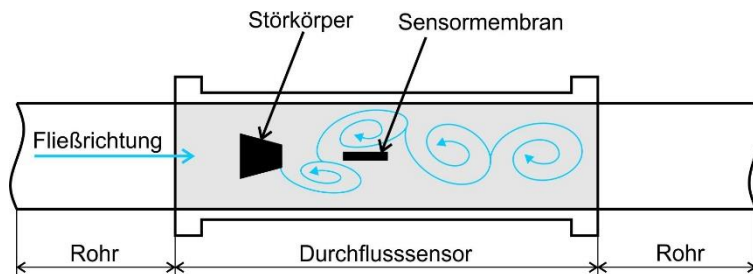


Abb. 3.8.17
Kármánsche Wirbelstraße

Der physikalische Effekt der Kármánschen Wirbelstraße wird bei der Wirbeldurchflussmessung ausgenutzt, indem man in den Durchflusssensor einen Störkörper einbringt, hinter dem sich die benannte Wirbelstraße ausbildet.

Da die Wirbel gegenläufig und versetzt zueinander verlaufen, bilden sich lokale Druckdifferenzen. Der Sensor ermittelt über eine Zählung der auftretenden Druckimpulse pro Zeiteinheit die so genannte Wirbelfrequenz. Bei steigender Strömungsgeschwindigkeit erhöht sich auch die Wirbelfrequenz.

Die Frequenz der Druckpulsationen ist ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit und ergibt mit dem definierten Querschnitt der Messstrecke ein durchflussproportionales Messsignal, welches im Sensor als elektrisches Ausgangssignal zur Verfügung gestellt wird.

Grundlagen

Der Begriff Durchfluss beschreibt eine Messgröße, welche die Menge eines fließenden oder strömenden Mediums beschreibt.

Unter einem Volumenstrom versteht man das Volumen eines Mediums, das sich innerhalb einer Zeiteinheit durch einen Querschnitt bewegt und wie folgt definiert ist:

$$Q = \frac{(\delta V)}{(\delta t)}$$

Q = Volumenstrom in $[m^3/s]$, $[l/min]$, $[m^3/h]$

V = Volumen in $[cm^3]$, $[dm^3]$, $[m^3]$

t = Zeit in $[s]$, $[min]$, $[h]$,

Weiterhin gilt für Fluide wie Gase und Flüssigkeiten die Beziehung:

$$Q = v_m \cdot A$$

Q = Volumenstrom in $[m^3/s]$

v_m = mittlere Strömungsgeschwindigkeit in $[m/s]$

A = Querschnittsfläche an der Messstelle in $[m^2]$

Wenn die Strömungsgeschwindigkeit gemessen wurde, lässt sich mit dieser Formel bei bekannter Querschnittsfläche (Rohre, Kanäle) der Volumenstrom errechnen.

Da die Strömungsgeschwindigkeit über den Querschnitt eines Rohres nicht konstant ist, wird die mittlere Strömungsgeschwindigkeit v_m durch Integration bestimmt.

Durchflusssensor (auch Flowmeter) ist ein Sammelbegriff für alle Sensoren, die den Durchfluss eines Gases oder einer Flüssigkeit durch ein Rohr messen.

Auswahl, Produktübersicht

Sensoren	Messbereich	Messprinzip	Hinweise, Bedingungen
FVA915VTHM FVA915VTH25 FVA915VTH40	2 bis 40 l/min 4 bis 160 l/min 6,7 bis 417 l/min	mit Turbine	auch für trübe Flüssigkeiten
FVA915VMZ030 FVA915VMZ081 FVA915VMZ082 FVA915VMZ153 FVA915VMZ204 FVA915VMZ205 FVA915VMZ256	0,1 bis 2 l/min 0,25 bis 5 l/min 1 bis 20 l/min 2,5 bis 50 l/min 5 bis 100 l/min 10 bis 200 l/min 12,5 bis 250 l/min	magnetisch induktiv	Leitfähigkeit von mindestens 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ erforderlich, ohne bewegte Teile
FVA645GV12QT FVA645GV40QT FVA645GV100QT FVA645GV200QT	1 bis 12 l/min 2 bis 40 l/min 5 bis 100 l/min 10 bis 200 l/min	Kármánsche Wirbelstraße	keine Lufteinschlüsse, keine Schwebstoffe

Anwendungsbereiche

- FVA915VTH Kühlwassermessung, Medizintechnik, Kunststoffindustrie, Solaranlagen, Bäckereimaschinen, Werkzeugmaschinen, Großküchengeräte, Fotolaboranlagen, Zapfanlagen, Dosiergeräte, Kühlgeräte, Heizungsanwendungen, Wärmemengenerfassung
- FVA645GV Petrochemie, Energietechnik, Wärmeversorgung, Pharmazie, Farbenherstellung, Agrochemie, Kosmetikherstellung, Nahrungsmittelindustrie speziell:
- Wasser-, Solar- und Solekreisläufe (Wasser-Glykol) zur Systemoptimierung bzw. zur Ermittlung der Wärmemenge
 - Wärmemengenerfassung in Heiz- und Kühlanlagen

3.8.4.1 Axial-Turbinen-Durchflussmesser FVA 915 VTHM

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Der Sensor wird mit einem 6 m langen Anschlusskabel mit ALMEMO® Stecker geliefert.

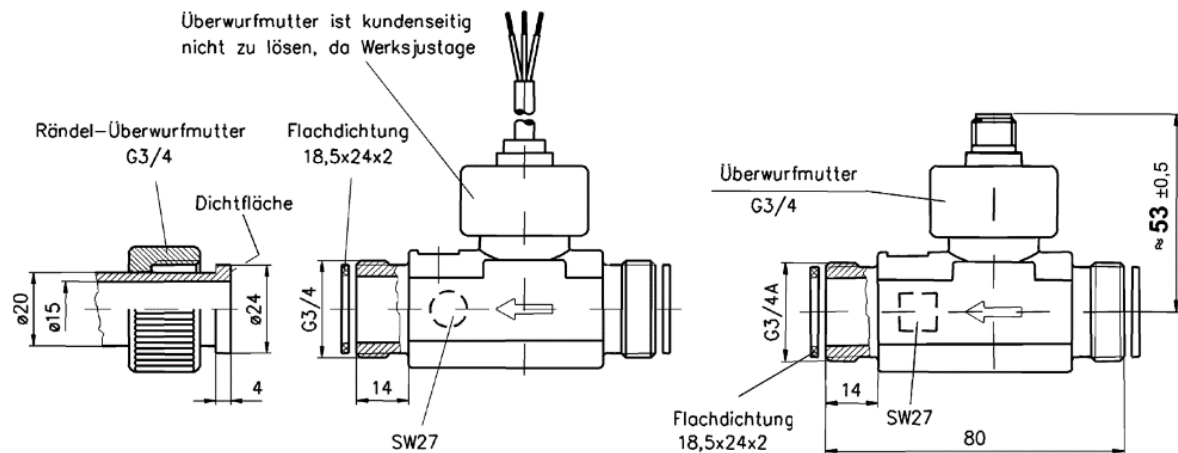
Ausführungen

Sensor	Messbereich	Messprinzip	Material Turbinenkörper
FVA915VTHM	2 bis 40 l/min	Axial-Turbinen-Durchflussmesser	Messing

Technische Daten

Werkstoff Rohrstück	Messing
Nennweite	DN 15
Messbereich	2 bis 40 l/min, Dauerbelastung max. 20 l/min
Messgenauigkeit	± 1% vom Endwert
Reproduzierbarkeit	± 0,2%
Signalabgabe	ab 0,3 l/min
max. Größe der Partikel im Medium	0,5 mm
max. Temperatur des Mediums	85°C
Nenndruck	PN10
Prozessanschluss	G ¾" Außengewinde und Überwurfmuttern
Druckverlust in bar	$D_p = 0,00145 \times Q^2$ (Q in l/min) ca. 0,6 bar bei 20 l/min ca. 2,3 bar bei 40 l/min
Schutzart	IP 54
Ausgangssignal	
Pulsrate / K-Faktor	940 Pulse/Liter
Auflösung	1,1 ml/Puls
Signalform	Rechtecksignal NPN open collector
Messaufnehmer	Hall - Effekt - Sensor
Versorgungsspannung	4,5 bis 24 V DC (aus ALMEMO® Gerät)
Elektrischer Anschluss	4-Pin-Stecker M12x1 inkl. PVC-Leitung, (T _{max} = 70°C) mit ALMEMO® Stecker
Werkstoffe	
Rohrstück	Messing CuZn36Pb2As
Flachdichtung	NBR
Turbinenkäfig	PEI ULTEM
Flügelrad	PEI ULTEM
Flügelradbestückung	Hartferrit Magnete
Achse / Lager	Achse Arcap AP1D mit Hartmetallstiften in Saphirlagern
Lagerhalter	Arcap AP1D
Aufnehmer	PPO Noryl GFN3
O-Ring	NBR
Überwurfmutter	PA GF 30 (nicht mediumsberührend)

Abmessungen



Angaben in mm.

Handhabung

Vorbereitung

Einbauhinweise

Vor dem Einbau prüfen, ob die Werkstoffe des Durchflusssensors für das zu messende Medium geeignet sind.

Die Durchflussmesser VTHM ist aufgrund der verwendeten Werkstoffe nicht für die Messung von Ölen geeignet. Die Festigkeiten der verwendeten Kunststoffteile würden entscheidend gemindert.

1. Die Einbaulage des Durchflusssensors ist beliebig. Die Montage in horizontalen Rohrleitungen und ein aufrecht stehendes Gehäuse erleichtern die Entlüftung. Beim Einbau in senkrechte Leitungen, ist die Durchflussrichtung von unten nach oben zu bevorzugen. Ein freier Auslauf ist zu vermeiden.
2. Der auf dem Durchflusssensor angebrachte Pfeil (\rightarrow) zeigt die einzig mögliche Durchflussrichtung an.
3. Das zu messende Medium sollte möglichst wenige Feststoffe aufweisen. Evtl. vorhandene Partikel dürfen nicht grösser als 0,5 mm sein, gegebenenfalls einen Filter einbauen.
4. Vor dem Durchflusssensor sollte eine „gerade“ Einlaufstrecke von min. 10 x DN, also z.B. 15 cm bei DN15, eingehalten werden. Hinter dem Durchflusssensor sollte eine „gerade“ Auslaufstrecke von 5 x DN, also z.B. 7,5 cm bei DN15, berücksichtigt werden. Ein- und Auslaufstrecken müssen im Innendurchmesser dem des Durchflusssensors, also z.B. 15 mm bei DN15, entsprechen. Davor und dahinter kann die Leitung evtl. eingeschnürt bzw. aufgeweitet werden.

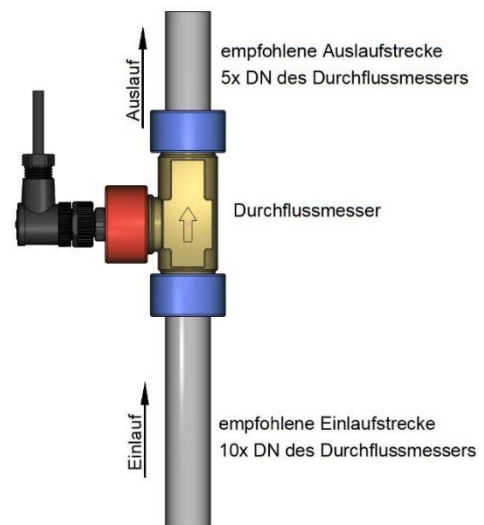


Abb. 3.8.18

Einbau eines Durchflusssensors in ein Rohr

5. Um den Durchflusssensor von Verschmutzungen zu reinigen, sollte eine Durchspülung entgegen der Durchflussrichtung erfolgen.

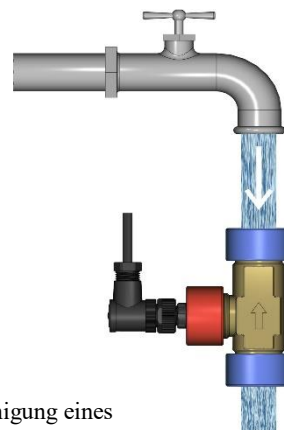


Abb. 3.8.19 Reinigung eines Durchflusssensors

Die anzuschließende Rohrleitung muss einen „Bund“ aufweisen (siehe Zeichnung oben unter ‚Abmessungen‘). Die Stirnseite des Bundes dient als Dichtfläche und wird mittels der mitgelieferten Rändelüberwurfmutter an die Flachdichtung gepresst. Sollte am Außengewinde abgedichtet werden, ist unbedingt darauf zu achten, dass keine faserigen Dichtmittel (Hanf oder PTFE-Band) in die Strömung gelangen.

Anzugsmoment:

Kunststoff-Überwurfmutter max. 8 Nm ,
Messing-Überwurfmutter max. 30 Nm



Abb. 3.8.20 Durchflusssensor mit Pfeil, der Durchflussrichtung

Messen

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich und Skalierung hinterlegt, so dass der Messwert in l/min angezeigt wird.

Das Impulssignal des Sensors wird bei ALMEMO® Geräten im Bereich „Frequenz“ gemessen. Aus der Gleichung für den Durchfluss (siehe oben, ‚Messprinzip‘) entspricht der Term (60/K) dem jeweiligen Skalierwert.

Das Durchflusssignal ist im spezifizierten Messbereich im Rahmen der Messgenauigkeit linear. Bei Durchflussregelungen, z.B. konstanter Durchfluss bei sich zusetzendem Filter, kann der Sensor auch im nichtlinearen Bereich betrieben werden, da hier ebenfalls eine ausreichende Wiederholgenauigkeit gegeben ist.

Die Messung von Flüssigkeiten mit höherer Viskosität ist unter Abweichung von den oben angegebenen ‚Technischen Daten‘ möglich.

Fühlerschutz

Die Überwurfverschraubung am Kabelausgang ist versiegelt.

Wird sie trotzdem geöffnet, löst sich die Fixierung des Turbinensystems und es besteht die Gefahr der Beschädigung. Eine werkseitige Reparatur wird erforderlich.

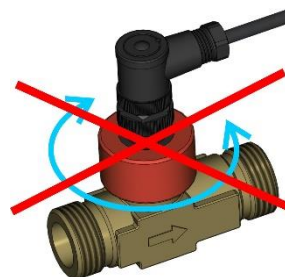
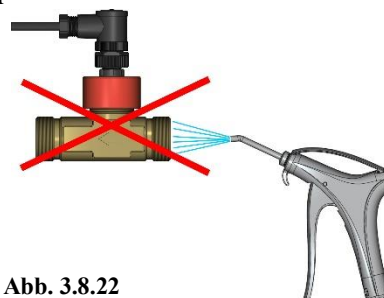


Abb. 3.8.21 Überwurfverschraubung am Kabelausgang darf nicht geöffnet werden.

Ein eventuelles Ausblasen des Gerätes mit Druckluft darf nur entgegen der Durchflussrichtung erfolgen.



Wie schon unter ‚Vorbereitung‘ erwähnt, darf der Sensor nicht zur Messung der Durchflüsse von Öl benutzt werden.

Abb. 3.8.22
Ausblasen des Sensors

3.8.4.2 Axial-Turbinen-Durchflussmesser FVA 915 VTH 25M

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Der Sensor wird mit einem 6 m langen Anschlusskabel mit ALMEMO® Stecker geliefert.

Ausführung

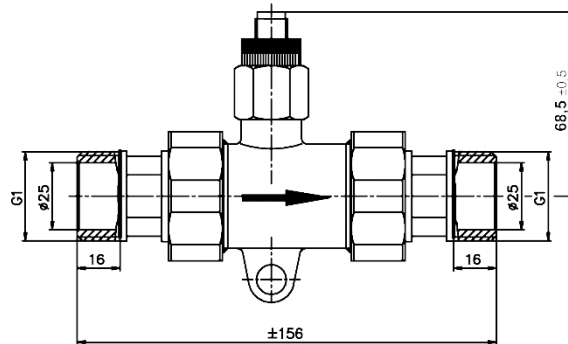
Sensor	Messbereich	Messprinzip	Material Turbinenkörper
FVA915VTH25M	4 bis 160 l/min	Axial-Turbinen-Durchflussmesser	Messing

Technische Daten

Nennweite	DN 25
Messbereich	4 bis 160 l/min, Dauerbelastung max. 80 l/min
Messgenauigkeit	± 5% vom Messwert (bis 5 l/min ± 7% vom Messwert)
Reproduzierbarkeit	± 0,5%
Signalabgabe ab	< 1 l/min
max. Größe der Partikel i. Medium	0,63 mm
max. Temperatur des Mediums	85°C
Nennndruck	PN10
Prozessanschluss	G 1¼" Außengewinde inkl. Anschlussadapter auf R 1"
Druckverlust	ca. 0,1 bar bei 80 l/min ca. 0,45 bar bei 160 l/min
Schutzart	IP 54
Ausgangssignal	
Pulsrate / K-Faktor	65 Pulse/Liter
Auflösung	15 ml/Puls
Signalform	NPN open collector
Messaufnehmer	Hall - Effekt - Sensor
Versorgungsspannung	4,5 bis 24 V DC (aus ALMEMO® Gerät)
Elektrischer Anschluss	4-Pin-Stecker M12x1 inkl. PVC-Leitung, (T _{max} = 70°C) mit ALMEMO® Stecker
Werkstoffe	
Rohrstück	Messing CW602N
Turbinenkäfig	PPO Noryl GFN 1630V
Flügelrad	PPO Noryl GFN 1520V
Flügelradbestückung	Hartferritmagnete
Achse / Lager	Edelstahl 1.4539 / Saphir, PA
Aufnehmerhülse	PPO Noryl GFN 1630V
O-Ring	EPDM

Abmessungen

Angaben in mm.



Handhabung

Vorbereitung

Einbauhinweise

Siehe Kapitel 3.8.4.1 (FVA915VTHM)

Einbau in das Rohrleitungssystem

Zunächst werden die Anschlussadapter in die Rohrleitung eingedichtet. Es ist zu beachten, dass dabei keine faserigen Dichtstoffe (Hanf oder PTFE-Band) in die Turbine gelangen.

Der Einbau der eigentlichen Turbine erfolgt dann mittels der Überwurfmutter unter Nutzung der mitgelieferten Flachdichtungen.

Messen

siehe Kapitel 3.8.4.1 (FVA915VTHM)

Fühlerschutz

Die Überwurfverschraubung am Kabelausgang ist versiegelt.

Wird sie trotzdem geöffnet, löst sich die Fixierung des Turbinensystems und es besteht die Gefahr der Beschädigung. Eine werkseitige Reparatur wird erforderlich.

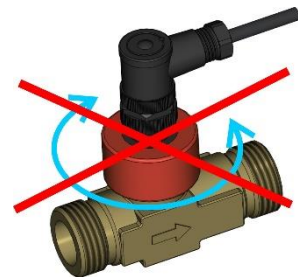


Abb. 3.8.23 Überwurfverschraubung am Kabelausgang darf nicht geöffnet werden.

Der Durchflusssensor darf nicht mit Druckluft ausgeblasen werden. Es kann zu Schäden der Lagerung der Turbine kommen.

3.8.4.3 Magnetisch induktiver Durchflusssensor FVA915VMZx

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Der Sensor wird mit einem 6 m langen Anschlusskabel mit ALMEMO® Stecker geliefert.

Ausführungen

Sensor	Messbereich	Nennweite	Gewinde	Signalabgabe ab	Max. Durchfluss
FVA915VMZ030	0,1 bis 2 l/min	DN 3	G3/8 B außen	0,05 l/min	2,5 l/min
FVA915VMZ081	0,25 bis 5 l/min	DN 8	G1/2 B außen	0,1 l/min	6 l/min
FVA915VMZ082	1 bis 20 l/min	DN 8	G1/2 B außen	0,25 l/min	25 l/min
FVA915VMZ153	2,5 bis 50 l/min	DN 15	G3/4 B außen	1 l/min	60 l/min
FVA915VMZ204	5 bis 100 l/min	DN 20	G 1 B außen	2 l/min	120 l/min
FVA915VMZ205	10 bis 200 l/min	DN 20	G 1 B außen	4 l/min	240 l/min
FVA915VMZ256	12,5 bis 250 l/min	DN 25	G 1 1/4 B außen	5 l/min	300 l/min

Technische Daten

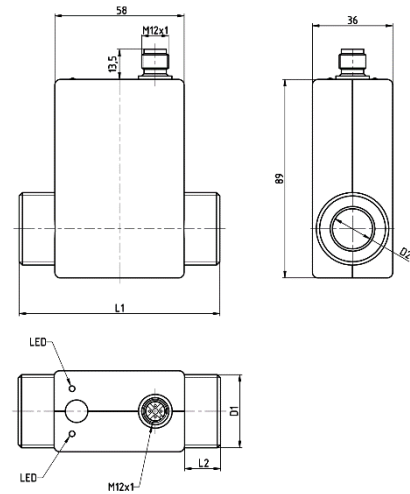
Nennweiten	siehe oben „Ausführungen“
Messbereiche	siehe oben „Ausführungen“
Messgenauigkeit	1% vom Messwert (Prüfbedingungen: Wasser 23°C)
Reproduzierbarkeit	1%
Reaktionszeit	< 100 ms
Signalabgabe ab	siehe oben „Ausführungen“
Max. Durchfluss	siehe oben „Ausführungen“
Messmedium	Wasser und andere leitfähige Flüssigkeiten
min. Leitfähigkeit des Messmediums	20 µS
Medientemperatur	-10 bis +60°C (nicht gefrierend)
Umgebungstemperatur	5 bis 60°C
Max. Betriebsdruck	10 bar bei 20°C 8 bar bei 40°C 6 bar bei 60°C
Durchflussanzeige	LED rot = Spannungsversorgung, LED grün = Durchfluss
Schutzart	IP65 (mit aufgesteckter Kupplungsdose)
Werkstoffe	
Elektroden und Erdungsringe	Edelstahl 316L
Messrohr und Prozessanschlüsse	POM oder PVDF
O-Ringe	EPDM
Gehäuse	ABS

Abmessungen

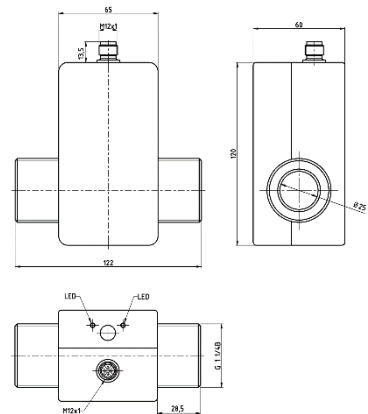
FVA915VMZ03/08/15/20

Angaben in mm.

Bestellnummer	L1	L2	D1	D2
FVA915VMZ030	85	13,3	G 3/8 B	Ø 3
FVA915VMZ081	85	13,3	G ½ B	Ø 8
FVA915VMZ082	85	13,3	G ½ B	Ø 8
FVA915VMZ153	90	16	G ¾ B	Ø 14
FVA915VMZ204	90	16	G 1 B	Ø 18
FVA915VMZ205	90	16	G 1 B	Ø 18



FVA915VMZ25



Handhabung

Messen

Die minimale Leitfähigkeit des Mediums muss 20 µS betragen. Das Medium darf keine bewegten Teile enthalten.

Das Messrohr muss immer komplett gefüllt sein (keine Luftblasen etc.).

Die empfohlene Einbaulage ist waagrecht.

3.8.4.4 Wirbel-Durchflussmesser FV A645 GVx

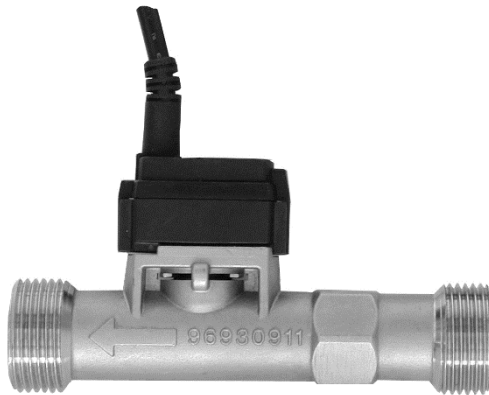


Abb. 3.8.24
Wirbel-Durchflussmesser FVA 645 GVx

Messprinzip

Der ALMEMO® Wirbel-Durchflusssensor besteht aus Messstrecke, Sensorelement und einem dreieckförmigen Verwirbelungselement, an dem sich beidseitig die Wirbel ablösen. Als Sensorelement zur Erfassung der feinen Druckpulsationen dient ein Piezoresistor, welcher die Änderung des elektrischen Widerstandes durch den Druck erfasst und in einer Wheatstone-Brücke angeordnet ist.

Der weiterhin auf dem Sensorchip integrierte Temperatursensor wird zur Kompensation des Messsignals benötigt, der erfasste Temperaturwert aber ebenfalls am Ausgang des Sensors als Messsignal zur Verfügung gestellt. Der direkte Kontakt mit dem Medium ermöglicht sehr kleine Ansprechgeschwindigkeiten für die Durchfluss- und Temperaturerfassung bei einem Einsatzbereich von 0°C bis 100°C.

Grundlagen

Als Wirbel (auch Vortex) bezeichnet man in der Strömungslehre Kreisströmungen eines Fluids. Bei der Beobachtung des physikalischen Verhaltens von Flüssigkeiten und Gasen ergab sich ein Phänomen, bei welchem sich hinter einem umströmten Körper gegenläufige Wirbel ausbilden, die sich abwechselnd links und rechts am Körper ablösen und entgegengesetzte Strömungsrichtungen aufweisen.

Der Charakter der Wirbelbildung wird im Wesentlichen von der Reynolds-Zahl Re bestimmt. Sie stellt das Verhältnis von Trägheits- zu Zähigkeitskräften dar und errechnet sich aus der Strömungsgeschwindigkeit, dem Durchmesser des umströmten Körpers und der Viskosität. Die Frequenz der Wirbelablösungen wird durch die Strouhal-Zahl charakterisiert. Da beide Zahlen physikalische Konstanten darstellen, ergibt sich bei der Berechnung letztendlich ein linearer Zusammenhang von Ablösefrequenz und Strömungsgeschwindigkeit und damit dem Volumenstrom.

Die so genannten Wirbelstraßen wurden im Jahre 1911/12 vom Ingenieur Theodore von Kármán erstmals nachgewiesen und berechnet und bilden die Basis für die heutige Messtechnik.

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Der Sensor misst neben dem Durchfluss auch die Temperatur.

Ausführungen

Artikelnummer	Bereich	Auflösung	Prozessanschluss Gewinde	Einbaulänge	Dyn. Viskosität Medium*
FVA645GV12QT	1 bis 12 l/min	0,06 l/min	G 3/4“ außen	ca.110 mm	< 4 mm ² /s
FVA645GV40QT	2 bis 40 l/min	0,2 l/min	G 3/4“ außen	ca.110 mm	< 4 mm ² /s
FVA645GV100QT	5 bis 100 l/min	0,5 l/min	G 1“ außen	ca.129 mm	< 2 mm ² /s
FVA645GV200QT	10 bis 200 l/min	1,0 l/min	G 1 1/4“ außen	ca.137,5 mm	< 2 mm ² /s

* Umrechnung: 1 St = 1 cm²/s, 1 St = 10⁻⁴ m²/s, 1 cSt = 1 mm²/s

Technische Daten

Strömung	
Messprinzip	Druckpulsation, Kármánsche Wirbelstrasse
Messbereich	siehe oben unter ‚Ausführungen‘
Genauigkeit	±1,5 % vom Endwert bei 0 bis 100°C bei Medium Wasser
FVA 645 GV12QT/40QT	bei Medium Wasser-Glykol (42%), 30 bis 100°C (Viskosität ca. 4 mm ² /s: ±5% vom Endwert
Auflösung	siehe oben unter ‚Ausführungen‘
Ansprechzeit (63%)	< 1 s (< 3 s für FVA 645 GV12QT)
Temperatur	
Messbereich	0 bis 100°C
Genauigkeit	±1 K bei 25 bis 80°C ±2 K bei 0 bis 100°C
Auflösung	0,5 K
Ansprechzeit (63%)	<1 s bei Strömung, 50% vom Endwert
Prozessanschluss	
Druck	2 x Außengewinde, siehe oben unter ‚Ausführungen‘
Druckverlust	10 bar (Berstdruck > 16 bar) typ. 0,1 bar bei Strömung 50% vom Endwert
Einsatzbedingungen	
Medien	Wasser Wasser-Glykol (max. 42% Glykol) FVA 645 GV12QT/40QT mit Viskosität < 4 mm ² /s FVA 645 GV100QT/200QT mit Viskosität < 2 mm ² /s
Medientemperatur	0 bis 100°C
Umgebungstemperatur	-25 bis +60°C
Umgebungsfeuchte	bis 95% rH, nicht kondensierend
Elektrischer Anschluss	
Ausgangssignal	2 x 0,5 bis 3,5 V
Versorgung	5 V DC (±5%), <10 mA, über ALMEMO® Stecker
Anschluss	Sensor mit 2,9 m Anschlusskabel und ALMEMO® Stecker
Einbaulänge	
siehe oben unter ‚Ausführungen‘	
Werkstoffe (in Medienkontakt)	
korrosionsbeständige Beschichtung, EPDM, PPS, PPA 40-GF	
Rohrstück	
Edelstahl 1.4408, (Innenrohr: PPA 40-GF)	

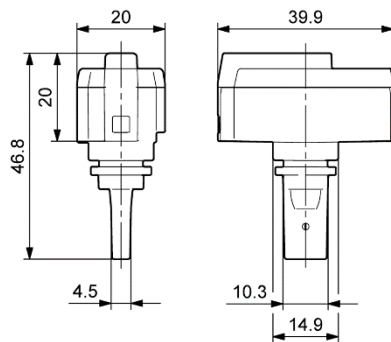
Sensoren zum Messen von Durchfluss

Abmessungen

Maße in mm:

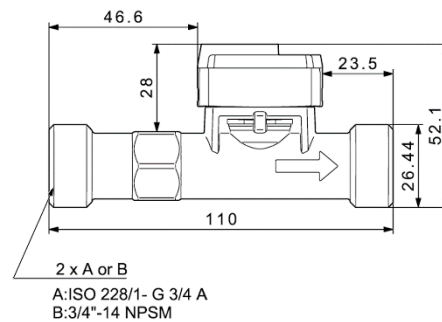
Sensorelement

FVA 645 GV12QT
FVA 645 GV40QT
FVA 645 GV100QT
FVA 645 GV200QT



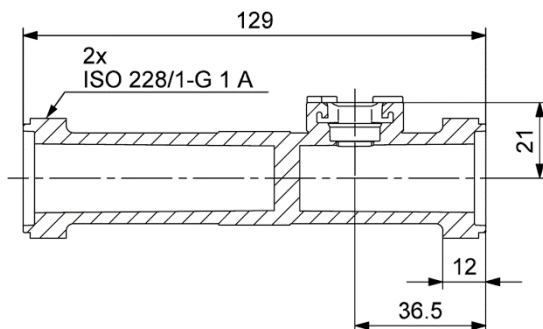
Turbinenkörper

FVA 645 GV12QT
FVA 645 GV40QT



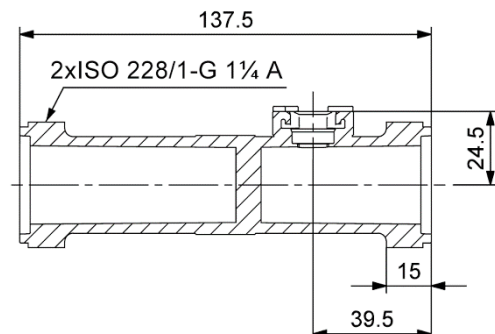
Turbinenkörper

FVA 645 GV100QT



Turbinenkörper

FVA 645 GV200QT



Handhabung

Vorbereitung

Das grün/gelbe Erdungskabel muss unbedingt an das Metallteil des Sensors angeschlossen werden.

Messen

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich und Skalierung hinterlegt, sodass die Ausgangsspannungswerte des Durchflusssensors und des Temperatursensors bereits in l/min bzw. °C angezeigt werden.

Fühlerschutz

Das Medium, das durch den Sensor strömt, darf keine festen Teile enthalten.

Im Innern des Durchflussmessers befindet sich eine empfindliche Membran. Um sie zu schützen, müssen plötzliche Druckstöße vermieden werden (z.B. Schnappen eines Ventils).

3.8.5 Sensor zum Messen von Drehzahl

Messprinzip

Zur Drehzahlmessung an Wellen, Rädern, Ventilatoren etc. empfiehlt sich das optische Reflexverfahren, wofür sich praktisch jedes Messobjekt mit den entsprechenden Reflexmarken versehen lässt.

Bei Reflexions-Lichttastern bilden Sender und Empfänger eine Baueinheit. Das vom Sender kommende Licht wird von einem gegenüberliegenden Objekt zum Empfänger zurückgeworfen. Der Sensor schaltet, wenn die reflektierte Menge Licht am Empfänger eine bestimmte einstellbare Schwelle überschreitet.

Diese Menge Licht hängt wiederum von der Größe und den Reflexionseigenschaften des Objektes ab. Zur Erhöhung der Reichweite und zur Verbesserung des Störabstandes sollten zur Drehzahlmessung spezielle Reflexfolien verwendet werden.

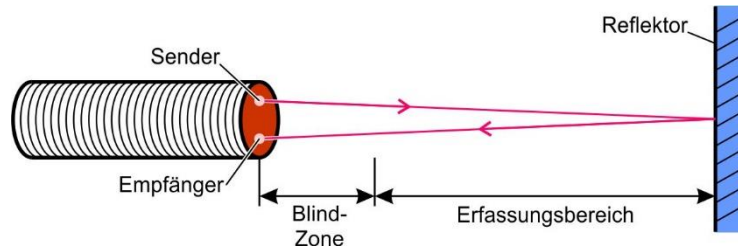


Abb. 3.8.25 Reflexions-Lichtschranke

Grundlagen

Zu den optischen Reflexverfahren gehören der Reflexions-Lichttaster und die Reflexions-Lichtschranke.

Messverfahren	Charakteristische Eigenschaften
Reflexions-Lichttaster (DIN EN 60947: Typ D)	Erkennt nur undurchsichtige Objekte. Der Erfassungsbereich hängt vom Reflexionsvermögen des Objektes ab, also von Oberflächenbeschaffenheit und Farbe. Empfindlich gegen Schmutz und gegen veränderte Reflexionseigenschaften des Objektes. Diese Einflüsse können (in Grenzen) mit einem Regler für Empfindlichkeit kompensiert werden. Geringer Montageaufwand, da der Sensor aus einer Einheit besteht und eine grobe Ausrichtung meist reicht.
Reflexions-Lichtschranke (DIN EN 60947: Typ R)	Durch den Einsatz von Retro-Reflektoren werden hohe Reichweiten und ein besserer Störabstand erzielt. Wenig störanfällig, daher gut geeignet für Einsätze unter erschwerten Bedingungen, z.B. Anwendung im Freien oder in schmutzigen Umgebungen.

3.8.5.1 Drehzahlgeber FUA 9192

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Die Drehzahlsonde FUA 9192 arbeitet als Reflexions-Lichttaster, dessen Empfindlichkeit zur Erhöhung der Funktionssicherheit mit einem Potentiometer eingestellt werden kann.

Zur Auswertung der Impulse ist die Drehzahlsonde mit einem speziellen Frequenzmessmodul ausgerüstet, das aus der Zeit zwischen zwei Impulsen die Umdrehungen pro Minute berechnet (siehe Kapitel 4.6.1). Durch Mittelung über mindestens 500 ms wird eine stabile Anzeige erreicht.

Der Sensor ist mit einem 1,5 m langen Kabel und ALMEMO® Stecker ausgestattet. Die Lieferung beinhaltet fünf

Sensor zum Messen von Drehzahl

Reflexionsstreifen.

Ausführungen

Sensor	Messbereich	Messprinzip
FUA9192	8 bis max. 30000 UpM	Reflexions-Lichttaster

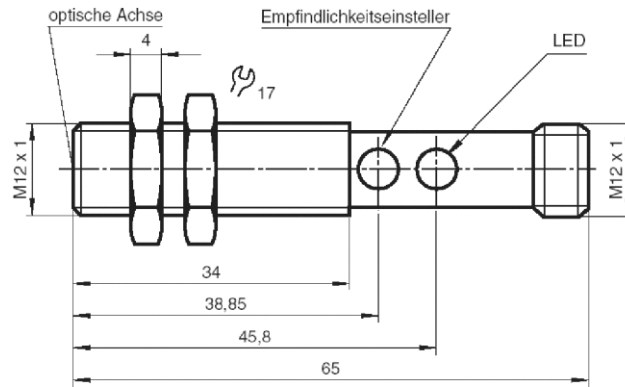
Die gleiche Sonde ist mit einem anderen Frequenzmessmodul auch als Lichtschranke zum Zählen o.ä. geeignet.

Technische Daten

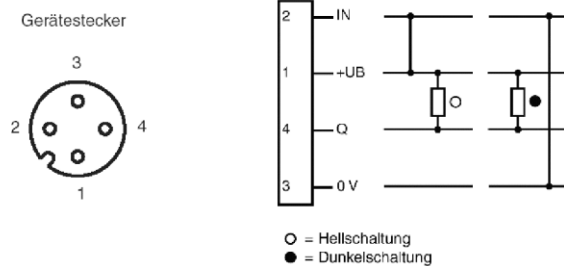
Messbereich	8 bis 30000 UpM (maximal)
Helltastzeit	> 1 ms
Auflösung	1 UpM
Genauigkeit	bis 15000 UpM: $\pm 0,02 \% \text{ v.Mw. } \pm 1 \text{ digit}$ bis 30000 UpM: $\pm 0,05 \% \text{ v.Mw. } \pm 1 \text{ digit}$
Erfassungsbereich	20 bis 200 mm (abhängig vom Reflektor)
Einstellung des Empfindlichkeit	mit Potentiometer
erkennbares Objekt	lichtundurchlässig oder Reflektor
Abstandshysterese	$\leq 10\%$
Anzeige Schaltzustand	LED gelb
Lichtart	Rotlicht 660 nm
Fremdlichtgrenze	Sonnenlicht: $\leq 20000 \text{ Lux}$ Halogenlicht: $\leq 5000 \text{ Lux}$
Umgebungstemperatur	-25°C bis $+55^{\circ}\text{C}$
Lagertemperatur	-40°C bis $+70^{\circ}\text{C}$
Schutzart	IP 67 (nach EN 60529)
Optik	2-Linsensystem PC
Zulässige Schockbeanspruchung	$b \leq 30 \text{ g}$, $T \leq 1 \text{ ms}$
Zulässige Schwingbeanspruchung	$f \leq 55 \text{ Hz}$, $a \leq 1 \text{ mm}$
Leerlaufstrom	$\leq 20 \text{ mA}$
Spannungsversorgung	> 8,5 V DC aus dem Messgerät, Netzadapter empfohlen
Anschluss	Gerätestecker M12x1 inkl. Leitungsdose M12x1 abgewinkelt mit 1,5m Kabel und ALMEMO® Stecker
Material	Gehäuse: Messing, vernickelt Lichtaustritt: PMMA
Abmessungen	Durchmesser: M12 x 1 mm Länge: 55 mm
Gewicht	15g
erfüllt Norm	EN 60 947-5-2

Abmessungen

Angaben in mm.



Elektrischer Anschluss:



Handhabung

Vorbereitung

Reflex-Klebestreifen

Das Messobjekt muss an seinem Umfang einen deutlichen Hell-Dunkel-Kontrast aufweisen. Sind mehrere helle Abschnitte (z.B. Rotorblätter) vorhanden, wird die Drehzahl entsprechend zu hoch bestimmt.

Das bewegte Teil wird mit einem Reflex-Klebestreifen versehen und die Sonde darauf ausgerichtet. Zur Funktionskontrolle leuchtet an der Rückseite der Sonde eine gelbe Signallampe auf, wenn die Reflexfolie erkannt wird.

Der Reflex-Klebestreifen muss vor allem bei höheren Drehzahlen groß genug sein. Es passiert sonst leicht, dass er vom Sensor nicht ausreichend lange gesehen werden kann.

Justierung der Empfindlichkeit

Zur Justierung der Empfindlichkeit des Drehzahlgebers wird das Potentiometer zunächst ganz zurückgedreht und dann langsam aufgedreht, bis die Kontroll-LED gleichmäßig aufblitzt und am Messgerät eine stabile Anzeige erscheint.

Abstand zum Objekt

Auch bei zu kleinem oder zu großem Abstand des Sensors vom Messobjekt kann die Erfassung des vom Reflex-Klebestreifens zurückgeworfenen Lichtes schwierig sein. Verschiedene Abstände sollten ausprobiert werden.

Messen

Die obere Messbereichsgrenze hängt vom Tastverhältnis hell zu dunkel ab. Bei einem Tastverhältnis von 1:1 (50%) werden 30000 UpM erreicht, bei 1:10 (10%) entsprechend weniger, d.h. nur 6000 UpM.

3.9 Elektrische Größen

3.9.1 Zangenstromwandler

Messprinzip

Stromwandler dienen dazu, hohe Wechselströme berührungslos und ohne Stromkreisunterbrechung zu erfassen. Sie bestehen im Prinzip aus zwei getrennten Trafowicklungen (B1 = Primärwicklung mit N1 Windungen, B2 = Sekundärwicklung mit N2 Windungen) auf einem gemeinsamen Eisenkern (geschlossener Magnetkreis).

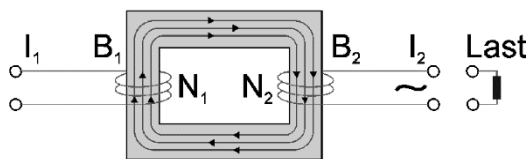


Abb. 3.9.1

Illustration des Messprinzips eines Zangenstromwandlers

Fließt durch die Wicklung B1 ein Wechselstrom I1, wird in der Wicklung B2 ein Strom I2 erzeugt, der vom Windungsverhältnis N1 zu N2 abhängt. Gegenüber festinstallierten Schalttafelwandlern haben Zangenstromwandler einen aufgeschnittenen Magnetkreis, um einen Leiter umfassen zu können. In der Praxis besteht damit die Primärwicklung B1 nur aus einer Windung des Kabels, durch das der zu messende Strom fließt.

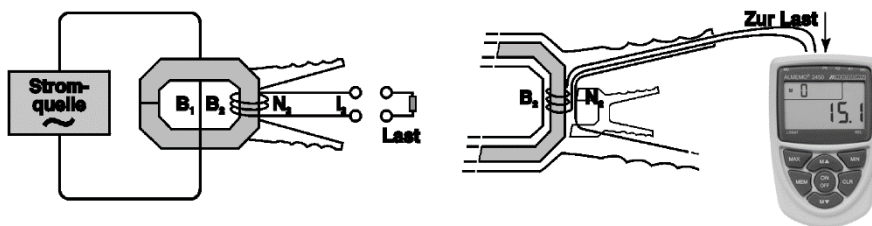


Abb. 3.9.2

Aufbau und Arbeitsweise eines Zangenstromwandlers

Für das Übersetzungsverhältnis eines Stromwandlers gilt: $I_1 \cdot N_1 = I_2 \cdot N_2$

Beispiel:

$I_1 = 100 \text{ A}$ $N_1 = 1 \text{ Windung}$ $N_2 = 1000 \text{ Windungen}$

$I_2 = (I_1 \cdot N_1) / N_2 = 100 \cdot 1 / 1000 = 0,1 \text{ A}$

Das Übersetzungsverhältnis ist damit: $N_2/N_1 = I_1 / I_2 = 100 \text{ A} / 0,1 \text{ A} = 1000$.

Bei der Multimeteranzeige ist somit jedes mA AC gleich 1 A AC (Primärstrom).

Auswahl, Produktübersicht

Artikelnummer	Messbereich	Frequenzbereich	Umschließungsvermögen
FEA6049	1 A bis 150 A AC	48 Hz bis 500 Hz	Kabel Ø 10 mm
FEA604MN	0,5 A bis 200 A AC	40 Hz bis 10 kHz	Kabel Ø 20 mm, Schiene 20 x 5 mm
FEA6044N	2 A bis 500 A AC	40 Hz bis 1 kHz	Kabel Ø 30 mm, Schiene 30 x 63 mm

Andere Stromzangen mit Wechselspannungsausgang als die hier angebotenen können an ALMEMO® Geräte über das Wechselspannungsmodul ZA 9603-AKx (siehe Kapitel 4.2.2.1) angeschlossen werden.

Anwendungsbereiche

- FEA 604-9** Anwendungsgerechte Bauart, besonders geeignet zur Messung in engen Verdrahtungen. Ideal für Messung von Fehlerströmen oder Messungen an Geräten mit geringer Stromaufnahme.
- FEA 604-MN** Asymmetrische Form der Zangenbacken, besonders geeignet für die Umschließung von Kabeln und Schienen. Ideal für Messungen in Anlagen mit kleiner Leistung.
- FEA 604-4N** Asymmetrische Form der Zangenbacken, besonders geeignet für die Umschließung von Kabeln und Schienen. Ideal für Messungen in Anlagen mit kleiner Leistung.

Hinweise zur Messung

Soll ein sehr kleiner Strom gemessen werden, ist es hilfreich, das Kabel mehrere Male durch die Öffnung des Zangenstromwandlers zu führen und den gemessenen Strom dann durch die Anzahl der Windungen zu dividieren.

3.9.1.1 Zangenstromwandler für Wechselströme Chauvin Arnoux Typ Mini 09

Fühlereigenschaften



Abb. 3.9.3
Zangenstromwandler FEA 604-9

Ausstattung

Der FEA 604-9 hat integrierte Gleichrichtung und ist mit einem ALMEMO® Anschlusskabel versehen.

Technische Daten

Messbereich	1 A bis 150 A AC
Messgenauigkeit bei 50/60 Hz	40 bis 150 A: $\pm 4\%$ 5 bis 15 A: $\pm 6\% \pm 0,2 \text{ A}$ 15 bis 40 A: $\pm 3\% \pm 0,2 \text{ A}$ 1 bis 5 A: $\pm 10\% \pm 0,2 \text{ A}$
Umschließungsvermögen	Kabel $\varnothing 10 \text{ mm}$
Übersetzungsverhältnis	100 mV DC/1 A AC
Ausgangssignal	15 V DC
Betriebsfrequenz	48 bis 500 Hz
Sicherheitsnormen	EN 61010-2-032 (Ausz. 2/2003)
Zugelassene Spannung	300 V Cat. IV oder 600 V Cat. III
Gewicht	ca. 180 g
Nennbedingungen	25°C $\pm 3 \text{ K}$, 1013 mbar, 20 bis 75% rH
Umgebungsbedingungen	
Betriebstemperatur	-10 bis +50°C
Relative Feuchte	10 bis 85% rH
Lagertemperatur	-40 bis +80°C
Anschlusskabel	Kabel 1,5 m mit Sicherheits-Laborsteckern, inkl. Sicherheits-Verbindungs-kupplung, inkl. 1,5 m ALMEMO® Anschlusskabel mit Bananensteckern

Abmessungen

Länge 130 mm, Höhe 37 mm, Breite 25 mm

3.9.1.2 Zangenstromwandler für Wechselströme Chauvin Arnoux Typ MN 88

Fühlereigenschaften



Abb. 3.9.4
Zangenstromwandler FEA 604-MN

Ausstattung

Der FEA 604-MN hat integrierte Gleichrichtung und ist mit einem ALMEMO® Anschlusskabel versehen.

Durch die asymmetrische Form der Zangenbacken ist er besonders für die Umschließung von Kabeln und Schienen geeignet.

Technische Daten

Messbereich	0,5 A bis 200 A AC (Der höhere Wert entspricht 120% v. max. Nennwert.)
Messgenauigkeit bei 50 Hz	±3% v. Mw. ±0,5 A
Umschließungsvermögen	Kabel Ø 20 mm Schiene 20 x 5 mm
Übersetzungsverhältnis	100 mV DC/1 A AC
Ausgangssignal	20 V DC
Betriebsfrequenz	40 Hz bis 10 kHz
Sicherheitsnormen	IEC 1010-1
Überspannungsschutz	Kategorie III
Gewicht	ca. 180 g
Nennbedingungen	25°C ±3 K, 1013 mbar
Umgebungsbedingungen	
Betriebstemperatur	–10 bis +55°C
Relative Feuchte	0% bis 90% rH bei max. 40°C
Lagertemperatur	–40 bis +70°C
Anschlusskabel	Einbau-Bananenbuchsen, inkl. 1,5 m ALMEMO® Anschlusskabel mit Bananensteckern

Abmessungen

Länge: 135 mm, Höhe: 50 mm, Breite: 30 mm

3.9.1.3 Zangenstromwandler für Wechselströme Chauvin Arnoux Typ Y4N

Fühlereigenschaften



Abb. 3.9.5
Zangenstromwandler FEA 604-4N

Ausstattung

Der FEA 604-4N hat integrierte Gleichrichtung und ist mit einem ALMEMO® Anschlusskabel versehen.

Durch die asymmetrische Form der Zangenbacken ist er besonders für die Umschließung von Kabeln und Schienen geeignet.

Technische Daten

Messbereich	2 A bis 500 A AC (Der höhere Wert entspricht 120% v. max. Nennwert)
Messgenauigkeit bei 50 Hz	±3% v. Mw. ±0,5 A
Umschließungsvermögen	Kabel Ø 30 mm Schiene 30 x 63 mm
Übersetzungsverhältnis	1 mV DC/1 A AC
Ausgangssignal	0,5 V DC
Betriebsfrequenz	40 Hz bis 1 kHz
Sicherheitsnormen	IEC 348 , IEC 1010-2-032
Überspannungsschutz	nein
Gewicht	ca. 420 g
Nennbedingungen	25°C ±3 K, 1013 mbar
Umgebungsbedingungen	
Betriebstemperatur	–10 bis +55°C
Relative Feuchte	0% bis 90% bei max. 40°C
Lagertemperatur	–40 bis +70°C
Anschlusskabel	Kabel 1,5 m mit Sicherheits-Laborsteckern, inkl. Sicherheits-Verbindungskupplung, inkl. 1,5 m ALMEMO® Anschlusskabel mit Bananensteckern

Abmessungen

Länge: 215 mm, Höhe: 66 mm, Breite: 34 mm

3.10 Sonden zur Messung optischer Größen

Grundlagen

Was ist optische Strahlung?

Elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von 100 nm bis 1 mm wird als optische Strahlung bezeichnet. Die Grenzen des Wellenlängenbereichs sind allerdings nicht scharf und für alle Anwendungen verbindlich.

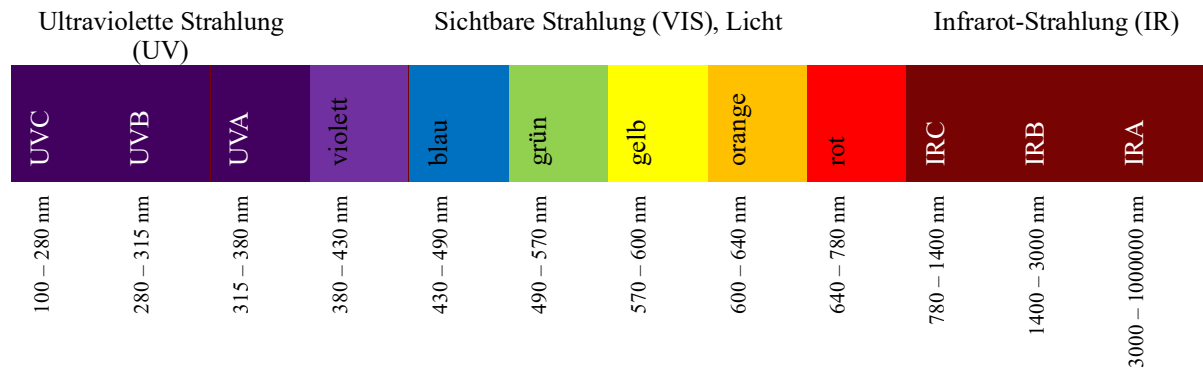


Abb. 3.10.1 Wellenlängen der optischen Strahlung

Optische Strahlung kann z.B. in strahlungsphysikalischen (radiometrischen), lichttechnischen (photometrischen), photobiologischen oder pflanzenphysiologischen Messgrößen gemessen werden.

Gegenüberstellung optischer Größen in Lichttechnik und Strahlungsphysik

Jede lichttechnische Größe entspricht einer strahlungstechnischen Größe, für die jeweils dieselben Zusammenhänge gelten. Die Unterscheidung der Größen erfolgt durch Index v (visuell) und Index e (energetisch).

Lichttechnik			Strahlenphysik		
Größe	Formelzeichen	Einheit	Größe	Formelzeichen	Einheit
Lichtstrom	Φ_v	Lumen lm = cd · sr	Strahlungsleistung	Φ_e	W
Lichtstärke	I_v	Candela cd	Strahlstärke	I_e	W/sr
Leuchtdichte	L_v	cd/m ²	Strahldichte	L_e	W/(sr · m ²)
Beleuchtungsstärke	E_v	lux lx = lm/m ²	Bestrahlungsstärke	E_e	W/m ²
Lichtmenge	Q_v	Lumensekunde lm · s	Strahlungsenergie	Q_e	Ws
Belichtung	H_v	lx · s	Bestrahlung	H_e	Ws/m ²

Sonden zur Messung optischer Größen

Lichttechnik / Photometrie		Strahlenphysik / Radiometrie	
Photometrie	<p>Beschränkt auf den für das menschliche Auge sichtbaren Bereich des optischen Spektrums (Licht).</p> <p>Wesentliches Merkmal der Photometrie ist die Bewertung der Hellempfindung mit der spektralen Hellempfindlichkeitsfunktion des Auges für das Tagessehen oder in seltenen Fällen für das Nachtsehen (DIN 5031).</p> <p>Strahlungsdetektoren für photometrische Messaufgaben müssen aus diesem Grund einen dieser spektralen Empfindlichkeitsverläufe aufweisen.</p>	Radiometrie	<p>Messtechnische Bewertung optischer Strahlung. Das wesentliche Merkmal der Radiometrie ist die wellenlängen-unabhängige Betrachtung der Strahlungsintensität.</p> <p>Damit unterscheidet sich die Radiometrie von den gewichteten Messgrößen wie sie in der Photometrie, Photobiologie, Pflanzenphysiologie usw. verwendet werden.</p>
Lichtstrom	<p>Die Lichtleistung einer Lichtquelle (Lampe, Leuchtdiode etc.). Da Lampen meist kein paralleles Lichtbündel aussenden, werden zur Messung des Lichtstromes Messgeometrien eingesetzt, die den Lichtstrom unabhängig von seiner räumlichen Verteilung erfassen. Dies sind in erster Linie Ulbrichtsche Kugeln oder Goniometer.</p>	Strahlungsleistung	<p>Die Energiemenge pro Zeit, die von elektromagnetischen Wellen transportiert wird.</p>
Lichtstärke	<p>Der Teil eines Lichtstroms, der in eine bestimmte Richtung strahlt. Die Lichtstärke ist eine wichtige Größe zur Effizienz- und Güteberechnung von Beleuchtungseinrichtungen. Ihre Messung erfolgt durch Detektoren mit einem definierten Blickfeld in Abständen, in der die Lichtquelle als Punktlichtquelle betrachtet werden kann.</p>	Strahlstärke	<p>Der Quotient aus der von einer Lichtquelle in einer bestimmten Richtung ausgesandten Strahlungsleistung und dem durchstrahlten Raumwinkel. Die Strahlstärke dient zur Messung der räumlichen Verteilung der Strahlungsleistung.</p>
Leuchtdichte	<p>Der Helligkeitseindruck, den eine beleuchtete oder leuchtende Fläche dem Auge vermittelt.</p> <p>In vielen Fällen hat die Leuchtdichte eine wesentlich größere Aussagekraft zur Qualität einer Beleuchtung als die Beleuchtungsstärke.</p> <p>Zur Messung der Leuchtdichte werden Messköpfe mit definiertem Messfeldwinkel eingesetzt.</p>	Strahldichte	<p>Die Strahldichte dient zur Bewertung von Flächenstrahlern. Sie ist die durch eine Fläche in einer bestimmten Richtung durchtretende (auftreffende) Strahlungsleistung geteilt durch den durchstrahlten Raumwinkel und durch die Projektion der Fläche auf eine Ebene senkrecht zur betrachteten Richtung. Als Messgeometrie kommen spezielle Tuben für Strahldichte oder Teleskopvorsätze zum Einsatz.</p>

Beleuchtungsstärke Der Lichtstrom, der von einer oder mehreren Lichtquellen horizontal oder vertikal auf eine bestimmte Fläche trifft. Bei nicht parallelem Lichteinfall, was dem Regelfall der praktischen Lichtmesstechnik entspricht, muss als Messgeometrie ein Cosinusdiffusor verwendet werden.

Bestrahlungsstärke Der Quotient aus der auf eine Fläche auftreffenden Strahlungsleistung und der beleuchteten Fläche. Zur Messung der Bestrahlungsstärke ist die räumliche Bewertung der einfallenden Strahlung von großer Bedeutung, weshalb eine cosinus-korrigierte Blickfeldfunktion vorgegeben ist.

Die spektrale Bewertungsfunktion

Die relative spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges wird für das helladaptierte Auge (Tagsehen) und für das dunkeladaptierte Auge (Nachtsehen) mit unterschiedlichen Funktionen angegeben. Wegen der individuellen Unterschiede sind diese Daten zwar nur Durchschnittswerte, reichen aber für die meisten technischen Zwecke aus. Die detaillierten Daten der spektralen Empfindlichkeitsverläufe sind als Tabelle in der DIN 5031 aufgeführt.

Die beiden unterschiedlichen spektralen Wirkungsfunktionen ergeben sich aus den unterschiedlichen „Sensortypen“ des Auges. Der spektrale Helligkeitsgrad für das Tagsehen (Zapfen, $> 10 \text{ cd/m}^2$) wird mit der Funktion $V(\lambda)$ beschrieben und ist die am häufigsten verwendete Funktion. Der spektrale Helligkeitsgrad für das Nachtsehen (Stäbchen, $< 0,001 \text{ cd/m}^2$) wird mit der $V'(\lambda)$ -Funktion beschrieben und ist hinsichtlich seiner praktischen Verwendung eher selten vertreten.

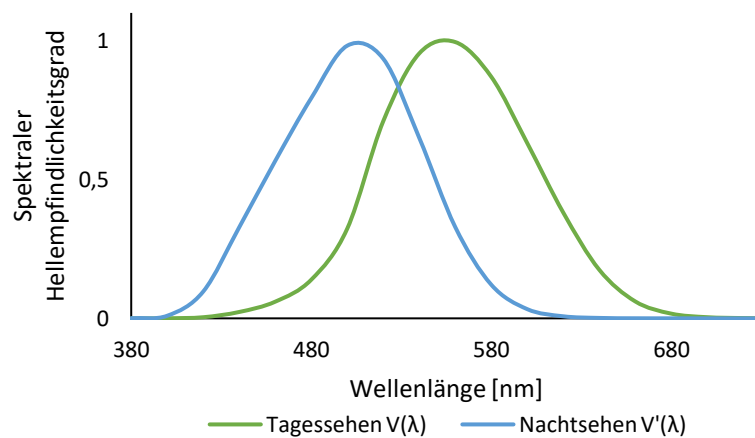


Abb. 3.10.2 Empfindlichkeit der Zapfen und Stäbchen im Auge in Abhängigkeit von der Wellenlänge des Lichts, Werte entnommen aus Tabelle 2, DIN 5031, 3. Teil

Bestimmung lichttechnischer Kennzahlen

Zur messtechnischen Bewertung der Eigenschaften von Materialien in Bezug auf ihre Reflexion, Transmission und Absorption sowie das Falschlicht von Objektiven gibt es international anerkannte Empfehlungen.

Sonden zur Messung optischer Größen

Dies sind in erster Linie die CIE 130-1998 „Practical methods for the measurements of reflectance and transmittance“, DIN 5036 Teil 3 „Strahlungsphysikalische und lichttechnische Eigenschaften von Materialien“, DIN 67507 „Lichttransmissionsgrad von Verglasungen, DIN 58186 „Streulichtbestimmung von optisch abbildenden Systemen“.

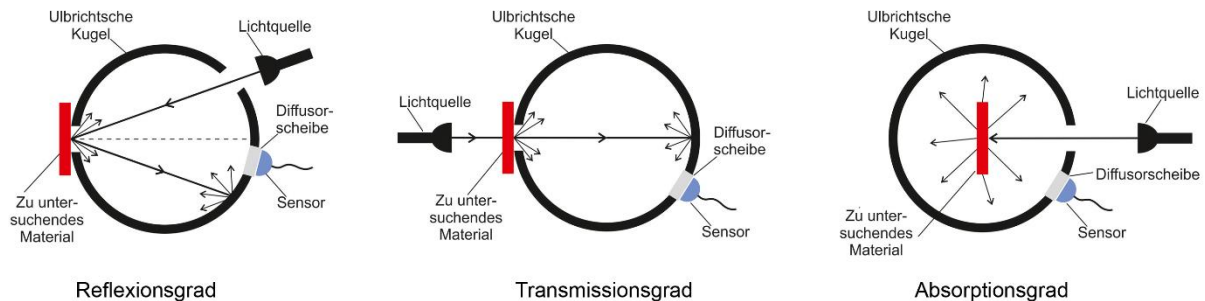


Abb. 3.10.3 Lichtmessungen mit Ulbrichtscher Kugel

Die unterschiedlichen Wellenlängen des Lichts nimmt das menschliche Auge als Farben wahr. Die spektrale Empfindlichkeit des Auges für die verschiedenen Farben ist dabei von der Wellenlänge abhängig.

Licht ist aber nur der sichtbare Teil des elektromagnetischen Spektrums. Auch die ultraviolette Strahlung im kurzwelligen und die Infrarotstrahlung im langwelligen Bereich wirken sich auf den menschlichen Organismus aus.

Beleuchtungsstärke:

Der Mensch ist an Beleuchtungsstärken des Tageslichts gewöhnt. An einem trüben Wintertag sind dies Werte von ca. 5000 Lux, an einem sonnigen Sommertag werden ca. 100000 Lux, bei künstlicher Beleuchtung dagegen meist nur zwischen 100 und 1000 Lux erreicht.

Ausreichendes Licht ist jedoch ein wesentlicher Bestandteil für das Wohlbefinden der Menschen. Müdigkeitsercheinungen durch zu wenig Licht treten dabei weniger am Auge selbst auf, sondern wirken sich vielmehr auf den gesamten Körper aus.

Deshalb beinhaltet die Norm DIN 5035/2 zum Schutz der Gesundheit Richtwerte für die Beleuchtungsstärke von Arbeitsstätten. Diese sind in der Richtlinie ASR 7/3 gesetzlich festgeschrieben und zwingend einzuhalten.

In geschlossenen Räumen gelten folgende Nennbeleuchtungsstärken:

Büros	Büroräume	300 Lux
	Schreib- und Zeichenplätze	750 Lux
Fabriken	visuelle Arbeiten im Produktionsablauf	1000 Lux
Hotels	Aufenthaltsräume, Rezeption, Kasse	200 Lux
Geschäfte	Vorderseite von Schaufenstern	1500 - 2500 Lux
Krankenhäuser	Krankenzimmer	100 - 150 Lux
	Notaufnahmen	500 Lux
Schulen	Hörsäle, Turnhallen	300 Lux

Bestrahlungsstärke:

Für die radiometrische Strahlung wird statt der Beleuchtungsstärke (nur für sichtbares Licht, Photometrie) der

Begriff Bestrahlungsstärke verwendet.

Globalstrahlung:

Die Globalstrahlung ist eine in der Umweltforschung wichtige Messgröße und stellt die gesamte auf die Erdoberfläche auftreffende diffuse und direkte Sonnenstrahlung dar. Der Spektralbereich erstreckt sich vom kurzwelligen Bereich bei 300 nm (UV-B) zum langwelligen Bereich bei 5000 nm (IR).

UVA-Strahlung:

Die langwellige UV-Strahlung (über 313 nm) erreicht nahezu ungefiltert die Erdoberfläche, bräunt die menschliche Haut und stärkt das Immunsystem. In Solarien wird die biologische Wirkung des UVA-Spektrums in Kombination mit anderen Spektralbereichen als Auslöser der Direktpigmentierung (Melaninfärbung) ausgenutzt. Eine zu starke Bestrahlung fördert Bindegewebsschäden und Hautalterung.

UVB-Strahlung:

Der kurzwellige UV-Bereich (unter 313 nm) kann irreversible Schäden hervorrufen. In der Empfehlung der CIE sind alle spektralen Wirkungsfunktionen zusammengefasst, die sich ungünstig auf die menschliche Haut auswirken können. Diese Empfehlung wird in der DIN 5050 beschrieben und als Richtlinie gewertet. Ein populäres Maß für die Sonnenbrandempfindlichkeit ist der vom Deutschen Wetterdienst ermittelte UV-Index "UVI". Die Messergebnisse geben direkt oder im Vergleich mit anderen Spektralbereichen Aufschluss über medizinisch und biologisch relevante Zusammenhänge.

UV-Index

Der UV-Index ist eine international festgelegte Messgröße. Die erythemwirksame Bestrahlungsstärke (entspricht der Sonnenbrandwirksamkeit) der UV-Strahlung $E(\lambda)$ einer horizontalen Fläche wird mit dem von der CIE (Commission Internationale de l'Eclairage → Internationale Beleuchtungskommission) definierten Wirkungsspektrum $s_{er}(\lambda)$ gewichtet integriert.

$$E_{CIE} = \int s_{er}(\lambda) \cdot E(\lambda) d\lambda$$

Um den UV-Index als dimensionslose Größe zu erhalten wird noch durch 25 mW/m^2 dividiert.

Der für Warnungen geeignete maximale UV-Index eines Tages ist als höchster 30-Minuten-Mittelwert definiert. Die Gewichtungsfunktion $s_{er}(\lambda)$ berücksichtigt die stark von der Wellenlänge abhängige schädigende Wirkung der Strahlung.

Sonden zur Messung optischer Größen

ythemwirksame Bestrahlungsstärke	0,3 W/m ²	UV- Index	12	Kategorie der UV-Strahlungs-Exposition	extrem
			11		
			10		sehr hoch
			9		
	0,2 W/m ²		8		
			7		hoch
			6		
			5		mittel
	0,1 W/m ²		4		
			3		
			2		schwach
			1		

Abb. 3.10.4
Bestrahlungsstärke und UV-Index

Auswahl, Einsatz




Messköpfe zur Messung eines bestimmten Spektralbereichs

Art der Strahlung	Gemessener Spektralbereich	Einsatz/Fühlertyp
V-Lambda Strahlung	Sichtbares Licht, entsprechend der Empfindlichkeit des menschlichen Auges.	Innenbereich, FLA623 Außenbereich, FLA633 hohe Auflösung FLA 603
UVA Strahlung	Langwellige UV-Strahlung (bräunende Wirkung auf die menschliche Haut.)	Innenbereich, FLA623 Außenbereich, FLA633 hohe Auflösung FLA 603
UVB Strahlung	Kurzwellige UV Strahlung	Innenbereich, FLA623 Außenbereich, FLA633
UVC Strahlung	UVC Strahlung, z.B. Hg-Linie bei 256 nm	Innenbereich, FLA623
Globalstrahlung	Sonnenspektrum im sichtbaren Bereich und im kurzwelligen IR-Bereich.	Innenbereich, FLA623 Außenbereich, FLA633
IR Strahlung	Sonnenspektrum im kurzwelligen IR-Bereich (ohne sichtbaren Bereich)	Innenbereich, FLA623
Quantumstrahlung	Sichtbares Licht, das vom Chlorophyll der Pflanzen bei der Photosynthese absorbiert wird.	Innenbereich, FLA623 Außenbereich, FLA633, hohe Auflösung FLA 603

Sonder-Messköpfe

Messgröße	Artikelnummer
Leuchtdichte	FLA 603 LDM2
Lichtstrom	FLA 603 LSM4
Farbtemperatur	FLAD 23 CCT
Bestrahlungsstärke, Radiometrischer Messkopf	FLA 603 RW4

Fühlertyp

Bild	Artikelnummer	Eigenschaften
	FLA623	Für Innenraum-Anwendungen
	FLA633, FLA613	Für Messungen im Außenbereich Sensoren mit Dom (FLA633) oder Kunststoffkugel (FLA613) für richtungsunabhängige Messungen.
	FLA603	Optische Sonden mit hoher Auflösung

3.10.1 Messköpfe für V-Lambdastrahlung

Grundlagen

Als V-Lambdastrahlung wird der Spektralbereich des sichtbaren Lichtes bezeichnet, er entspricht der Empfindlichkeit des menschlichen Auges. Der gemessene Wert ist ein Maß für die empfundene Helligkeit.

Der Wellenlängenbereich erstreckt sich vom Ende des UV-Bereiches bei 400 nm bis zum Anfang des IR-Bereiches bei 720 nm mit dem Maximum bei 555 nm. Die ermittelte Beleuchtungsstärke in „LUX“ kann direkt in die Bestrahlungsstärke „W/m²“ umgerechnet werden

Messungen in diesem Bereich haben große Bedeutung für die Arbeitsplatzgestaltung und Lichtprojekte.

Auswahl, Produktübersicht

Fühlertyp	Spektrale Empfindlichkeit	Maximum	Messbereich
FLAD03VL1	380 bis 720 nm	555 nm	1 lx bis 200 klx
FLA623VL	380 bis 720 nm	555 nm	0,05 bis ca. 170 klx
FLA633VLM	360 bis 760 nm	550 nm	0,05 bis ca. 170 klx
FLA613VLK	360 bis 760 nm	555 nm	0 bis ca. 50 klx
FLA603VL2			0,05 bis ca. 9600 lx
FLA603VL4			1 bis ca. 190 klx

Anwendungsbereiche

FLAD03VL1	In der medizinisch biologischen Forschung, der Landwirtschaft und Autoindustrie bzw. zur Messung künstlicher Beleuchtung einsetzbar.
FLA623VL	Im Innenbereich einsetzbar. Zur Bewertung der Lichtverhältnisse z.B. am Arbeitsplatz, Einsatz in der Landwirtschaft, der Autoindustrie.
FLA633VLM	Besonders für Messungen im Außenbereich geeignet, z.B. in der medizinischen, biologischen und Klimaforschung, in Wetterinformations- und Prognosesystemen, in der Landwirtschaft und zur allgemeinen Bevölkerungsinformation.
FLA613VLK	Universell einsetzbar, auch im Außenbereich, u.a. zur Messung bei Photostabilitätstest nach verschiedenen internationalen Normen und ICH-Richtlinien.
FLA603VL2	In der Beleuchtungstechnik. Alle Einsatzfälle, in welchen die DIN die Verwendung eines Luxmeters der Klasse B empfiehlt.
FLA603VL4	Bei Sonnenlicht. Alle Einsatzfälle, in welchen die DIN die Verwendung eines Luxmeters der Klasse B empfiehlt.

3.10.1.1 Digitaler Messkopf für Beleuchtungsstärke (V-Lambda) FLAD 03-VL1

Messprinzip

In der Natur wirkt Strahlung immer auf ebene Flächen, entsprechend sollte die Empfangscharakteristik eines Strahlungsmessempfängers der einer Ebene entsprechen und die Winkelabhängigkeit des Empfangssignales eine Cos-Funktion haben.

Da der fotoelektrische Wandler häufig geschützt gegen Umwelteinflüsse in einem Gehäuse untergebracht ist, müssen Vorrichtungen die Originalcharakteristik wieder herstellen. Neue Materialien z.B. PTFE haben heute gute Streueigenschaften und mit einer geeigneten empirisch ermittelten Form lassen sich extrem gute Cosinuscharakteristiken erreichen.

Deshalb trifft die elektromagnetische Strahlung, nachdem sie das Lichteintrittsfenster (Dom oder Flachglas) des Fühlers passiert hat, zuerst auf ein Diffusormaterial.

Das gestreute Licht wird dann entsprechend dem gewünschten Wellenlängenspektrum mit Hilfe von Glasfiltern (optisches Filterglas) sortiert.

Die verbleibende elektromagnetische Strahlung trifft auf einen vorwiegend aus Silizium bestehenden Chip und erzeugt in dessen PN-Übergang einen kleinen Stromfluss.

Die Höhe des Stromflusses ist äquivalent zur Bestrahlungsstärke und wird mit einer Verstärkereinheit (Operationsverstärker) auf die Höhe des gewünschten Ausgangssignales gebracht. Über den Operationsverstärker erfolgt auch die Eichung von der eingestrahnten Bestrahlungsstärke zur Ausgangsspannung die dann von einem Datenlogger registriert werden kann.

Fühlereigenschaften



Abb. 3.10.5
V-Lambda-Strahlungssensor FLAD03VL1

Ausstattung

Der Messkopf arbeitet mit einem eigenen AD-Wandler. Verwendete Verlängerungskabel und das Messgerät haben keinen Einfluss auf die Genauigkeit der Messung.

Die spektrale Empfindlichkeit ist sehr gut an die Empfindlichkeit des menschlichen Auges angepasst und entspricht der Geräteklasse B nach DIN 5032.

Der ALMEMO® D6-Fühler besitzt 4 Fühlerkanäle, einen für den Kilolux-Bereich und 3 weitere Kanäle mit unterschiedlichen Auflösungen für den Lux-Bereich.

Dieser Messkopf ist mit einem D6 Stecker ausgestattet und deshalb besonders gut zur Messung kleiner Beleuchtungsstärken geeignet.

Der Messkopf FLAD 03 VL1 hat ein schwarzes, eloxiertes Aluminiumgehäuse und ist mit einem 1,5 m langen Kabel ausgestattet. Die Messung ist cos-korrigiert. Der Messkopf ist nur für den Innenraum geeignet.

Programmierung

Messbereiche bei Auslieferung

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	ALMEMO® Messbereich	Dim	Auflösung
1. Ev kLux	B-01	DIGI	-2	bis 200	kL	0,01 klx
2. Ev Lux0	B-02	DIGI	0	bis 65000	Lx	1 lx
3. Ev Lux1	B-03	DIGI	-1	bis 6500	Lx	0,1 lx
4. Ev Lux2	B-04	DIGI	-2	bis 650	Lx	0,01 lx

Konfigurierbare Messbereiche

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	ALMEMO® Messbereich	Dim	Auflösung
1. Ev kLux	B-01	DIGI	-2	bis 200	kL	0,01 klx
2. Ev Lux0	B-02	DIGI	0	bis 65000	Lx	1 lx
3. Ev Lux1	B-03	DIGI	-1	bis 6500	Lx	0,1 lx
4. Ev Lux2	B-04	DIGI	-2	bis 650	Lx	0,01 lx

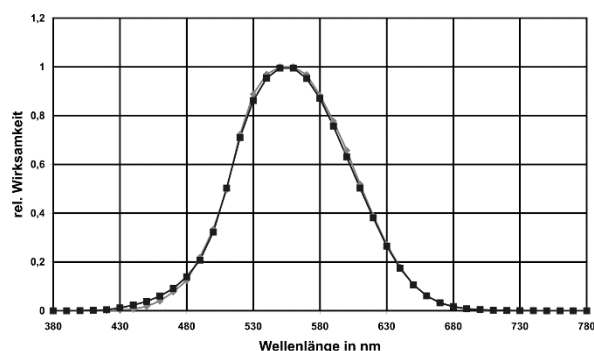
Die Messbereiche der Messkanäle sind aus einer Liste von Bereichen im Sensormenü konfigurierbar.

Technische Daten

Messbereich V-Lambda	1 lx bis 200 klx
ALMEMO® Messbereiche	MB1: 0,00 bis 200,00 klx MB2: 0 bis 65000 lx MB3: 0,0 bis 6500,0 lx MB4: 0,00 bis 650,00 lx
Sensorsystem	Si / interf. Filter
Verstärker-IC	8 Stufen mit automatischer Anpassung
spektrale Empfindlichkeit	380 nm bis 720 nm, Maximum bei 555 nm
minimale Auflösung	0,02 lx
Diffusor	PTFE
Cos-Korrektur	Fehler f2 < 2,0%
Linearität	< 1%
absoluter Fehler	< 5%
V-Lambda Anpassung	< 3%
Arbeitstemperatur	-20°C bis +60°C
Normalbedingungen	23°C ± 3 K, 0 bis 90% rH (nicht kondensierend)
Signalausgang	I²C
Einschaltzeit	< 1 s
Abschaltzeit	< 1 s
Messzeit	< 3 s
Refreshrate	1,5 Sekunden für alle Kanäle
Einschwingzeit	3 s
Sleepverzögerung	3 s
Energieversorgung	6 bis 13 V DC aus dem ALMEMO® Gerät
Stromverbrauch	ca. 4 mA

Kabelführung	seitlich, fest angeschlossenes Kabel, 1,5 m lang
Gehäuse	Aluminium, schwarz eloxiert
Steckerfarben	Zweifarbzig, hell- und dunkelgrau, rot Hebel
Baudrate Standard	115,2 kBd (1200 Bd bis 921 kBd wählbar)
Befestigung	2 Schrauben M3
Gewicht	ca. 50 g
<hr/>	
ALMEMO® D6-Stecker	
Refreshrate	1,5 s für alle Kanäle
Einschwingzeit	3 s (Beim Datenloggerbetrieb im Sleepmodus muss eine Sleepverzögerung programmiert werden)
Versorgungsspannung	ab 6 V aus dem ALMEMO® Gerät
Stromverbrauch	ca. 4 mA

Spektrale Empfindlichkeit



Abmessungen

Durchmesser 33 mm
Höhe ca. 29 mm

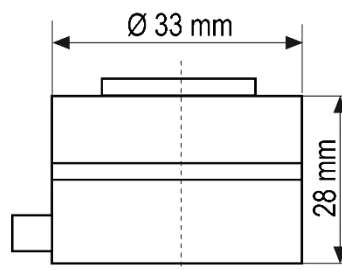


Abb. 3.10.6 Spektrale Empfindlichkeit des FLAD03VL1

3.10.1.2 Beleuchtungsstärke-Messkopf FLA 623 VL

Messprinzip

Siehe Kapitel 3.10.1.1.

Fühlereigenschaften



Abb. 3.10.7
Beleuchtungsstärke-Messkopf FLA 623 VL

Sonden zur Messung optischer Größen

Ausstattung

Diese Gehäusebaureihe ist für Innenanwendungen geeignet. Das Gehäuse aus Aluminium ist für Langzeitanwendung kratzfest schwarz eloxiert und ist mit einem seitlich angeordneten Einbaustecker zum Anstecken des ALMEMO® Anschlusskabels versehen.

Es besitzt ein flaches Lichteintrittsfenster aus Teflon (PTFE). Das Material ist UV-durchlässig und langzeitstabil gegenüber Strahlungs- und Umwelteinflüssen.

Die Messköpfe werden mit einem steckbaren Anschlusskabel (Länge 2 m) mit ALMEMO® Stecker geliefert. Das Anschlusskabel ist auch in den Längen 5 und 10 m erhältlich.

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und physikalische Dimension hinterlegt, so dass die Ausgangsspannung des Sensors (0 bis 2V) in 2 Messkanälen mit unterschiedlichen Auflösungen als Beleuchtungsstärke in lx (lux) und in klx (kilolux) angezeigt wird.

Der Fühler wird mit einem Werksprüfschein ausgeliefert.

Programmierung

Messkanal	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. Kanal	Beleuchtungsstärke bis ca. 20000 lx	1 lx
2. Kanal	Beleuchtungsstärke bis ca. 170 klx	0,01 klx

Technische Daten

Messbereich	0,05 bis ca. 170 klx
Messkanäle	1. Kanal: bis ca. 20000 lx 2. Kanal: bis ca. 170 klx
spektrale Empfindlichkeit	380 nm bis 720 nm, Maximum bei 555 nm
Diffusor	PTFE
cos-Korrektur	Fehler $f_2 < 3 \%$
Linearität	$< 1 \%$
absoluter Fehler	$< 5 \%$
V-Lambda Anpassung	$< 3 \%$
Nenntemperatur	22°C ± 2 K
Arbeitstemperatur	-20°C bis +60°C
Signalausgang	0 bis 2 V
Einschaltzeit	< 1 s
Energieversorgung	über ALMEMO® Stecker (5 bis 15 V DC)
Elektrischer Anschluss	Einbaustecker, seitlich
Anschluss-Kabel	PVC-Kabel, steckbar, mit ALMEMO® Stecker
Gehäuse	Aluminium, schwarz eloxiert
Befestigung	2 Schrauben M2 in der Bodenplatte
Gewicht	ca. 50 g (ohne Kabel)

Der Sensor entspricht der Geräteklasse B nach DIN 5032.

Spektrale Empfindlichkeit

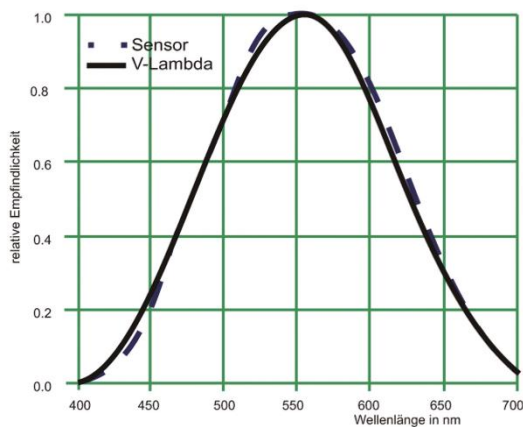
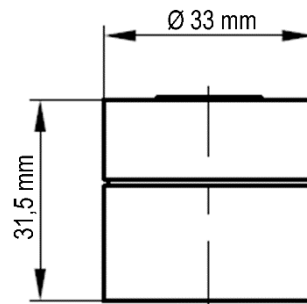


Abb. 3.10.8 Spektrale Empfindlichkeit des FLA 623 VL

Abmessungen

Durchmesser 33 mm

Höhe ca. 32 mm



Handhabung

Messgenauigkeit erhöhen

Dunkelkorrektur

Ein eventuell auftretendes Dunkelsignal sollte durch einen Dunkelabgleich in der Funktion BASISWERT nachträglich korrigiert werden.

Gehen Sie dazu folgendermaßen vor:

1. Verriegelungsmodus auf 4 setzen.
2. Sensor in einen dunklen Raum bringen (Strahlungs-/Beleuchtungsstärke = 0)
3. Nullpunktgleich durchführen. (Tasten EINGABE, LÖSCHEN drücken)
4. Verriegelungsmodus wieder auf 5 setzen.

Beachten Sie bei der Eingabe von Programmierwerten auch die Bedienungsanleitung Ihres Messgerätes.

Fühlerschutz

Vermeiden Sie unbedingt ein Verschmutzen oder Verkratzen der Messfläche (Diffusor)!

Kalibrierung

Unsere optischen Sensoren sind ab Werk kalibriert. Die Kalibrierwerte sind als Korrekturwerte im ALMEMO® Anschluss-Stecker abgelegt und verriegelt.

Die Kalibrierwerte dürfen nicht verändert werden!

Öffnen Sie niemals den Sensor! Andernfalls ist die Gültigkeit der Kalibrierung des Sensors nicht mehr gewährleistet.

3.10.1.3 Beleuchtungsstärke-Messkopf FLA 633 VLM

Messprinzip

Siehe Kapitel 3.10.1.1.

Grundlagen

Die mit diesem Sensor gemessene Bestrahlungsstärke in W/m^2 kann direkt in die Beleuchtungsstärke ‚Lux‘ umgerechnet werden.

Fühlereigenschaften



Abb. 3.10.9
Beleuchtungsstärke-Messkopf FLA 633 VLM

Ausstattung

Diese Gehäusebaureihe ist für Außenanwendungen geeignet. Die Messköpfe besitzen ein eloxiertes Aluminiumgehäuse, das für Langzeitanwendungen im Freien kratzfest eloxiert ist. Seine natürliche Metallfarbe verhindert zu starkes Aufheizen bei intensiver Sonneneinstrahlung.

Die Fühler sind mit einem Kunststoffdom aus Polymethylmetacrylat (PMMA) versehen. Das Material ist UV-durchlässig und langzeitstabil gegenüber Strahlungs- und Umwelteinflüssen. Es wird deshalb auch in Flugzeugcockpits und Unterseebooten als Sichtfenster benutzt. Die Empfangscharakteristik ist mit großer Sorgfalt getestet und erprobt.

Das System ist regen- und spritzwassergeschützt. Siliconverklebte Gehäuseteile halten den Innenraum absolut luft- und staubfrei. Im Innern befindet sich zusätzlich ein Trockenmittel, um ein Beschlagen des Domes von innen zu verhindern.

Die Messköpfe werden mit einem an den Sensor steckbaren Anschlusskabel (Länge 1,5 m) mit ALMEMO® Stecker zum Anschluss an ein ALMEMO® Gerät geliefert. Sie sind auch mit einem Anschlusskabel in der Länge 5 m erhältlich.

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und physikalische Dimension hinterlegt, so dass die Ausgangsspannung des Sensors (0 bis 2V) als Anzeigewert Bestrahlungsstärke sowohl in W/cm^2 als auch in kLux zur Verfügung steht.

Der Fühler wird mit einem Prüfprotokoll ausgeliefert.

Programmierung

Messkanal	Bereich	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. Kanal	D2.6	Beleuchtungsstärke bis 170 kLux	0,01 kLux
2. Kanal	D2.6	Bestrahlungsstärke bis ca. 250 W/cm^2	0,01 W/cm^2

Technische Daten

Messbereich	1. Kanal: 0,05 bis ca. 170 klx 2. Kanal: 0,07 bis ca. 250 W/cm ²
spektrale Empfindlichkeit	360 nm bis 760 nm
max. spektrale Empfindlichkeit	550 nm
Diffusor	PTFE
cos-Korrektur	Fehler f2 < 3%
Linearität	< 1%
absoluter Fehler	< 10%
Nenntemperatur	22°C ± 2°C
Arbeitstemperatur	-20°C bis +60°C
Signalausgang	0 V bis 2 V
Restspannung	(E = 0) < 10 mV
Energieversorgung	5 V bis 15 V
Kabelführung	nach unten
Gehäuse	eloxiertes Aluminium
Dom	PMMA
Befestigung	2 Schrauben M4, in Bodenplatte
Gewicht	ca. 300 g

Spektrale Empfindlichkeit

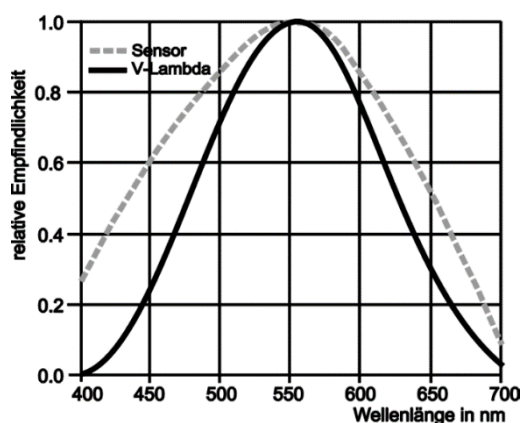


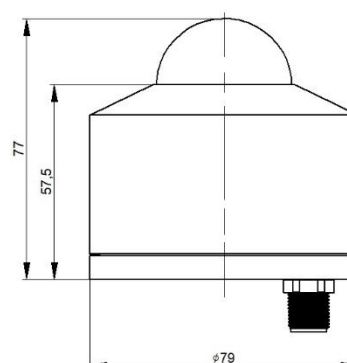
Abb. 3.10.10 Spektrale Empfindlichkeit des FLA 633 VLM

Abmessungen

Dom: Ø 40 mm

Gehäuse: Ø 79 mm

Höhe: 77 mm



Handhabung

Vorbereitung

Der Messkopf ist mit 2 Schrauben M4 auf eine geeignete Halterung (z.B. Alu-Kastenprofil) zu schrauben. Er ist möglichst exakt waagrecht auszurichten. Der Montageort ist so zu wählen, dass eine ganztägige Sonnenbestrahlung des Messkopfes erfolgen kann. Der Messkopf muss einen freien Horizont in alle Richtungen haben. Die Montage in der Nähe von Häusern und Bäumen kann den Messwert verfälschen.

Fühlerschutz

Der Kunststoffdom ist sehr empfindlich gegen Schläge und Verkratzen. Die Montage ist mit äußerster Sorgfalt durchzuführen.

Schäden, die durch unsachgemäße Behandlung entstehen, sowie Glasbruch, fallen nicht unter die Garantiebestimmungen.

Sonden zur Messung optischer Größen

Kalibrierung

Unsere optischen Sensoren sind ab Werk kalibriert. Die Kalibrierwerte sind als Korrekturwerte im ALMEMO® Anschluss-Stecker abgelegt und verriegelt.

Die Kalibrierwerte dürfen nicht verändert werden!

Öffnen Sie niemals den Sensor! Andernfalls ist die Gültigkeit der Kalibrierung des Sensors nicht mehr gewährleistet.

Wartung

Der elektronisch-optische Teil des Messkopfes ist wartungsfrei, sollte aber regelmäßig kalibriert werden.

Der Kunststoffdom sowie das Gehäuse sind je nach Aufstellort mindestens zweimal jährlich mit einem weichen feuchten Tuch oder bei stärkerer Verschmutzung mit klarem Wasser oder ggf. Geschirrspülmittel zu reinigen.

Verwenden Sie keinesfalls Flüssigreinigungsmittel mit Scheuermittelzusatz oder Lösungsmittel zur äußerlichen Reinigung.

3.10.1.4 Beleuchtungsstärke-Messkopf mit Kugelcharakteristik FLA 613 VLK

Messprinzip

Siehe Kapitel 3.10.1.1.

Fühlereigenschaften



Abb. 3.10.11
Beleuchtungsstärke-Messkopf FLA 613 VLK

Ausstattung

Diese Gehäusebaureihe ist durch die Kugelcharakteristik des Messkopfes für richtungsunabhängige Messungen besonders geeignet.

Die Fühler sind mit einem kugelförmigen Kunststoffkörper aus Polymethylmetacrylat (PMMA) versehen. Das Material ist langzeitstabil gegenüber Strahlungs- und Umwelteinflüssen. Die Empfangscharakteristik ist mit großer Sorgfalt getestet und erprobt.

Die Messköpfe besitzen ein eloxiertes Aluminiumgehäuse, das für Langzeitanwendungen im Freien kratzfest eloxiert ist. Seine natürliche Metallfarbe verhindert zu starkes Aufheizen bei intensiver Sonneneinstrahlung.

Nullringdichtungen zwischen den Gehäuseteilen halten den Innenraum absolut luft- und staubfrei. Seine Feuchtigkeit wird zur Verhinderung von Beschlagen mit einem Trockenmittel verringert.

Für den Anschluss an ALMEMO® Geräte ist der Beleuchtungsstärke-Messkopf standardmäßig mit einem ALMEMO® Anschlusskabel (Länge 1,5 m) versehen. Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und physikalische Dimension hinterlegt, so dass die Ausgangsspannung des Sensors (0 bis 2V) als Anzeigewert Beleuchtungsstärke in kLux zur Verfügung steht.

Der Fühler wird mit einem Prüfprotokoll ausgeliefert.

Programmierung

Messkanal	Bereich	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. Kanal	D2.6	Beleuchtungsstärke 0 bis 50 kLux	0,01 kLux

Technische Daten

Messbereich	0 bis 50 kLux
spektrale Empfindlichkeit	360 nm bis 760 nm
Max. spektrale Empfindlichkeit	555 nm
Diffusor	Kunststoff
Richtcharakteristik	siehe Diagramm unten
Linearität	< 1%
absoluter Fehler	< 10%
Nenntemperatur	22°C ± 2K
Arbeitstemperatur	-20°C bis +60°C
Signalausgang	0 V bis 2 V
Einschaltzeit	< 1 s
Energieversorgung	über ALMEMO® Stecker 5 bis 15 V
Kabelführung	zur Seite
Kugel	Kunststoff
Gehäuse	eloxiertes Aluminium
Befestigung	2 Schrauben M4, in Bodenplatte
Gewicht	ca. 100 g

Spektrale Empfindlichkeit und Richtcharakteristik

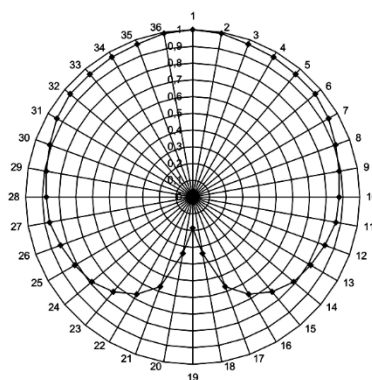
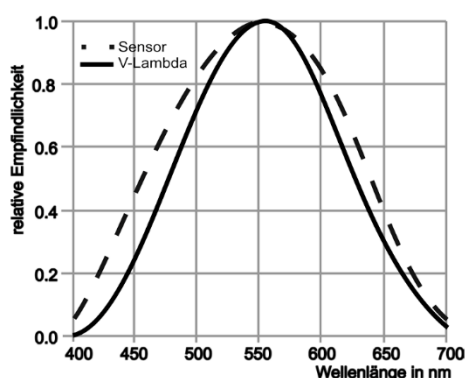
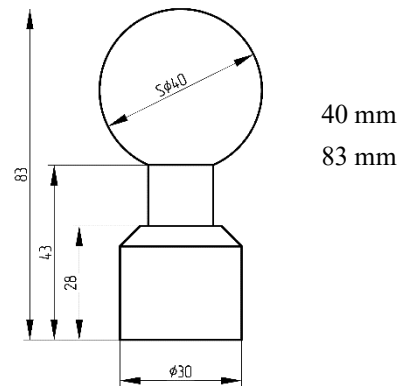


Abb. 3.10.12
Spektrale Empfindlichkeit und Richtcharakteristik des FLA 613 VLK

Abmessungen

Kugeldurchmesser:

Gesamthöhe:



Handhabung

Vorbereitung

Siehe Kapitel 3.10.1.3.

Fühlerschutz

Siehe Kapitel 3.10.1.3.

Wartung

Siehe Kapitel 3.10.1.3.

3.10.1.5 Beleuchtungsstärke-Messkopf FLA 603 VLx nach DIN-Klasse B

Messprinzip

Hochwertiger Messkopf zur Bestimmung der Beleuchtungsstärke, dessen spektrale Anpassung an die photometrische Bewertungsfunktion $V(\lambda)$ für Tagessehen angenähert ist (DIN-Güteklasse B, besser 5%).

Fühlereigenschaften



Abb. 3.10.13
Beleuchtungsstärke-Messkopf FLA 603 VLx

Ausstattung

Für den direkten Anschluss an ALMEMO® Geräte ist der Beleuchtungsstärke-Messkopf standardmäßig mit einem ALMEMO® Anschlusskabel (Länge ca. 1,5 m, andere Längen auf Anfrage) versehen.

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und physikalische Dimension hinterlegt, sodass das Ausgangssignal des Sensors als Anzeigewert Beleuchtungsstärke in lx (Lux) zur Verfügung steht.

Der Fühler wird mit einem Werks-Kalibrierzertifikat in lx ausgeliefert.

Ausführungen

Fühlertyp	Messbereich
FLA603VL2	0,05 lx bis ca. 9600 lx
FLA603VL4	1 lx bis ca. 190 klx

Programmierung

Für FLA603VL2

Messkanal	Bereich	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. Kanal	D26	Beleuchtungsstärke	0,01 lx
2. Kanal	D260	Beleuchtungsstärke	0,1 lx
3. Kanal	D2.6	Beleuchtungsstärke	0,001 klx

Für FLA603VL4

Messkanal	Bereich	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. Kanal	D26	Beleuchtungsstärke	0,1 lx
2. Kanal	D260	Beleuchtungsstärke	1 lx
3. Kanal	D2.6	Beleuchtungsstärke	0,01 klx

Technische Daten

Messbereich	
FLA603VL2	0,05 lx bis ca. 9600 lx
FLA603VL4	1 lx bis ca. 190 klx
Empfindlichkeit	ca. 20 pA/lx
spektrale Anpassung	angenähert an photometrische Bewertungsfunktionen V(λ) für Tagsehen, Klasse B, besser 5%
max. cos-Abweichung	Klasse B, < 3%
Nenntemperatur	24 °C ± 2K
Arbeits- / Lagertemperatur	0 bis 60°C / -10 bis +80°C
Feuchtigkeitsbereich	10 bis 90% nicht kondensierend

Die photometrische Empfindlichkeit und Cosinus-Blickfeldfunktion entspricht der DIN-5032 Teil 7 Güteklasse B.

Sonden zur Messung optischer Größen

Spektrale Empfindlichkeit

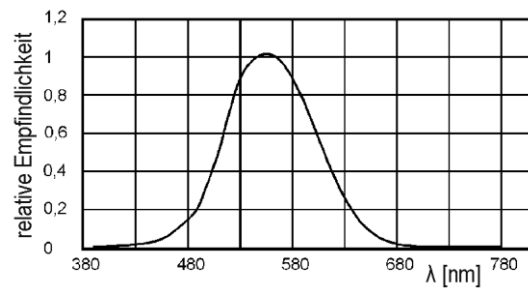
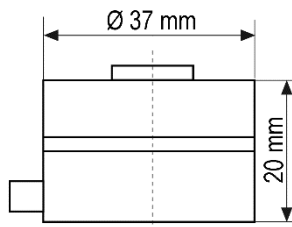


Abb. 3.10.14
Spektrale Empfindlichkeit des FLA 603 VLx

Abmessungen

Durchmesser:	37 mm
Höhe:	20 mm
cos-Diffusor:	\varnothing 7 mm



3.10.2 Messköpfe für UVA-Strahlung

Grundlagen

UVA-Strahlung hat Wellenlängen im Bereich von 315 bis 380 nm. Diese langwellige Ultraviolettstrahlung hat eine bräunende Wirkung auf die menschliche Haut.

Auswahl, Produktübersicht

Fühlertyp	Spektrale Empfindlichkeit	Maximum	Messbereich
FLA623UVA	310 bis 400 nm	335 nm	0,02 bis ca. 50 W/m ²
FLA633UVA	310 bis 400 nm	335 nm	0,001 bis ca. 3 mW/cm ²
FLA613UVAK	310 bis 400 nm	355 nm	0 bis ca. 50 W/m ²
FLA603UV12	315 bis 400 nm	siehe Abb. 3.10.22	0,00002 bis ca. 3,8 mW/cm ²
FLA603UV14	315 bis 400 nm	siehe Abb. 3.10.22	0,0004 bis ca. 70 mW/cm ²
FLA603UV22	320 bis 400 nm	siehe Abb. 3.10.24	0,00002 bis ca. 3,8 mW/cm ²
FLA603UV24	320 bis 400 nm	siehe Abb. 3.10.24	0,0004 bis ca. 100 mW/cm ²

Anwendungsbereiche

FLA623UVA	Besonders für Messungen im Außenbereich geeignet, z.B. in der medizinischen, biologischen und Klimaforschung, in Wetterinformations- und Prognosesystemen, in der Landwirtschaft und zur allgemeinen Bevölkerungsinformation.
FLA613UVAK	Universell einsetzbar u.a. zur Messung bei Photostabilitätstest nach verschiedenen internationalen Normen und ICH-Richtlinien.
FLA 603 UV12	Untersuchungen in der Arbeitsmedizin
FLA 603 UV14	Messungen in Industrieanlagen
FLA 603 UV22	Untersuchungen in der medizinische Therapie
FLA 603 UV24	industrielle Messungen der UV-Strahlenhärtung

3.10.2.1 Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 623 UVA

Messprinzip

Siehe Kapitel 3.10.1.1.

Die spektrale Empfindlichkeit ist nach der globalen Sonnenstrahlung gewichtet.

Fühlereigenschaften



Abb. 3.10.15
Beleuchtungsstärke-Messkopf FLA 623 UVA

Ausstattung

Diese Gehäusebaureihe ist für Innenanwendungen geeignet. Das Gehäuse aus Aluminium ist für Langzeitanwendung kratzfest schwarz eloxiert und ist mit einem seitlich angeordneten Einbaustecker zum Anstecken des ALMEMO® Anschlusskabels versehen.

Es besitzt ein flaches Lichteintrittsfenster aus Teflon (PTFE). Das Material ist UV-durchlässig und langzeitstabil gegenüber Strahlungs- und Umwelteinflüssen.

Für den direkten Anschluss an ALMEMO® Geräte ist der UVA-Messkopf standardmäßig mit einem steckbaren ALMEMO® Anschlusskabel (Länge 2 m, optional 5 m und 10 m) versehen.

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und physikalische Dimension hinterlegt, so dass die Ausgangsspannung des Sensors (0 bis 2V) als Anzeigewert Bestrahlungsstärke UVA in W/m^2 zur Verfügung steht.

Der Fühler wird mit einem Werksprüfschein ausgeliefert.

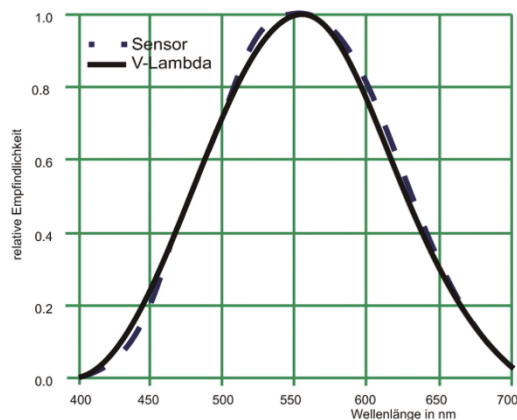
Programmierung

Messkanal	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. Kanal	Bestrahlungsstärke bis ca. 50 W/m^2	$0,01 \text{ W/m}^2$

Technische Daten

Messbereich	0,02 bis ca. 50 W/m ²
spektrale Empfindlichkeit	310 bis 400 nm, Maximum bei 335 nm
Diffusor	PTFE
cos-Korrektur	Fehler $f_2 < 3\%$
Linearität	$< 1\%$
absoluter Fehler	$< 10\%$
Nenntemperatur	22°C ± 2 K
Arbeitstemperatur	-20°C bis +60°C
Signalausgang	0 bis 2 V
Einschaltzeit	< 1 s
Energieversorgung	über ALMEMO® Stecker, (5 bis 15 V DC)
Elektrischer Anschluss	Einbaustecker, seitlich
Anschluss-Kabel	PVC-Kabel, steckbar, mit ALMEMO® Stecker
Gehäuse	Aluminium, schwarz eloxiert
Befestigung	2 Schrauben M2 in der Bodenplatte
Gewicht	ca. 50 g (ohne Kabel)

Spektrale Empfindlichkeit



Abmessungen

Durchmesser 33 mm
Höhe ca. 32 mm

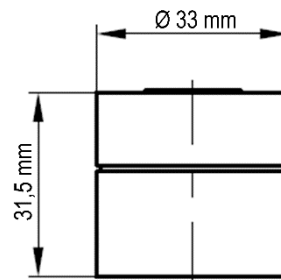


Abb. 3.10.16 Spektrale Empfindlichkeit des FLA 623 UVA

Handhabung

Messgenauigkeit erhöhen

Siehe Kapitel 3.10.1.2.

Fühlerschutz

Siehe Kapitel 3.10.1.2.

3.10.2.2 Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 633 UVA

Messprinzip

Siehe Kapitel 3.10.1.1.

Die spektrale Empfindlichkeit ist nach der globalen Sonnenstrahlung gewichtet.

Fühlereigenschaften



Abb. 3.10.17
Bestrahlungsstärke Messkopf FLA 633 UVA

Ausstattung

Diese Gehäusebaureihe ist für Außenanwendungen geeignet. Die Messköpfe besitzen ein eloxiertes Aluminiumgehäuse, das für Langzeitanwendungen im Freien kratzfest eloxiert ist. Seine natürliche Metallfarbe verhindert zu starkes Aufheizen bei intensiver Sonneneinstrahlung.

Die Fühler sind mit einem Kunststoffdom aus Polymethylmetacrylat (PMMA) versehen. Das Material ist UV-durchlässig und langzeitstabil gegenüber Strahlungs- und Umwelteinflüssen. Es wird deshalb auch in Flugzeugcockpits und Unterseebooten als Sichtfenster benutzt.

Das System ist regen- und spritzwassergeschützt. Siliconverklebte Gehäuseteile halten den Innenraum absolut luft- und staubfrei. Im Innern befindet sich zusätzlich ein Trockenmittel um ein Beschlagen des Domes von innen zu verhindern.

Die Messköpfe werden mit einem an den Sensor steckbaren Anschlusskabel (Länge 1,5 m) mit ALMEMO® Stecker zum Anschluss an ein ALMEMO® Gerät geliefert. Sie sind auch mit einem Anschlusskabel in der Länge 5 m erhältlich.

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und physikalische Dimension hinterlegt, so dass die Ausgangsspannung des Sensors (0 bis 2V) als Anzeigewert Bestrahlungsstärke in mW/cm^2 zur Verfügung steht.

Der Fühler wird mit einem Prüfprotokoll ausgeliefert.

Programmierung

Messkanal	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. Kanal	Bestrahlungsstärke bis ca. $3 \text{ mW}/\text{cm}^2$	$1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$

Technische Daten

Messbereich	0,001 bis ca. 3 mW/cm ²
spektrale Empfindlichkeit	310 nm bis 400 nm
max. spektrale Empfindlichkeit	335 nm
Diffusor	PTFE
cos-Korrektur	Fehler f2 < 3%
Linearität	< 1%
absoluter Fehler	< 10%
Nenntemperatur	22°C ± 2K
Arbeitstemperatur	-20°C bis +60°C
Signalausgang	0 V bis 2 V
Restspannung	(E = 0) < 10 mV
Energieversorgung	5 V bis 15 V, über ALMEMO® Stecker
Kabelführung	nach unten
Gehäuse	eloxiertes Aluminium
Dom	PMMA (UV-durchlässig)
Befestigung	2 Schrauben M4 in Bodenplatte
Gewicht	ca. 300 g

Spektrale Empfindlichkeit

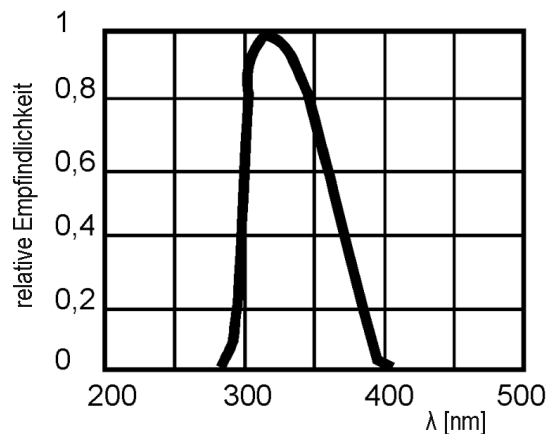
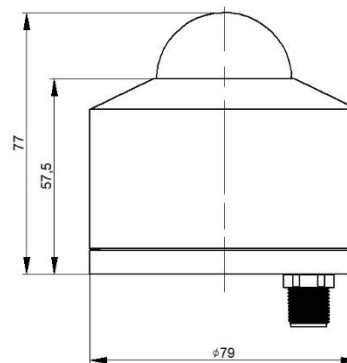


Abb. 3.10.18 Spektrale Empfindlichkeit des FLA 633 UVA

Abmessungen

Dom: Ø 40 mm
 Gehäuse: Ø 79 mm
 Höhe: 77 mm



Handhabung

Siehe Kapitel 3.10.1.3.

Wartung

Siehe Kapitel 3.10.1.3.

3.10.2.3 UVA-Messkopf mit Kugelcharakteristik FLA 613 UVAK

Messprinzip

Siehe Kapitel 3.10.1.1.

Fühlereigenschaften



Abb. 3.10.19
UVA-Messkopf FLA 613 UVAK

Ausstattung

Diese Gehäusebaureihe ist durch die Kugelcharakteristik des Messkopfes für richtungsunabhängige Messungen besonders geeignet.

Die Fühler sind mit einem kugelförmigen Kunststoffkörper aus Polymethylmetacrylat (PMMA) versehen. Das Material ist langzeitstabil gegenüber Strahlungs- und Umwelteinflüssen. Die Empfangscharakteristik ist mit großer Sorgfalt getestet und erprobt.

Die Messköpfe besitzen ein eloxiertes Aluminiumgehäuse, das für Langzeitanwendungen im Freien kratzfest eloxiert ist. Seine natürliche Metallfarbe verhindert zu starkes Aufheizen bei intensiver Sonneneinstrahlung.

Nullringdichtungen zwischen den Gehäuseteilen halten den Innenraum absolut luft- und staubfrei. Seine Feuchtigkeit wird zur Verhinderung von Beschlagen mit einem Trockenmittel verringert.

Für den Anschluss an ALMEMO® Geräte ist der Beleuchtungsstärke-Messkopf standardmäßig mit einem ALMEMO® Anschlusskabel (Länge 1,5 m) versehen. Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und physikalische Dimension hinterlegt, so dass die Ausgangsspannung des Sensors (0 bis 2V) als Anzeigewert Beleuchtungsstärke in W/m² zur Verfügung steht.

Der Fühler wird mit einem Prüfprotokoll ausgeliefert.

Programmierung

Messkanal	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. Kanal	Bestrahlungsstärke 0 bis 50 W/m²	0,01 W/m²

Technische Daten

Messbereich	0 bis ca. 50 W/m²
spektrale Empfindlichkeit	310 nm bis 400 nm
max. spektrale Empfindlichkeit	355 nm
Diffusor	PMMA
Richtcharakteristik	siehe Diagramm unten

Linearität	< 1%
absoluter Fehler	< 10%
Nenntemperatur	22°C ± 2K
Arbeitstemperatur	-20°C bis +60°C
Signalausgang	0 V bis 2 V
Einschaltzeit	< 1 s
Energieversorgung	über ALMEMO® Stecker 5 bis 15 V
Kabelführung	zur Seite
Gehäuse	eloxiertes Aluminium
Kugel	PMMA (UV-durchlässig)
Befestigung	2 Schrauben M4, in Bodenplatte
Gewicht	ca. 100 g

Spektrale Empfindlichkeit

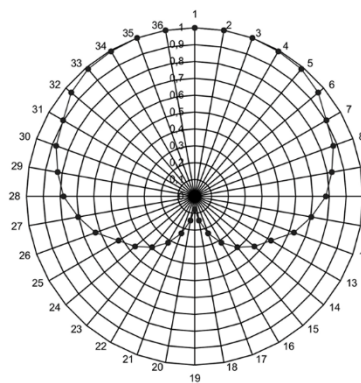
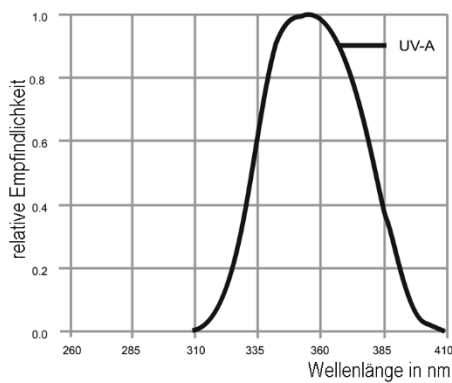
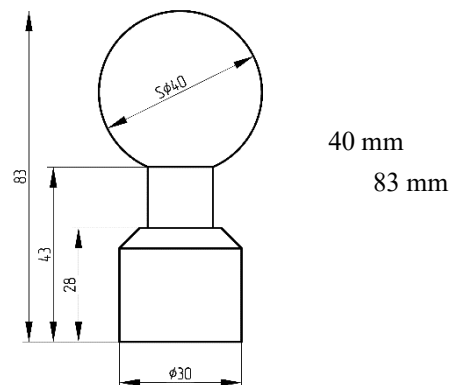


Abb. 3.10.20
Spektrale Empfindlichkeit und Richtcharakteristik

Abmessungen

Kugeldurchmesser:

Gesamthöhe:



Handhabung

Vorbereitung

Siehe Kapitel 3.10.1.3.

Fühlerschutz

Siehe Kapitel 3.10.1.3.

Wartung

Siehe Kapitel 3.10.1.3.

3.10.2.4 UVA Bestrahlungsstärke Messkopf FLA 603 UV12/14

Fühlereigenschaften



Abb. 3.10.21
UVA Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 603 UV12/14

Ausstattung

Für den direkten Anschluss an ALMEMO® Geräte ist der UVA-Bestrahlungsstärke-Messkopf standardmäßig mit einem ALMEMO® Anschlusskabel (Länge ca. 1,5 m, andere Längen auf Anfrage) versehen.

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und physikalische Dimension hinterlegt, sodass das Ausgangssignal des Sensors als Anzeigewert Bestrahlungsstärke in mW/cm^2 zur Verfügung steht.

Die Messwerte können auf verschiedene ALMEMO® Messkanäle mit unterschiedlicher Empfindlichkeit aufgeteilt werden.

Messgeometrie mit Cosinus Diffusor statt einfacher Streuscheibe.

Der Fühler wird mit einem Werks-Kalibrierzertifikat ausgeliefert.

Ausführungen

Fühlertyp	Messbereich	Spektrale Empfindlichkeit
FLA603UV12	0,00002 bis $3,8 \text{ mW}/\text{cm}^2$	315 bis 400 nm
FLA603UV14	0,0004 bis $70 \text{ mW}/\text{cm}^2$	315 bis 400 nm

Programmierung

Für FLA603UV12

Messkanal	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1.bis 3. Kanal	Bestrahlungsstärke aufgeteilt 0,00002 bis $3,8 \text{ mW}/\text{cm}^2$	kleinste Auflösung $20 \text{ nW}/\text{cm}^2$

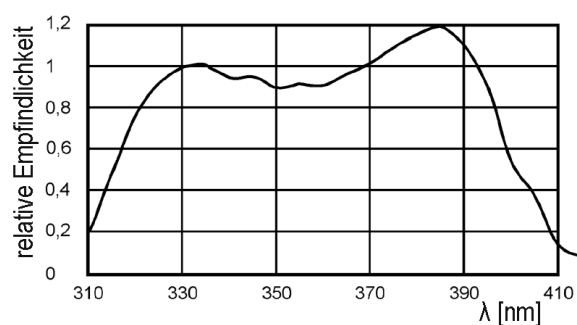
Für FLA603UV14

Messkanal	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1.bis 3. Kanal	Bestrahlungsstärke aufgeteilt 0,0004 bis $70 \text{ mW}/\text{cm}^2$	kleinste Auflösung $100 \text{ nW}/\text{cm}^2$

Technische Daten

Messbereich	
FLA603UV12	0,00002 bis 3,8 mW/cm ²
FLA603UV14	0,0004 bis 70 mW/cm ²
spektrale Empfindlichkeit	315 bis 400 nm
max. cos-Abweichung	< 5%
Nenntemperatur	24 °C ± 2K
Arbeits- / Lagertemperatur	0 bis 60°C / -10 bis +80°C
Feuchtigkeitsbereich	10 bis 90% nicht kondensierend

Spektrale Empfindlichkeit



Abmessungen

Durchmesser 37 mm
 Höhe ca. 32 mm
 cos-Diffusor Ø 15 mm

Abb. 3.10.22 Spektrale Empfindlichkeit des FLA 603 UV12/14

3.10.2.5 UVA Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 603 UV 22/ 24

Fühlereigenschaften



Abb. 3.10.23
 UVA Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 603 UV 22/24

Ausstattung

Für den direkten Anschluss an ALMEMO® Geräte ist der UVA-Bestrahlungsstärke-Messkopf standardmäßig mit einem ALMEMO® Anschlusskabel (Länge ca. 1,5 m, andere Längen auf Anfrage) versehen.

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und physikalische Dimension hinterlegt, sodass das Ausgangssignal des Sensors als Anzeigewert Bestrahlungsstärke in mW/cm² zur Verfügung steht.

Die Messwerte können auf verschiedene ALMEMO® Messkanäle mit unterschiedlicher Empfindlichkeit aufgeteilt werden.

Messgeometrie mit Cosinus Diffusor statt einfacher Streuscheibe.

Sonden zur Messung optischer Größen

Der Fühler wird mit einem Werks-Kalibrierzertifikat ausgeliefert.

Ausführungen

Fühlertyp	Messbereich	Spektrale Empfindlichkeit
FLA603UV22	0,00002 bis 3,8 mW/cm ²	320 bis 400 nm
FLA603UV24	0,0004 bis 70 mW/cm ²	320 bis 400 nm

Programmierung

Für FLA603UV22

Messkanal	ALMEMO [®] Messbereich	Auflösung
1.bis 3. Kanal	Bestrahlungsstärke aufgeteilt 0,00002 bis 3,8 mW/cm ²	kleinste Auflösung 20 nW/cm ²

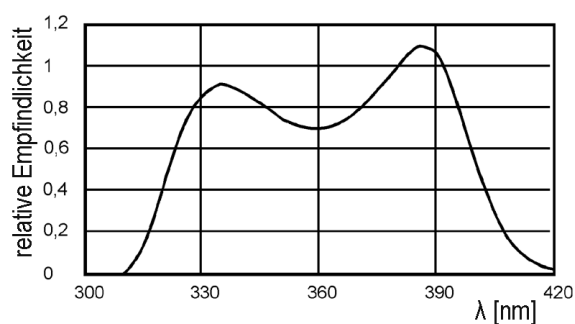
Für FLA603UV24

Messkanal	ALMEMO [®] Messbereich	Auflösung
1.bis 3. Kanal	Bestrahlungsstärke aufgeteilt 0,0004 bis 70 mW/cm ²	kleinste Auflösung 100 nW/cm ²

Technische Daten

Messbereich	
FLA603UV22	0,00002 bis 3,8 mW/cm ²
FLA603UV24	0,0004 bis 70 mW/cm ²
spektrale Empfindlichkeit	320 bis 400 nm
max. cos-Abweichung	< 5 %
Nenntemperatur	24 °C ± 2K
Arbeits- / Lagertemperatur	0 bis 60°C / -10 bis +80°C
Feuchtigkeitsbereich	10 bis 90% nicht kondensierend

Spektrale Empfindlichkeit



Abmessungen

Durchmesser 37 mm
Höhe ca. 32 mm
cos-Diffusor Ø 15 mm

Abb. 3.10.24 Spektrale Empfindlichkeit des FLA 603 UV 22/24

3.10.3 Messköpfe für UVB-Strahlung

Messprinzip

UVB-Strahlung liegt im Bereich von 280 bis 315 nm (Wellenlängen kürzer als die der UVA Strahlung).

Auswahl, Produktübersicht

Fühlertyp	Spektrale Empfindlichkeit	Maximum	Messbereich
FLA623UVB	265 bis 315 nm	297 nm	0,002 bis ca. 5 W/m ²
FLA633UVB	265 bis 315 nm	297 nm	0,02 bis ca. 50 µW/cm ²

Anwendungsbereiche

FLA623UVB Ermittlung des UV-Indexes

FLA633UVB Besonders für Messungen im Außenbereich geeignet, z.B. in der medizinischen, biologischen und Klimaforschung, in Wetterinformations- und Prognosesystemen, in der Landwirtschaft und zur allgemeinen Bevölkerungsinformation.

3.10.3.1 UVB Bestrahlungsstärke Messkopf FLA 623 UVB

Messprinzip

Siehe Kapitel 3.10.1.1.

Die spektrale Empfindlichkeit ist nach der globalen Sonnen-Erythemstrahlung (Sonnenbrand erzeugend) gemäß der Empfehlung der CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) gewichtet. Der UV-Index lässt sich ermitteln.

Fühlereigenschaften



Abb. 3.10.25
UVB Bestrahlungsstärke Messkopf FLA 623 UVB

Ausstattung

Diese Gehäusebaureihe ist für Innenanwendungen geeignet. Das Gehäuse aus Aluminium ist für Langzeitanwendung kratzfest schwarz eloxiert und ist mit einem seitlich angeordneten Einbaustecker zum Anstecken des ALMEMO® Anschlusskabels versehen.

Sonden zur Messung optischer Größen

Es besitzt ein flaches Lichteintrittsfenster aus Teflon (PTFE). Das Material ist UV-durchlässig und langzeitstabil gegenüber Strahlungs- und Umwelteinflüssen.

Für den direkten Anschluss an ALMEMO® Geräte ist der UVA-Messkopf standardmäßig mit einem steckbaren ALMEMO® Anschlusskabel (Länge 2 m, optional 5 m und 10 m) versehen.

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und physikalische Dimension hinterlegt, so dass die Ausgangsspannung des Sensors (0 bis 2V) als Anzeigewert Bestrahlungsstärke UVB in W/m^2 zur Verfügung steht.

Der Fühler wird mit einem Werkprüfschein ausgeliefert.

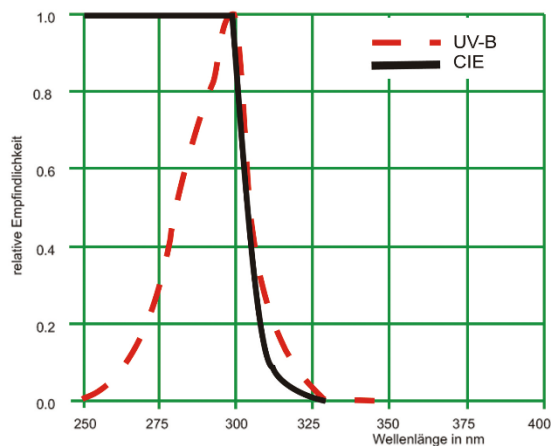
Programmierung

Messkanal	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. Kanal	Bestrahlungsstärke bis ca. 5 W/m^2	$0,001 \text{ W/m}^2$

Technische Daten

Messbereich	0,002 bis ca. 5 W/m^2
spektrale Empfindlichkeit	265 nm bis 315 nm, Maximum bei 297 nm
Diffusor	PTFE
cos-Korrektur	Fehler $f_2 < 3 \%$
Linearität	$< 1\%$
absoluter Fehler	$< 10\%$
Nenntemperatur	$22^\circ\text{C} \pm 2 \text{ K}$
Arbeitstemperatur	-20°C bis $+60^\circ\text{C}$
Signalausgang	0 bis 2 V
Einschaltzeit	$< 1 \text{ s}$
Energieversorgung	über ALMEMO® Stecker, (5 bis 15 V DC)
Elektrischer Anschluss	Einbaustecker, seitlich
Anschluss-Kabel	PVC-Kabel, steckbar, mit ALMEMO® Stecker
Gehäuse	Aluminium, schwarz eloxiert
Befestigung	2 Schrauben M2 in der Bodenplatte
Gewicht	ca. 50 g (ohne Kabel)

Spektrale Empfindlichkeit



Abmessungen

Durchmesser 33 mm
Höhe ca. 32 mm

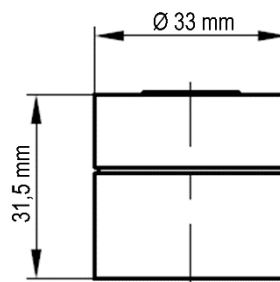


Abb. 3.10.26 spektrale Empfindlichkeit des FLA 623 UVB

Handhabung

Messgenauigkeit erhöhen

Siehe Kapitel 3.10.1.2.

Fühlerschutz

Siehe Kapitel 3.10.1.2.

3.10.3.2 UVB-Messkopf FLA 633 UVB

Messprinzip

Siehe Kapitel 3.10.1.1.

Die relative spektrale Empfindlichkeit des Sensors ist speziell an die Erythemkurve nach DIN 5050 angepasst. Der Erythemsensor erfasst exakt die hautschädigenden Bestandteile aus diesem Spektralbereich.

Fühlereigenschaften



Abb. 3.10.27
UVB-Messkopf FLA 633 UVB

Ausstattung

Diese Gehäusebaureihe ist für Außenanwendungen geeignet. Die Messköpfe besitzen ein eloxiertes Aluminiumgehäuse, das für Langzeitanwendungen im Freien kratzfest eloxiert ist. Seine natürliche Metallfarbe verhindert zu starkes Aufheizen bei intensiver Sonneneinstrahlung.

Die Fühler sind mit einem Kunststoffdom aus Polymethylmetacrylat (PMMA) versehen. Das Material ist UV-durchlässig und langzeitstabil gegenüber Strahlungs- und Umwelteinflüssen. Es wird deshalb auch in Flugzeugcockpits und Unterseebooten als Sichtfenster benutzt. Die Empfangscharakteristik ist mit großer Sorgfalt getestet und erprobt.

Das System ist regen- und spritzwassergeschützt. Siliconverklebte Gehäuseteile halten den Innenraum absolut luft- und staubfrei. Im Innern befindet sich zusätzlich ein Trockenmittel um ein Beschlagen des Domes von innen zu verhindern.

Die Messköpfe werden mit einem an den Sensor steckbaren Anschlusskabel (Länge 1,5 m) mit ALMEMO® Stecker zum Anschluss an ein ALMEMO® Gerät geliefert. Sie sind auch mit einem Anschlusskabel in der Länge 5 m erhältlich.

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und

Sonden zur Messung optischer Größen

physikalische Dimension hinterlegt, so dass die Ausgangsspannung des Sensors (0 bis 2V) als Anzeigewert Bestrahlungsstärke in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ zur Verfügung steht.

Der Fühler wird mit einem Prüfprotokoll geliefert.

Programmierung

Messkanal	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. Kanal	Bestrahlungsstärke 0 bis ca. $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$	$0,01 \mu\text{W}/\text{cm}^2$

Technische Daten

Messbereich	0 bis ca. $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$
spektrale Empfindlichkeit	265 nm bis 315 nm
max. spektrale Empfindlichkeit	297 nm
Diffusor	PTFE
cos-Korrektur	Fehler $f_2 < 3\%$
Linearität	$< 1\%$
absoluter Fehler	$< 10\%$
Nenntemperatur	$22^\circ\text{C} \pm 2\text{K}$
Arbeitstemperatur	-20°C bis $+60^\circ\text{C}$
Signalausgang	0 V bis 2 V
Restspannung (E=0)	$< 10 \text{ mV}$
Energieversorgung	5 V bis 15 V, über ALMEMO® Stecker
Kabelführung	nach unten
Gehäuse	eloxiertes Aluminium
Dom	PMMA (UV-durchlässig)
Befestigung	2 Schrauben M4 in Bodenplatte
Gewicht	ca. 300 g

Spektrale Empfindlichkeit

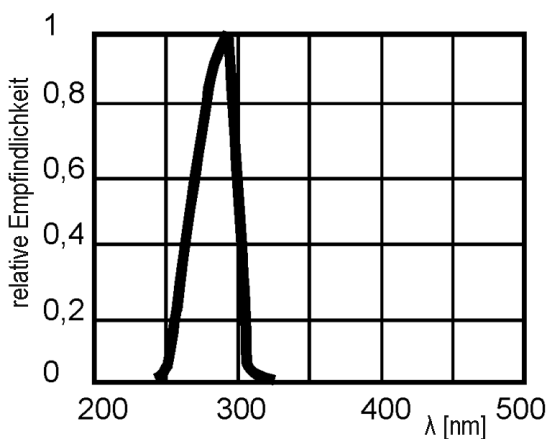
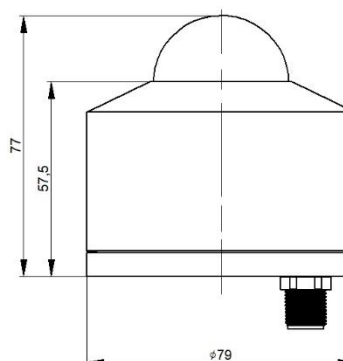


Abb. 3.10.28 spektrale Empfindlichkeit des FLA 633 UVB

Abmessungen

Dom: $\varnothing 40 \text{ mm}$
Gehäuse: $\varnothing 79 \text{ mm}$
Höhe: 77 mm



Handhabung

Vorbereitung

Siehe Kapitel 3.10.1.3.

Fühlerschutz

Siehe Kapitel 3.10.1.3.

Wartung

Siehe Kapitel 3.10.1.3.

3.10.4 Messköpfe für UVC-Strahlung

Auswahl, Produktübersicht

Fühlertyp	Spektrale Empfindlichkeit	Maximum	Messbereich
FLA623UVC	220 bis 280 nm	265 nm	1 bis ca. 1990 mW/m ²

Anwendungsbereiche

FLA623UVC Messung der UVC-Strahlung, z.B. Hg-Linie bei 256 nm
Der Messkopf kann u.a. in Wasserentkeimungsanlagen verwendet werden.

3.10.4.1 Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 623 UVC

Messprinzip

Siehe Kapitel 3.10.1.1.

Fühlereigenschaften



Abb. 3.10.29
Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 623

Ausstattung

Diese Gehäusebaureihe ist für Innenanwendungen geeignet. Das Gehäuse aus Aluminium ist für Langzeitanwendung kratzfest schwarz eloxiert und ist mit einem seitlich angeordneten Einbaustecker zum Anstecken des ALMEMO® Anschlusskabels versehen.

Es besitzt ein flaches Lichteintrittsfenster aus Teflon (PTFE). Das Material ist UV-durchlässig und langzeitstabil gegenüber Strahlungs- und Umwelteinflüssen.

Für den direkten Anschluss an ALMEMO® Geräte ist der UVA-Messkopf standardmäßig mit einem steckbaren ALMEMO® Anschlusskabel (Länge 2 m, optional 5 m und 10 m) versehen.

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und physikalische Dimension hinterlegt, sodass die Ausgangsspannung des Sensors (0 bis 2V) als Anzeigewert Bestrahlungsstärke UVC in mW/m² zur Verfügung steht.

Der Fühler wird mit einem Werksprüfschein ausgeliefert.

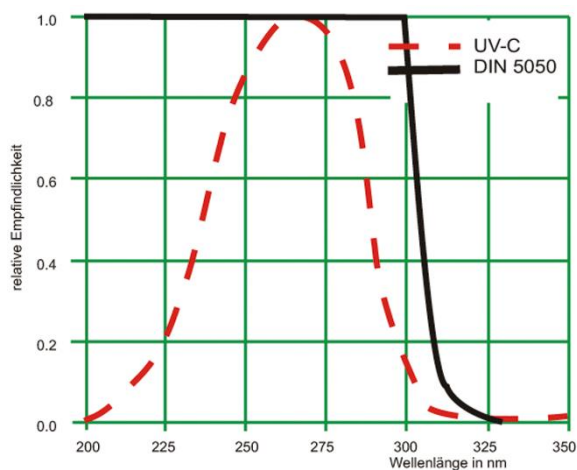
Programmierung

Messkanal	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. Kanal	Bestrahlungsstärke bis ca. 1990 mW/m²	0,1 mW/m²

Technische Daten

Messbereich	1 bis ca. 1990 mW/m²
spektrale Empfindlichkeit	220 nm bis 280 nm, Maximum bei 265 nm
Diffusor	PTFE
cos-Korrektur	Fehler $f_2 < 3\%$
Linearität	$< 1\%$
absoluter Fehler	$< 10\%$
Nenntemperatur	$22^\circ\text{C} \pm 2\text{ K}$
Arbeitstemperatur	-20°C bis $+60^\circ\text{C}$
Signalausgang	0 bis 2 V
Einschaltzeit	$< 1\text{ s}$
Energieversorgung	über ALMEMO® Stecker, (5 bis 15 V DC)
Elektrischer Anschluss	Einbaustecker, seitlich
Anschluss-Kabel	PVC-Kabel, steckbar, mit ALMEMO® Stecker
Gehäuse	Aluminium, schwarz eloxiert
Befestigung	2 Schrauben M2 in der Bodenplatte
Gewicht	ca. 50 g (ohne Kabel)

Spektrale Empfindlichkeit



Abmessungen

Durchmesser 33 mm
Höhe ca. 32 mm

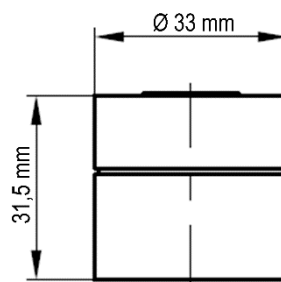


Abb. 3.10.30 spektrale Empfindlichkeit des FLA 623 UVC

Handhabung

Messgenauigkeit erhöhen und Fühlerschutz

Siehe Kapitel 3.10.1.2.

3.10.5 Messköpfe für Globalstrahlung

Grundlagen

Globalstrahlung umfasst den sichtbaren und den kurzwelligen IR-Bereich des Sonnenspektrums. Sie setzt sich zusammen aus der diffusen und direkten Sonnenstrahlung.

Auswahl, Produktübersicht

Fühlertyp	Spektrale Empfindlichkeit	Maximum	Messbereich
FLA623GS	400 bis 1100 nm	780 nm	0,4 bis ca. 1300 W/m ²
FLA633GS	400 bis 1100 nm	780 nm	0,4 bis ca. 1200 W/cm ²

Anwendungsbereiche

FLA633GS Besonders für Messungen im Außenbereich geeignet, z.B. in der medizinischen und biologischen Forschung, in der Klimaforschung, in Wetterinformations- und Prognosesystemen, in der Landwirtschaft und zur allgemeinen Bevölkerungsinformation.

3.10.5.1 Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 623 GS

Messprinzip

Siehe Kapitel 3.10.1.1.

Fühlereigenschaften



Abb. 3.10.31
Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 623 GS

Ausstattung

Diese Gehäusebaureihe ist für Innenanwendungen geeignet. Das Gehäuse aus Aluminium ist für Langzeitanwendung kratzfest schwarz eloxiert und ist mit einem seitlich angeordneten Einbaustecker zum Anstecken des ALMEMO® Anschlusskabels versehen.

Es besitzt ein flaches Lichteintrittsfenster aus Teflon (PTFE). Das Material ist UV-durchlässig und langzeitstabil

gegenüber Strahlungs- und Umwelteinflüssen.

Für den direkten Anschluss an ALMEMO® Geräte ist der UVA-Messkopf standardmäßig mit einem steckbaren ALMEMO® Anschlusskabel (Länge 2 m, optional 5 m und 10 m) versehen.

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und physikalische Dimension hinterlegt, so dass die Ausgangsspannung des Sensors (0 bis 2V) als Anzeigewert Bestrahlungsstärke in W/m² zur Verfügung steht.

Der Fühler wird mit einem Werkprüfschein ausgeliefert.

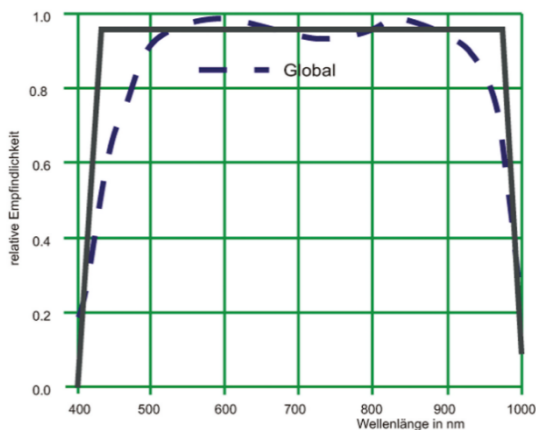
Programmierung

Messkanal	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. Kanal	Globalstrahlung bis ca. 1300 W/m ²	0,1 W/m ²

Technische Daten

Messbereich	0,4 bis ca. 1300 W/m ²
spektrale Empfindlichkeit	400 nm bis 1100 nm, Maximum bei 780 nm
Diffusor	PTFE
cos-Korrektur	Fehler f2 < 3%
Linearität	< 1%
absoluter Fehler	< 10%
Nenntemperatur	22°C ± 2 K
Arbeitstemperatur	-20°C bis +60°C
Signalausgang	0 bis 2 V
Einschaltzeit	< 1 s
Energieversorgung	über ALMEMO® Stecker, (5 bis 15 V DC)
Elektrischer Anschluss	Einbaustecker, seitlich
Anschluss-Kabel	PVC-Kabel, steckbar, mit ALMEMO® Stecker
Gehäuse	Aluminium, schwarz eloxiert
Befestigung	2 Schrauben M2 in der Bodenplatte
Gewicht	ca. 50 g (ohne Kabel)

Spektrale Empfindlichkeit



Abmessungen

Durchmesser 33 mm
Höhe ca. 32 mm

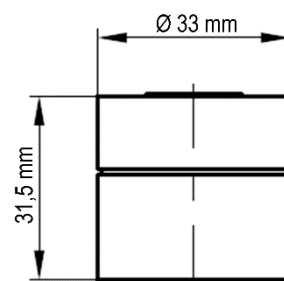


Abb. 3.10.32 spektrale Empfindlichkeit des FLA 623 GS

Handhabung

Messgenauigkeit erhöhen

Siehe Kapitel 3.10.1.2.

Fühlerschutz

Siehe Kapitel 3.10.1.2.

3.10.5.2 Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 633 GS

Messprinzip

Siehe Kapitel 3.10.1.1.

Der Messkopf detektiert nahezu 90% des Sonnenspektrums im Bereich von 400 nm bis 1100 nm und erfasst damit VIS (sichtbares, engl. visible Licht) und einen Teil des kurzwelligen IR-Bereiches.

Fühlereigenschaften



Abb. 3.10.33
Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 633 GS

Ausstattung

Diese Gehäusebaureihe ist für Außenanwendungen geeignet. Die Messköpfe besitzen ein eloxiertes Aluminiumgehäuse, das für Langzeitanwendungen im Freien kratzfest eloxiert ist. Seine natürliche Metallfarbe verhindert zu starkes Aufheizen bei intensiver Sonneneinstrahlung.

Die Fühler sind mit einem Kunststoffdom aus Polymethylmetacrylat (PMMA) versehen. Das Material ist UV-durchlässig und langzeitstabil gegenüber Strahlungs- und Umwelteinflüssen. Es wird deshalb auch in Flugzeugcockpits und Unterseebooten als Sichtfenster benutzt. Die Empfangscharakteristik ist mit großer Sorgfalt getestet und erprobt.

Das System ist regen- und spritzwassergeschützt. Siliconverklebte Gehäuseteile halten den Innenraum absolut luft- und staubfrei. Im Innern befindet sich zusätzlich ein Trockenmittel um ein Beschlagen des Domes von innen zu verhindern.

Die Messköpfe werden mit einem an den Sensor steckbaren Anschlusskabel (Länge 1,5 m) mit ALMEMO® Stecker zum Anschluss an ein ALMEMO® Gerät geliefert. Sie sind auch mit einem Anschlusskabel in der Länge 5 m erhältlich.

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und

physikalische Dimension hinterlegt, so dass die Ausgangsspannung des Sensors (0 bis 2V) als Anzeigewert Bestrahlungsstärke in W/cm^2 zur Verfügung steht.

Der Fühler wird mit einem Prüfprotokoll ausgeliefert.

Programmierung

Messkanal	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. Kanal	Bestrahlungsstärke 0 bis ca. $1200 \text{ W}/\text{cm}^2$	$1 \text{ W}/\text{cm}^2$

Technische Daten

Messbereich	0 bis ca. $1200 \text{ W}/\text{cm}^2$
spektrale Empfindlichkeit	400 nm bis 1100 nm
max. spektrale Empfindlichkeit	780 nm
Diffusor	PTFE
cos-Korrektur	Fehler $f_2 < 3\%$
Linearität	$< 1\%$
absoluter Fehler	$< 10\%$
Nenntemperatur	$22^\circ\text{C} \pm 2 \text{ K}$
Arbeitstemperatur	-20°C bis $+60^\circ\text{C}$
Signalausgang	0 V bis 2 V
Restspannung	(E = 0) $< 10 \text{ mV}$
Energieversorgung	5 V bis 15 V, über ALMEMO® Stecker
Kabelführung	nach unten
Gehäuse	eloxiertes Aluminium
Dom	PMMA
Befestigung	2 Schrauben M4, in Bodenplatte
Gewicht	ca. 300 g

Spektrale Empfindlichkeit

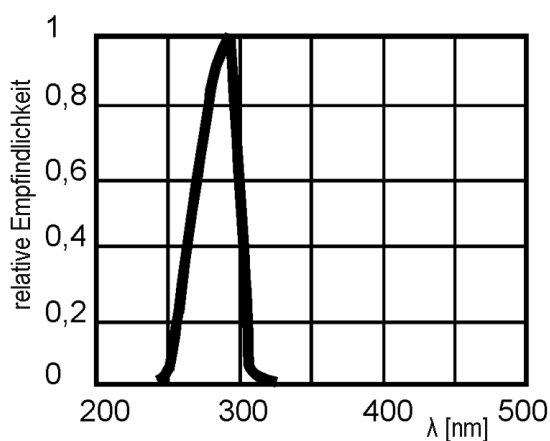
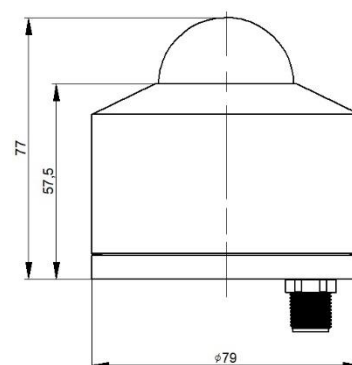


Abb. 3.10.34 spektrale Empfindlichkeit des FLA 633 GS

Abmessungen

Dom: $\varnothing 40 \text{ mm}$
 Gehäuse: $\varnothing 79 \text{ mm}$
 Höhe: 77 mm



3.10.6 Messköpfe für Infrarotstrahlung

Auswahl, Produktübersicht

Fühlertyp	Spektrale Empfindlichkeit	Maximum	Messbereich
FLA623IR	800 bis 1100 nm	950 nm	0,1 bis ca. 400 W/m ²

Anwendungsbereiche

FLA623IR Der Messkopf misst im kurzwelligen Infrarot-Bereich. Er eignet sich dadurch besonders zur Messung des Infrarotanteils des Sonnenspektrums.

3.10.6.1 Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 623 IR

Messprinzip

Siehe Kapitel 3.10.1.1.

Fühlereigenschaften



Abb. 3.10.35
Bestrahlungsstärke-Messkopf FLA 623 IR

Ausstattung

Diese Gehäusebaureihe ist für Innenanwendungen geeignet. Das Gehäuse aus Aluminium ist für Langzeitanwendung kratzfest schwarz eloxiert und ist mit einem seitlich angeordneten Einbaustecker zum Anstecken des ALMEMO® Anschlusskabels versehen.

Es besitzt ein flaches Lichteintrittsfenster aus Teflon (PTFE). Das Material ist UV-durchlässig und langzeitstabil gegenüber Strahlungs- und Umwelteinflüssen.

Für den direkten Anschluss an ALMEMO® Geräte ist der UVA-Messkopf standardmäßig mit einem steckbaren ALMEMO® Anschlusskabel (Länge 2 m, optional 5 m und 10 m) versehen.

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und physikalische Dimension hinterlegt, so dass die Ausgangsspannung des Sensors (0 bis 2V) als Anzeigewert Bestrahlungsstärke in W/m² zur Verfügung steht.

Der Fühler wird mit einem Werkprüfschein ausgeliefert.

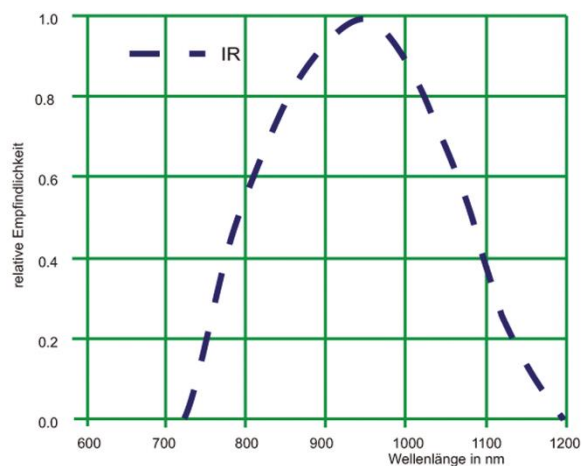
Programmierung

Messkanal	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. Kanal	Infrarot-Strahlung bis ca. 400 W/m ²	0,01 W/m ²

Technische Daten

Messbereich	0,1 bis ca. 400 W/m ²
spektrale Empfindlichkeit	800 nm bis 1100 nm, Maximum bei 950 nm
Diffusor	PTFE
cos-Korrektur	Fehler f ₂ < 3%
Linearität	< 1%
absoluter Fehler	< 10%
Nenntemperatur	22°C ± 2 K
Arbeitstemperatur	-20°C bis +60°C
Signalausgang	0 bis 2 V
Einschaltzeit	< 1 s
Energieversorgung	über ALMEMO® Stecker, (5 bis 15 V DC)
Elektrischer Anschluss	Einbaustecker, seitlich
Anschluss-Kabel	PVC-Kabel, steckbar, mit ALMEMO® Stecker
Gehäuse	Aluminium, schwarz eloxiert
Befestigung	2 Schrauben M2 in der Bodenplatte
Gewicht	ca. 50 g (ohne Kabel)

Spektrale Empfindlichkeit



Abmessungen

Durchmesser 33 mm
Höhe ca. 32 mm

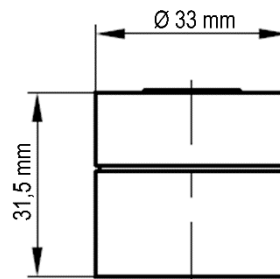


Abb. 3.10.36 spektrale Empfindlichkeit des FLA 623 IR

Handhabung

Messgenauigkeit erhöhen

Siehe Kapitel 3.10.1.2.

Fühlerschutz

Siehe Kapitel 3.10.1.2.

3.10.7 Messköpfe für Quantumstrahlung

Grundlagen

Quantumstrahlung ist der Teil des sichtbaren Lichtes, der vom Chlorophyll der Pflanzen absorbiert wird. Für die Produktivität der Photosynthese ist die Anzahl der absorbierten Photonen ausschlaggebend. Deshalb wird nicht die Bestrahlungsstärke in W/m^2 gemessen, sondern die Photonenstromdichte in $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$.

Auswahl, Produktübersicht

Fühlertyp	Spektrale Empfindlichkeit	Maximum	Messbereich
FLA623PS	380 bis 720 nm	420 und 700 nm	1 bis ca. 3000 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$
FLA603PS4	400 bis 700 nm	siehe Abb. 3.10.40	0,0002 bis 3,8 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$
FLA603PS5	400 bis 700 nm	siehe Abb. 3.10.40	0,2 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$ bis 7 $\text{mmol/m}^2\text{s}$

Anwendungsbereiche

FLA623PS	Zur Beurteilung der Entwicklungsbedingungen von Pflanzen im Freiland und Gewächshaus.
FLA603PS4/PS4WG	Messung photosynthetisch wirksamer Bestrahlungsstärken Messung des Restlichtes (Dämmerung, künstliche Beleuchtung)
FLA603PS5/PS5WG	Messung photosynthetisch wirksamer Bestrahlungsstärken Messung im Gewächshausbereich bei Tageslicht

3.10.7.1 Quantum-Messkopf FLA 623 PS

Messprinzip

Siehe Kapitel 3.10.1.1.

Fühlereigenschaften



Abb. 3.10.37
Quantum-Messkopf FLA 623 PS

Ausstattung

Diese Gehäusebaureihe ist für Innenanwendungen geeignet. Das Gehäuse aus Aluminium ist für Langzeitanwendung kratzfest schwarz eloxiert und ist mit einem seitlich angeordneten Einbaustecker zum Anstecken des ALMEMO® Anschlusskabels versehen.

Es besitzt ein flaches Lichteintrittsfenster aus Teflon (PTFE). Das Material ist UV-durchlässig und langzeitstabil gegenüber Strahlungs- und Umwelteinflüssen.

Für den direkten Anschluss an ALMEMO® Geräte ist der UVA-Messkopf standardmäßig mit einem steckbaren ALMEMO® Anschlusskabel (Länge 2 m, optional 5 m und 10 m) versehen.

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und physikalische Dimension hinterlegt, so dass die Ausgangsspannung des Sensors (0 bis 2V) als Anzeigewert die Photonenstromdichte in $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ zur Verfügung steht.

Der Fühler wird mit einem Werksprüfschein ausgeliefert.

Programmierung

Messkanal	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. Kanal	Quantum-Strahlung bis ca. 3000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$	0,1 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$

Technische Daten

Messbereich	1 bis ca. 3000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$
spektrale Empfindlichkeit	380 nm bis 720 nm, Maximum bei 420 und 700 nm
Diffusor	PTFE
cos-Korrektur	Fehler $f_2 < 3\%$
Linearität	$< 1\%$
absoluter Fehler	$< 10\%$
Nenntemperatur	$22^\circ\text{C} \pm 2 \text{ K}$
Arbeitstemperatur	-20°C bis $+60^\circ\text{C}$
Signalausgang	0 bis 2 V
Einschaltzeit	$< 1 \text{ s}$
Energieversorgung	über ALMEMO® Stecker, (5 bis 15 V DC)
Elektrischer Anschluss	Einbaustecker, seitlich
Anschluss-Kabel	PVC-Kabel, steckbar, mit ALMEMO® Stecker
Gehäuse	Aluminium, schwarz eloxiert
Befestigung	2 Schrauben M2 in der Bodenplatte
Gewicht	ca. 50 g (ohne Kabel)

Spektrale Empfindlichkeit

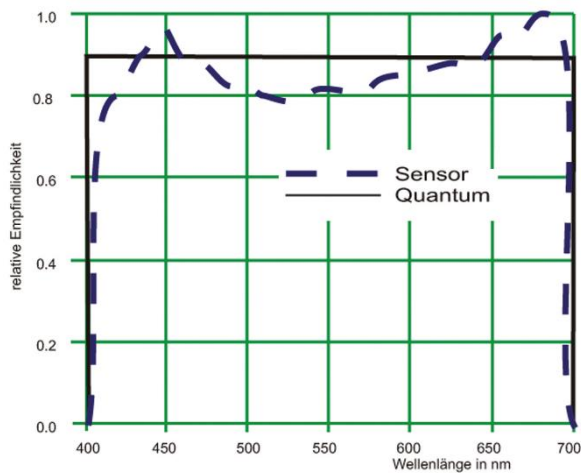
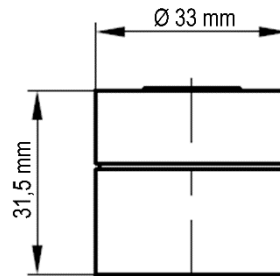


Abb. 3.10.38 spektrale Empfindlichkeit des FLA 623 PS

Abmessungen

Durchmesser 33 mm

Höhe ca. 32 mm



Handhabung

Messgenauigkeit erhöhen

Siehe Kapitel 3.10.1.2.

Fühlerschutz

Siehe Kapitel 3.10.1.2.

3.10.7.2 Photosynthese Messkopf FLA 603 PS4/ PS4WG/ PS5/ PS5WG

Fühlereigenschaften



Abb. 3.10.39
Photosynthese Messkopf FLA 603 PSxxx

Ausstattung

Für den direkten Anschluss an ALMEMO® Geräte ist der UVA-Bestrahlungsstärke-Messkopf standardmäßig mit einem ALMEMO® Anschlusskabel (Länge ca. 1,5 m, andere Längen auf Anfrage) versehen.

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und

physikalische Dimension hinterlegt, so dass das Ausgangssignal des Sensors als Anzeigewert Photonenstromdichte in $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ zur Verfügung steht.

Die Messwerte können auf verschiedene ALMEMO® Messkanäle mit unterschiedlicher Empfindlichkeit aufgeteilt werden.

Messgeometrie mit Cosinus Diffusor statt einfacher Streuscheibe für höchste Qualitätsansprüche.

Wasserdichte Ausführungen dieses Fühlers mit transparentem Quarzdom (siehe Abbildung 3.10.39) sind erhältlich.

Der Fühler wird mit einem Werks-Kalibrierzertifikat ausgeliefert.

Ausführungen

Fühlertyp	Messbereich	Spektrale Empfindlichkeit	Art der Strahlung
FLA603PS4	0,2 nmol/m ² s bis 3,8 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$	400 bis 700 nm	Photosynthetisch wirksame Strahlung
FLA603PS4WG	0,2 nmol/m ² s bis 3,8 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$	400 bis 700 nm	Photosynthetisch wirksame Strahlung, wasserdichte Ausführung mit transparentem Quarzdom
FLA603PS5	200 nmol/m ² s bis 7 mmol/m ² s	400 bis 700 nm	Photosynthetisch wirksame Strahlung
FLA603PS5WG	200 nmol/m ² s bis 7 mmol/m ² s	400 bis 700 nm	Photosynthetisch wirksame Strahlung, wasserdichte Ausführung mit transparentem Quarzdom

Programmierung

Für FLA603PS4 / PS4WG

Messkanal	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. bis 3. Kanal	Photosynthetische Bestrahlungsstärke aufgeteilt 0,2 nmol/m ² s bis 3,8 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$	kleinste Auflösung 0,2 nmol/m ² s

Für FLA603PS5 / PS5WG

Messkanal	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. bis 3. Kanal	Photosynthetische Bestrahlungsstärke aufgeteilt 0,2 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ bis 7 mmol/m ² s	kleinste Auflösung 0,1 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$

Technische Daten

Messbereich	
FLA603PS4	0,2 nmol/m ² s bis 3,8 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$
FLA603PS4WG	0,2 nmol/m ² s bis 3,8 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$
FLA603PS5	200 nmol/m ² s bis 7 mmol/m ² s
FLA603PS5WG	200 nmol/m ² s bis 7 mmol/m ² s
Spektrale Empfindlichkeit	400 bis 700 nm
max. cos-Abweichung	< 5%
cos-Diffusor	Ø 15 mm
Arbeits- / Lagertemperatur	0 bis 60°C / -10 bis +80°C
Feuchtigkeitsbereich	10 bis 90% nicht kondensierend

Spektrale Empfindlichkeit

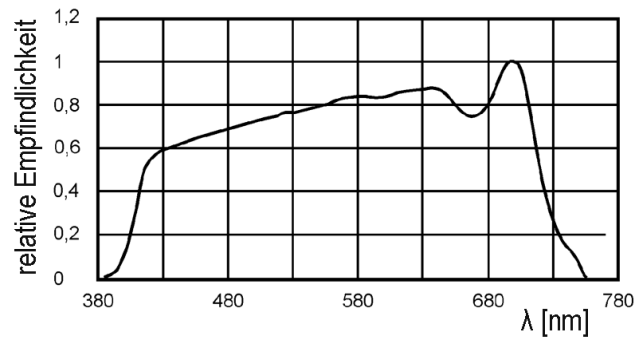


Abb. 3.10.40 Spektrale Empfindlichkeit des FLA 603 PSxxx

Abmessungen

Durchmesser: 37 mm

Höhe: 35 mm

3.10.8 Messköpfe für Leuchtdichte

Auswahl, Produktübersicht

Fühlertyp	Messbereich
FLA603LDM2	Leuchtdichte aufgeteilt 0,04 cd/m ² bis 6400 cd/m ²

Anwendungsbereiche

FLA603LDM2 Selbstleuchtende Flächen wie bei Farbmonitoren, alphanumerischen Anzeigen, Hinweisschildern und Leucht-Paneelen.
Reflektierende Flächen wie Wände und Einrichtungen am Arbeitsplatz, Projektionsflächen, Verkehrs- und Hinweisschilder sowie Fahrbahnen und Rollwege.

3.10.8.1 Leuchtdichte-Messkopf FLA 603 LDM2 nach DIN-Klasse B

Fühlereigenschaften

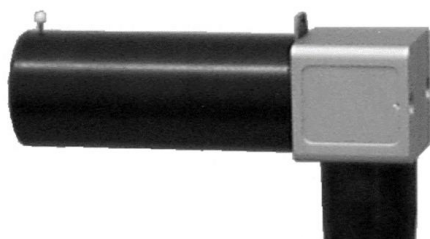


Abb. 3.10.41
Leuchtdichte-Messkopf FLA 603 LDM2

Ausstattung

Der Leuchtdichte-Messkopf mit 1° Blickfeld ist ausgestattet mit achromatisch korrigierter streulichtarmer Optik und hochwertigem V(λ)-Detektor nach DIN Klasse B.

Die äußere Visiereinrichtung ermöglicht im Arbeitsabstand von 1 m eine exakte Anpeilung des Messortes, deshalb ist der Sensor besonders geeignet zur Bewertung der Leuchtdichte für Service und Konstanzprüfungen.

Für den direkten Anschluss an ALMEMO® Geräte ist der Leuchtdichte-Messkopf standardmäßig mit einem ALMEMO® Anschlusskabel (Länge ca. 1,5 m, andere Längen auf Anfrage) versehen. Die Messwerte können auf verschiedene ALMEMO® Messkanäle mit unterschiedlicher Empfindlichkeit aufgeteilt werden. Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und physikalische Dimension hinterlegt, so dass das Ausgangssignal des Sensors als Anzeigewert Leuchtdichte in cd/cm² zur Verfügung steht.

Der Fühler wird mit einem Werks-Kalibrierzertifikat ausgeliefert.

Programmierung

Messkanal	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. bis 3. Kanal	Leuchtdichte aufgeteilt 0,04 cd/m ² bis 6400 cd/m ²	kleinste Auflösung 10 mcd/m ²

Technische Daten

Anzeigebereich	0,04 cd/m ² bis 6400 cd/m ²
kleinste Auflösung	10 mcd/m ²
Blickfeld	1°
Blickfelddurchmesser	ca. 30 mm bei 0,5 m Abstand ca. 40 mm bei 1 m Abstand ca. 120 mm bei 5 m Abstand
spektrale Anpassung	angenähert an photometrische Bewertungsfunktionen V(λ) für Tagsehen, Klasse B, besser 6%
Nenntemperatur	24°C \pm 2K
Arbeits- / Lagertemperatur	0 bis 60°C / -10 bis +80°C
Feuchtigkeitsbereich	10 bis 90% nicht kondensierend
Messfläche	21 x 21 mm bei 1 m Arbeitsabstand
erfüllte Normen	IEC 61223-2-5, DIN 5032-T.7

Abmessungen

Durchmesser	30 mm
Länge	150 mm

3.10.9 Messköpfe für Lichtstrom

Auswahl, Produktübersicht

Fühlertyp	Messbereich
FLA603LSM4	Lichtstrom 0,0002 lm bis 38 lm

Anwendungsbereiche

FLA603LSM4 Geeignet für Kaltlichtquellen, Lampen mit hoher Farbtemperatur und quasi monochromatischer Strahlung wie die von Leuchtdioden, außerdem Endoskope, Lichtwellenleiterbündel, Leuchtdioden

3.10.9.1 Lichtstrom-Messkopf FLA 603 LSM4 nach DIN-Klasse B



Fühlereigenschaften

Abb. 3.10.42
Lichtstrom-Messkopf FLA 603 LSM4

Ausstattung

Der FLA 603 LSM4 ist ein Messkopf zur Lichtstrommessung mit Ulbrichtscher Kugel. Die Beschichtung der Kugel mit BaSO₄ sorgt für diffuse Reflektivität und spektral neutrales Reflexionsverhalten.

Er erfüllt die Anforderungen der DIN-Güteklasse B.

Für den direkten Anschluss an ALMEMO® Geräte ist der Messkopf standardmäßig mit einem ALMEMO® Anschlusskabel (Länge ca. 2 m, andere Längen auf Anfrage) versehen.

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und physikalische Dimension hinterlegt, so dass das Ausgangssignal des Sensors als Anzeigewert Lichtstrom in lm (Lumen) zur Verfügung steht.

Der Fühler wird mit einem Werks-Kalibrierzertifikat ausgeliefert.

Programmierung

Messkanal	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. Kanal	Lichtstrom 0,0002 lm bis 38 lm	kleinste Auflösung 0,001 lm

Technische Daten

Anzeigebereich	0,0002 lm bis ca. 38 lm
kleinste Auflösung	0,001 lm
Empfindlichkeit	20 nA/lm
Akzeptanzwinkel	bis 90°
Genauigkeit	DIN Güteklasse B
Nenntemperatur	24°C ± 2K
Arbeits- / Lagertemperatur	0 bis 60°C / -10 bis +80°C
Einsatztemperatur	max. 100°C im Kugellinnern
Feuchtigkeitsbereich	10 bis 90% nicht kondensierend

Spektrale Empfindlichkeit

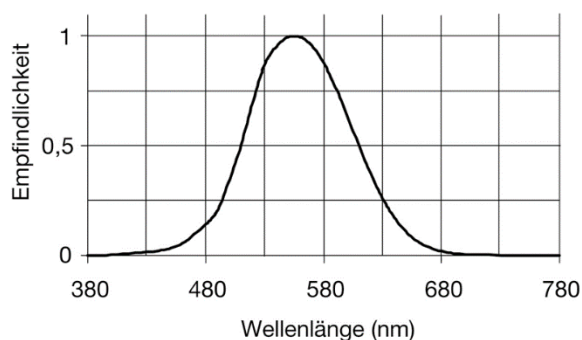
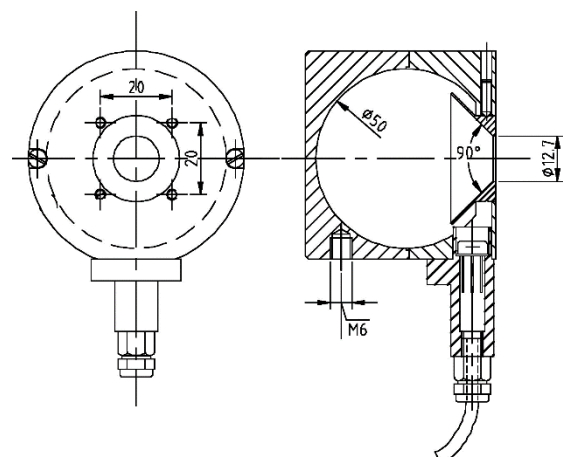


Abb. 3.10.43 Spektrale Empfindlichkeit des FLA 603 LSM4

Abmessungen

Kugellinnendurchmesser: 50 mm
Messöffnung: 12,7 mm



3.10.10 Messköpfe für Farbtemperatur

Messprinzip

Hauptbestandteil des Farbtemperatursensors ist ein Silicium-Dioden-Chip mit etwa 3 mm Durchmesser.

Der Chip hat eine Bienenwabenstruktur mit vielen Empfänger-Triplets.

Das durch einen Diffusor einfallende Licht wird durch optische Filter auf den Triplets in die zur Berechnung der Farbtemperatur nötigen RGB-Farben (Rot, Grün, Blau) aufgespalten. Der Diffusor dient dabei zur Erzeugung der Richtcharakteristik nach DIN.

Das Licht erzeugt in den Dioden drei RGB-äquivalente elektrische Ströme. Diese Ströme werden durch einen Mikroprozessor gemessen und miteinander über ein Formelwerk verrechnet.

Aus der Rechenoperation ergeben sich der Farbpunkt im RGB-Farbraum mit den Koordinaten X und Y und die dazugehörige Farbtemperatur (Correlated Color Temperature CCT in Kelvin). Da die verwendete Farbe G = Grün die spektrale Empfindlichkeit den menschlichen Auges besitzt, kann man mit dessen Signal die Beleuchtungsstärke in Lux ermitteln und auch am Display anzeigen.

Auswahl, Produktübersicht

Fühlertyp	Spektrale Empfindlichkeit	Messbereich
FLAD23CCT	380 bis 720 nm	Farbtemperatur: 54 K bis 30000 K (bei 120 lx bis 170 klx) V-Lambda: MB1: 10 bis 65000 lx MB2: 0,05 bis 170,00 klx

Anwendungsbereiche

FLAD23CCT Ermittlung der Farbtemperatur und der Beleuchtungsstärke zur Vermessung und Bewertung von Beleuchtungssystemen

3.10.10.1 Messkopf für Farbtemperatur und Beleuchtungsstärke FLAD 23 CCT

Fühlereigenschaften



Abb. 3.10.44
Messkopf für Farbtemperatur und Beleuchtungsstärke
FLAD 23 CCT mit ALMEMO® Stecker

Ausstattung

Der D6-Farbtemperaturfühler FLAD23CCT ist mit einem TrueColorSensorchip und integriertem Signalprozessor ausgestattet. Die drei Farbsensoren sind an die Normalspektralkurven nach CIE bzw. DIN angepasst.

Der Fühler wird mit einem Hersteller-Prüfschein geliefert.

Für den direkten Anschluss an ALMEMO® Geräte ist der Messkopf standardmäßig mit einem ALMEMO® Anschlusskabel (Länge ca. 1,5 m) versehen.

Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und physikalische Dimension hinterlegt, so dass das Ausgangssignal des Sensors als Anzeigewert Farbtemperatur in Kelvin und Beleuchtungsstärke in Lux zur Verfügung steht.

Programmierung

Messbereiche bei Auslieferung

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
Farbtemperatur (CCT)	B-01	DIGI	0	bis 30000	K	1 K
Beleuchtungsstärke (Illumin.)	B-02	DIGI	0	bis 65000	Lx	1 lx

Konfigurierbare Messbereiche

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
Farbtemperatur (CCT)	B-01	DIGI	0	bis 30000	K	1 K
Beleuchtungsstärke (Illumin.)	B-02	DIGI	0	bis 65000	Lx	1 lx
Beleuchtungsstärke (Illumin.)	B-03	DIGI	-2	bis 170,00	kL	0,01 klx
X-Wert	B-04	DIGI	-4	bis 1,0000	X	0,0001
Y-Wert	B-05	DIGI	-4	bis 1,0000	Y	0,0001

Technische Daten

Spektrale Empfindlichkeit	380 nm bis 720 nm
Sensorsystem	TrueColor (MAZET), 3 Sensoren auf 1 Chip
Verstärker-IC	8 Stufen mit automatischer Anpassung
Messbereich Farbtemperatur CCT	54 K bis 30000 K (bei 120 lx bis 170 klx)
Genauigkeit	< 10% (im Bereich 1600 K bis 17000 K)
Koordinatenauflösung (dx, dy)	< 0,005
Messbereich V-Lambda	MB1: 10 bis 65000 lx (Werkseinstellung)
	MB2: 0,05 bis 170,00 klx
Genauigkeit	< 10% (im Bereich 120 lx bis 170 klx)
Cos-Korrektur	8 mm Streuscheibe
Cos-Fehler	< 3%
Messzeit	< 3 s
Nennbedingungen	23°C ± 3 K, 0 bis 90% rH (nicht kondensierend)
Arbeitstemperatur	-10°C bis +40°C
ALMEMO® Anschlusskabel	fest angeschlossenes Kabel 1,5 m mit ALMEMO® D6-Stecker
ALMEMO® D6-Stecker	
Refreshrate	1,5 s für alle Kanäle
Einschwingzeit	3 s (Beim Datenloggerbetrieb im Sleepmode ist eine Sleepverzögerung von 3 s zu programmieren)
Versorgungsspannung	6 bis 13 V DC
Stromverbrauch	ca. 4 mA

Spektrale Empfindlichkeit

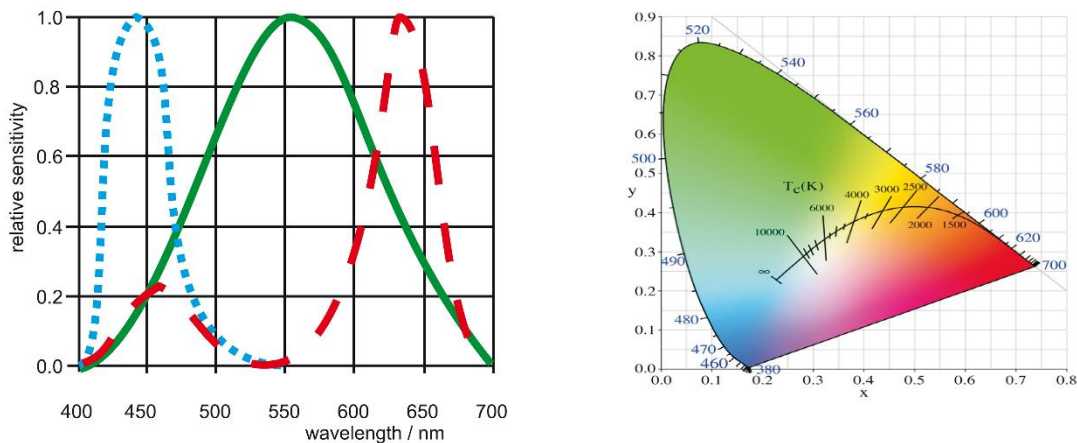
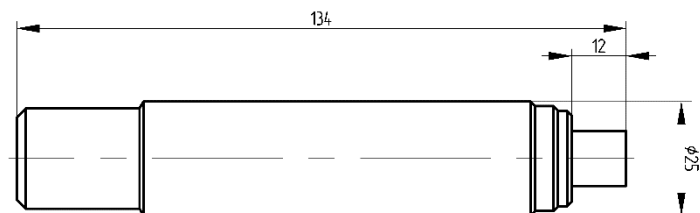


Abb. 3.10.45 Spektrale Empfindlichkeit (links). Rechts sieht man die Messwerte x und y und die daraus bestimmte Farbe

Abmessungen

Durchmesser: 25 mm

Länge: 134 mm



3.10.11 Radiometrische Messköpfe

Auswahl, Produktübersicht

Fühlertyp	Spektrale Empfindlichkeit	Messbereich
FLA603RW4	400 bis 800 nm	40 nW/cm ² bis 7 mW/cm ²

3.10.11.1 Radiometrischer Messkopf FLA 603 RW4 zur Messung der Bestrahlungsstärke

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Der Messkopf FLA 603 RW4 besitzt eine Messgeometrie mit Cosinus-Diffusor statt einfacher Streuscheibe. Für den direkten Anschluss an ALMEMO® Geräte ist er standardmäßig mit einem ALMEMO® Anschlusskabel

(Länge ca. 1,5 m, andere Längen auf Anfrage) versehen.

Die Messwerte können auf verschiedene ALMEMO® Messkanäle mit unterschiedlicher Empfindlichkeit aufgeteilt werden. Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich, Skalierung und physikalische Dimension hinterlegt, so dass das Ausgangssignal des Sensors als Anzeigewert Bestrahlungsstärke in mW/cm^2 zur Verfügung steht.

Der Fühler wird mit einem Werks-Kalibrierzertifikat ausgeliefert.

Programmierung

Messkanal	ALMEMO® Messbereich	Auflösung
1. bis 3. Kanal	Bestrahlungsstärke aufgeteilt $40 \text{ nW}/\text{cm}^2$ bis $7 \text{ mW}/\text{cm}^2$	kleinste Auflösung $10 \text{ nW}/\text{cm}^2$

Technische Daten

Messbereich	$40 \text{ nW}/\text{cm}^2$ bis $7 \text{ mW}/\text{cm}^2$
Spektrale Empfindlichkeit	400 bis 800 nm
max. cos-Abweichung	< 5%
cos-Diffusor	Ø 15 mm
Arbeits-/Lagertemperatur	0° bis $+60^\circ\text{C}$ / -10° bis $+80^\circ\text{C}$
Feuchtigkeitsbereich	10 bis 90% nicht kondensierend

Spektrale Empfindlichkeit

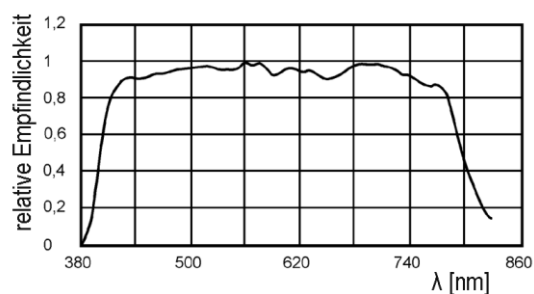


Abb. 3.10.46 Spektrale Empfindlichkeit des FLA 603 RW4

Abmessungen

Durchmesser:	37 mm
Höhe:	50 mm

3.11 Wasseranalytik - pH, Redox, Leitfähigkeit, Sauerstoff

Auswahl, Einsatz

pH-Elektroden	<p>Der pH-Wert ist ein logarithmisches Maß für die Konzentration der H^+-Ionen in einer wässrigen Lösung und beschreibt damit in Zahlenwerten, ob diese sauer, neutral oder alkalisch reagiert.</p> <p>Die pH-Skala reicht von pH 0 bis pH 14, pH 7 ist neutral. Je weiter der pH-Wert von 7 abweicht, desto aggressiver ist die Probe. Pro pH-Einheit nimmt die saure oder basische Wirkung um einen Faktor 10 zu.</p>
Redox-Elektroden	<p>Die Höhe des Redoxpotentials (gemessen in mV) besagt, wie stark die Messlösung oxidierend oder reduzierend wirkt.</p> <p>Ein negativer Spannungswert bedeutet, dass die Lösung reduzierend gegenüber einer Normalwasserstoffelektrode ist. Ein positiver Wert zeigt an, dass die Lösung oxidierend wirkt.</p> <p>Da die Abtötung von Mikroorganismen (Desinfektion) in direktem Zusammenhang mit der Oxidationskraft (von z.B. Chlor) steht, wird das Redoxpotential erfolgreich zur Überwachung von Desinfektionsverfahren z.B. in Bädern benutzt. Auch zur Kontrolle der Denitrifikation von Abwässern (Redoxknickpunktbestimmung), bei der Entgiftung im Galvanikbetrieb und zur Überwachung vielfältiger chemischer Prozesse (z.B. Cyanidoxidation oder Chromatreduktion) werden Redox-Messungen durchgeführt.</p>
Leitfähigkeits-Elektroden	<p>Die Leitfähigkeit (Einheit S/m = Siemens/Meter) ist ein Maß für die Ionenkonzentration in einer Messlösung. Sie ist umso größer, je mehr Salz, Säure oder auch Base eine Messlösung enthält.</p> <p>Reinstwässer haben eine Leitfähigkeit von etwa 0,05 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (bei 25°C), natürliche Wässer etwa 100 - 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, einige Basen (z.B. Kaliumhydroxidlösungen) bis knapp über 1000 mS/cm.</p> <p>In der Praxis dient die Leitfähigkeitsmessung zur Überwachung von Anlagen, zur Herstellung von Reinstwässern oder zur Bestimmung der Salinität von Meerwasser.</p>
Elektrode zur Messung des gelösten Sauerstoffs	<p>Sauerstoff ist nicht nur Bestandteil der Luft, sondern kommt auch gelöst in Wasser und praktisch jeder Flüssigkeit vor. Zum Beispiel enthält Wasser bei einer Temperatur von 20°C und einem Luftdruck von 1013 mbar im gesättigten Zustand etwa 9 mg/l Sauerstoff.</p> <p>Jede Flüssigkeit nimmt so viel Sauerstoff auf, bis der Partialdruck des Sauerstoffes in der Flüssigkeit und der mit ihr im Kontakt stehenden Luft gleich ist.</p> <p>Die aktuelle Sauerstoffkonzentration steigt mit wachsendem Luftdruck und abnehmender Temperatur.</p> <p>Elektroden zur Messung des gelösten Sauerstoffs werden beispielsweise zur Erfassung des Sauerstoffverbrauchs bei mikrobiologischen Abbauprozessen oder der Sauerstoffproduktion, z.B. durch Algenwachstum eingesetzt.</p> <p>Die Sauerstoffkonzentration ist für die im Wasser lebenden Tiere und Organismen und für die biologische Klärung kommunaler und industrieller Abwässer von entscheidender Bedeutung. Auch Korrosionsprozesse in Leitungen und die Haltbarkeit von Getränken hängen vom gelösten Sauerstoff in der Flüssigkeit ab.</p>

3.11.1 Messung des pH-Werts

Messprinzip

Bei der Messung des pH-Wertes und des Redox-Potentials wird durch potentiometrische Messung die Kettenspannung zwischen zwei Elektroden bestimmt.

Grundlagen

Der pH-Wert ist ein logarithmisches Maß für die Konzentration der H^+ -Ionen in einer wässrigen Lösung und beschreibt damit in Zahlenwerten, ob diese sauer, neutral oder alkalisch reagiert. Die pH-Skala reicht von pH 0 bis pH 14, pH 7 ist neutral. Einige Beispiele für pH-Werte alltäglicher Stoffe:

Beispiele für pH-Werte verschiedener Flüssigkeiten

Messgut			pH-Wert
Wasser	Mineralwasser	Altmühltaler, still	7,3
	Mineralwasser	Astorda Elitess, mit Gas	5,2
	Leitungswasser		7,4
Getränke, alkoholfrei	Grüner Tee	1. Aufguss	6,9
	Grüner Tee	2. Aufguss	7,6
	Espresso		5,5
	Apfelsaftschorle	Comet	3,4
Bier	Weltenburger		4,5
Wein	Pinot Grigio	Valdadigo 2006	3,4
	Cabernet Sauvignon	Pinotage 2006	3,6
Früchte	Nektarine		3,9
	Kiwi		4,0
	Ananas		3,7
	Zwetschge		5,2
sonstige	Wellness Apfelessig	Holunder	2,9

pH-Messketten

Eine pH-Messkette zur pH-Messung besteht immer aus einer Messelektrode und einer Referenzelektrode, entweder in Form einer getrennten Zweistabmesskette (zwei Einzelelektroden) oder in Form der leichter zu handhabenden Einstabmesskette (siehe unten, Abb. 3.11.1).

Der eigentliche pH-sensitive Fühlerteil ist die Glasmembran der Messelektrode. Eine hier auftretende Potentialdifferenz entspricht der pH-Wert-Differenz zwischen Innenseite und Außenseite.

Im Inneren der Messelektrode befinden sich der auf pH7 gepufferte Innenelektrolyt, sowie die innere Ableitung. Die Referenzelektrode besteht aus einem Referenzelektrolyt, der äußeren Ableitung und einem Diaphragma, das die elektrolytisch leitende Verbindung zwischen Referenzelektrolyt und der Messlösung darstellt.

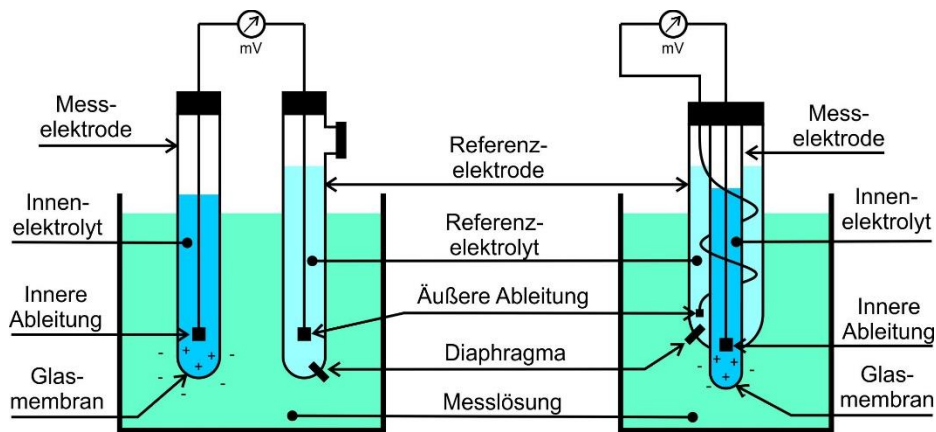


Abb. 3.11.1 Zeichnung zur Erläuterung von Ein- und Zweistabmessketten

Messsignal

Das pH-Messsignal einer pH-Messkette hat seinen theoretischen Nullpunkt bei pH 7 und ändert sich bei 25°C um 59,2 mV, wenn sich der pH-Wert der Messlösung um ein pH ändert. Bei sauren Lösungen (pH 0 bis pH 7) ist die Spannung positiv, bei alkalischen (pH 7 bis pH 14) negativ. Die Steilheit nimmt mit steigenden Temperaturen um 0,2 mV/K zu, bei fallenden entsprechend ab.

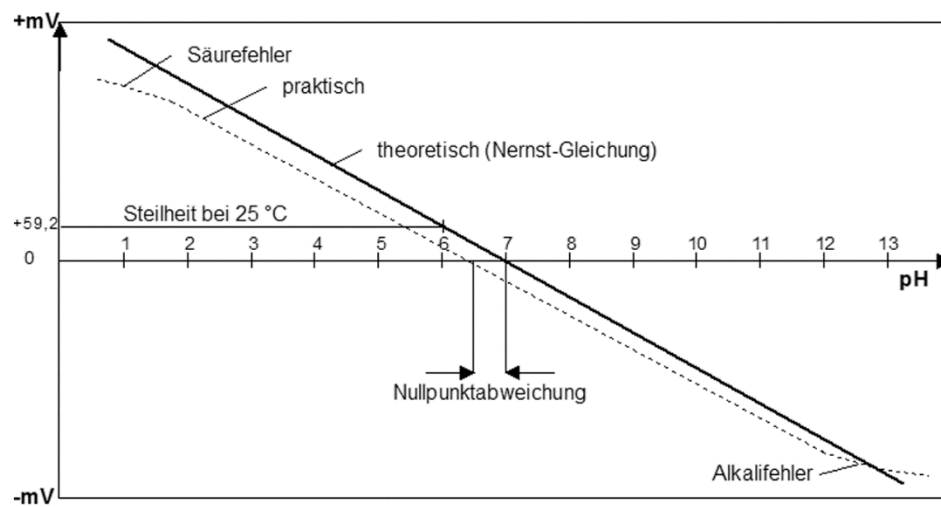


Abb. 3.11.2 Messsignal einer pH-Messkette in der Praxis und theoretisch über die Nernst-Gleichung berechnet

In der Praxis weicht das Messsignal einer pH-Messkette mehr oder weniger von der sogenannten Nernstgleichung ab:

1. Der reale Nullpunkt ist gegenüber dem theoretischen pH 7 leicht verschoben.
2. Die Steilheit kann durch Alterserscheinungen geringer sein, als der theoretische Wert.
3. Bei sehr hohen pH-Werten kann die Steilheit abnehmen. Dies wird allgemein als Alkalifehler bezeichnet und hängt von der Glassorte des Membranglases ab.
4. Bei sehr tiefen pH-Werten kann der sogenannte Säurefehler auftreten, d.h. auch hier lässt die Steilheit geringfügig nach.
5. Das Messsignal kann je nach Einsatzbedingungen noch durch viele andere Einflüsse verfälscht werden, wie z.B. Alterung, Eindringen von Messlösung in die Referenzelektrode, Ablagerungen auf der Glasmembran.

Auf Grund der Fertigungstoleranzen und der vielfältigen Einflussmöglichkeiten muss jede Messkette mit Pufferlösungen mit definiertem pH-Wert bei den angegebenen Temperaturen justiert werden.

Auswahl, Produktübersicht

pH-Sonden

Sensortyp	Messbereich	Einsatzbereich	Leitfähigkeit	Diaphragma	nachfüllbar
FY96PHEK	pH 1 ... 12	pH 0 ... 13 / 0 ... 60°C	> 150 µS / cm	Glasfaser	–
FY96PHER	pH 1 ... 12	pH 0 ... 13 / 0 ... 80°C	> 50 µS / cm	PTFE	–
FY96PHEN	pH 0 ... 12	pH 0 ... 13 / 0 ... 80°C	> 150 µS / cm	Keramik	x
FY96PHEE	pH 1 ... 12	pH 0 ... 13 / 0 ... 60°C		Keramik	x

ALMEMO® Anschlusskabel mit Messwandler

Artikelnummer	Programmiert für	Anschluss-Buchse	Stecker	siehe auch ...
ZA 9610-AKY4	pH-Elektrode	S7/SN6	Standard-Stecker	
ZA 9610-AKY6	pH- oder Redoxelektrode	S7/SN6	Standard-Stecker	
ZA 9640-AKY8	pH-Elektrode mit eingebautem Temperatursensor NTC (30 kΩ bei 25°C)	SMEK	Standard-Stecker	
ZA 9610-AKY8	pH-Elektrode	SMEK	Standard-Stecker	
ZYD7 10-AK4	pH-Elektrode	S7/SN6	D7-Stecker	Kapitel 4.7.2.2
ZYD7 40-AK4	pH-Elektrode	S7/SN6	D7-Stecker, Temperaturfühler NTC	Kapitel 4.7.2.2

Steckkopf S7/SN6: Koaxialstecker mit Verschraubung
Alle Anschlusskabel sind in den Längen 2 oder 5 m erhältlich.

Lösungen zum Nachfüllen und Justieren der pH-Elektroden

KCl-Lösung, 3-molar	ZB 98PH-NL
Pufferlösung pH 4,0	ZB 98PH-PL4
Pufferlösung pH 7,0	ZB 98PH-PL7
Pufferlösung pH 10,0	ZB 98PH-PL10

Anwendungsbereiche

FY96PHEK	Handmessungen z.B. Schwimmbad, Trinkwasser
FY96PHER	Kommunal- und Industrieabwasser, Trink- und Brauchwasser, Chemie, Papierherstellung, Lebensmittelindustrie
FY96PHEN	Handmessung im Labor
FY96PHEE	pH-Messungen in halbfesten oder pastösen Medien, z.B. Lebensmitteln wie Fleisch, Käse

Hinweise zur Messung

Achten Sie darauf, dass beim Einschrauben sowohl der pH- als auch der Redoxelektrode in den Anschlusskopf wegen des hochohmigen Signals keinerlei Feuchtigkeit in die Steckverbindung gelangt.

Galvanische Trennung

Für Anschlusskabel mit Standard-Stecker (siehe Tabelle oben) gilt:

Mit mehr als einer pH-Elektrode darf wegen fehlender galvanischen Trennung nicht gleichzeitig in einem Bad gemessen werden. Für Redoxelektroden und Leifähigkeitssonden gilt dasselbe. Die Sensoren sind jedoch so konzipiert, dass gleichzeitig Messungen sowohl mit einer pH-Elektrode, als auch einer Redoxelektrode, als auch einer Leitfähigkeitssonde in einem Bad vorgenommen werden können.

Für Anschlusskabel mit D7-Stecker (siehe Tabelle oben) gilt:

Es besteht eine galvanische Trennung zum ALMEMO® V7-Messgerät. Deshalb können mehrere pH-Sonden in derselben Probenlösung an einem Messgerät ohne Beeinflussung untereinander betrieben werden.

Justierung für ALMEMO® Anschlusskabel mit Standard-Stecker (ZA 96x0-AKYx)

Nach Anstecken des ALMEMO® Steckers an das Messgerät ist das Messsystem einsatzbereit. Den Einsatzbedingungen entsprechend sollte jedoch der Sensor in regelmäßigen Abständen neu justiert werden. Zur Justierung der pH-Elektroden bieten wir als Zubehör drei Pufferlösungen an. Die Messgenauigkeit wird letztendlich auch durch die Genauigkeit und Reinheit der Pufferlösung bestimmt.

- ZB 98 PHPL4: pH 4 ($\pm 0,05$ pH bei 25°C)
- ZB 98 PHPL7: pH 7 ($\pm 0,05$ pH bei 25°C)
- ZB 98 PHPL10: pH 10 ($\pm 0,05$ pH bei 25°C)

Die Pufferlösung mit pH7 wird für die Nullpunktkorrektur benutzt.

Bei Auslieferung ist in den Steckern der Sensoren als Dimension 'PH' oder 'pH' hinterlegt. Diese Angabe bewirkt, dass nicht nur eine automatische Nullpunktkorrektur, sondern auch eine automatische Steigungskorrektur möglich ist. Bei der Justierung darf der Verriegelungsmodus für die Korrekturwerte nicht höher als 3 eingestellt sein. Danach sollte die Verriegelung wieder auf 5 zurückgesetzt werden.

Um einfach in den Abgleichmodus zu kommen und den Abgleich durchzuführen, gibt es bei den einzelnen Geräten verschiedene Tastenkombinationen (siehe Gerätebedienungsanleitungen Kapitel 'Fühlerabgleich' oder Handbuch Kapitel 6.4.2).

Zuerst erfolgt immer die Nullpunktkorrektur mit der Pufferlösung pH7.

Nullpunktkorrektur:

1. pH-Elektrode in Pufferlösung pH 7 halten.
2. Stabilisierung des Messwertes abwarten.
3. Nullpunktabgleich durchführen (siehe Bedienungsanleitung des jeweiligen Messgeräts). Der Nullpunktfehler wird automatisch im Stecker abgespeichert. Das Gerät zeigt exakt "7,00 PH" an.
4. Sensor nach Möglichkeit mit destilliertem Wasser spülen.
5. Sensor mit einem weichen, fusselfreien Papiertuch abtupfen.

Sensor NICHT reiben! Dies kann sonst zu elektrostatischen Aufladungen und somit zu Messwertverfälschungen führen.

Steigungskorrektur:

1. pH-Elektrode in Pufferlösung pH4 für saure oder pH10 für basische Messlösungen halten.
2. Stabilisierung des Messwertes abwarten.
3. Steigungsabgleich durchführen (siehe Bedienungsanleitung des jeweiligen Messgeräts). Die Steigung wird neu berechnet und gespeichert, der Sensor ist jetzt exakt abgeglichen.
4. Sensor spülen und abtupfen (siehe oben).

Bei Verwendung falscher Pufferlösungen oder verbrauchter Sensoren, kann es sein, dass der Abgleich keine richtigen Korrekturwerte mehr liefert. In diesem Fall können mit der Funktion 'Messwert nullsetzen' (siehe Gerätebedienungsanleitung) die Standardwerte (Steigungskorrektur -0,1689, Basiswert -7,00) wieder hergestellt werden.

Messung des pH-Werts

Justierung für ALMEMO® Anschlusskabel mit D7-Stecker (ZAD7 x0-AK4)

Die Justierung kann über das Sensor-Menü vorgenommen werden, siehe Kapitel 4.7.2.2.

Messung

1. Sensor in die Messlösung tauchen und etwas schwenken. Die Elektrode muss soweit eintauchen, dass mindestens das Diaphragma mit Messlösung bedeckt ist.
2. Wenn ein stabiler Messwert erreicht ist, Wert ablesen und registrieren.
3. Sensor abspülen und feucht in KCL-Lösung lagern.

Temperaturkompensation für ALMEMO® Anschlusskabel mit Standard-Stecker (ZA 96x0-AKYx)

Die Berechnung des pH-Wertes basiert auf der Elektrodensteilheit bei 25°C oder nach einer Justierung auf der Steilheit bei der Pufferlösungstemperatur. Weicht die Temperatur des Messmediums stark von der Referenztemperatur ab, dann ist bei allen ALMEMO® Geräten eine Temperaturkompensation möglich. Mit Hilfe des Bezugskanals ist jeder beliebige Temperaturfühler mit Auflösung 0,01°C (Ntc oder P204) zur Kompensation verwendbar (siehe Kapitel 6.3.4). Bei Dauermessungen muss jedoch durch eine Messstellenabfrage (zyklisch oder kontinuierlich) dafür gesorgt werden, dass der Temperaturmesswert laufend aktualisiert wird.

Bei den meisten Geräten kann die Kompensationstemperatur (siehe Bedienungsanleitung der Geräte) auch manuell eingegeben werden. Der pH-Wert wird dann mit der eingegebenen Temperatur kompensiert. Die Programmierung ist in der Bedienungsanleitung des jeweiligen Gerätes beschrieben.

Temperaturkompensation für ALMEMO® Anschlusskabel mit D7-Stecker (ZAD7 x0-AK)

Die Temperaturkompensation kann über das Sensormenü geschehen, siehe Kapitel 4.7.2.2. Es kann entweder manuell ein Temperaturwert zur Kompensation eingetragen oder auf einen externen Ntc-Fühler Bezug genommen werden.

Wartung

Lagerung von pH- und Redox-Elektroden

Die pH- und Redox-Einstabmessketten müssen ausschließlich feucht gelagert werden. Dazu etwas 3-molare KCL-Lösung in die Schutzkappen gießen und diese auf den Sensor schieben.

Lebensdauer

Die Sensoren unterliegen auch bei sachgemäßer Handhabung einer natürlichen Alterung. Je nach Einsatzzweck lässt sich eine Lebensdauer zwischen einem halben und max. drei Jahren angeben. Im Einzelfall, insbesondere bei extremen Einsatzbedingungen, kann die Lebensdauer auf Tage reduziert sein.

Reinigung und Pflege

Die Sensoren sollten regelmäßig (ca. einmal im Monat) einer Sichtprüfung unterzogen und gegebenenfalls gereinigt werden. Lassen sich die Verunreinigungen auf der Glasmembran nicht durch ein feuchtes Tuch entfernen, dürfen folgende Reinigungsmittel verwendet werden:

Art der Ablagerung	Reinigungsmittel	Dauer der Einwirkung
Allgemeine Ablagerungen	Nicht scheuernde Haushaltsreiniger	
Kalk oder Metallhydroxide	verdünnte Salzsäure (ca. 0,1% - 3%)	1-5 Min
Öle, Fette	Lösungsmittel, wie Alkohol oder Aceton	
Biologische Beschichtungen	Lösung aus verdünnter Salzsäure und Pepsin	einige Stunden

Grundsätzlich muss nach jeder Reinigung ausreichend gespült werden.

3.11.1.1 FY96PHEK

Fühlereigenschaften



Abb. 3.11.3
pH-Elektrode FY96PHEK

Ausstattung

Gelgefüllte, nicht nachfüllbare pH-Elektrode mit Kunststoffschacht und Glasfaser-Diaphragma.

Messwandlerkabel ZA9610AKY4 oder ZYD7x0AK4 (siehe Kapitel ‚Auswahl, Produktübersicht‘ oben) sind für alle gängigen Elektroden mit Koaxialstecker lieferbar. Um das Messsignal durch das Messgerät nicht zu verfälschen, ist bei pH-Messketten ein extrem hochohmiger Messverstärker ($>500 \text{ G}\Omega$) im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels integriert.

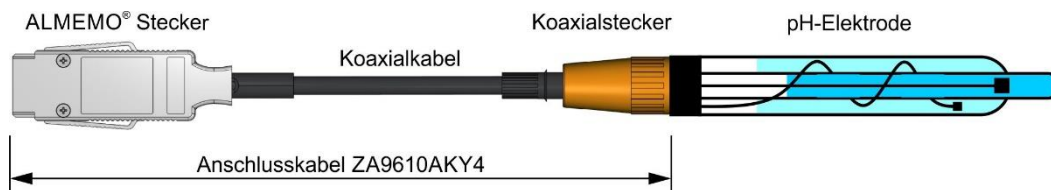


Abb. 3.11.4 pH-Elektrode mit Anschlusskabel ZA 9610-AKY4

Programmierung

Anschlusskabel ZA9610AKY4

Um eine Darstellung des pH-Wertes mit zwei Nachkommastellen gemäß der Nernstgleichung bei einem Messbereich von 2,6000 V zu erreichen, ist der Stecker des Anschlusskabels ZA9610AKY4 standardmäßig wie folgt programmiert.

Bereich	Dimension	Steigungskorrektur	Basiswert	Exponent	Verriegelungsmodus
d2600	PH	-0,1689 100 (1,00pH) : 592 (59,2mV)	- 7.00	2	5

Programmierung Anschlusskabel ZYD7x0AK4

Siehe Kapitel 4.7.2.2.

Technische Daten

pH-Elektrode FY96PHEK

Messbereich	pH 1 bis 12
Einsatzbereich	pH 0 bis 13 / 0° bis 60°C
Max. Druck	druckloser Betrieb
Leitfähigkeit	$> 150 \mu\text{S/cm}$
Diaphragma	Glasfaser
Referenz	Ag/AgCl (3mol KCl / Gel)
Elektrodenkopf	Steckkopf SN6

Messung des pH-Werts

Messwandler im ALMEMO® Anschlusskabel ZA9610AKY4

Messbereich	pH 0,00 bis 14,00
Eingangswiderstand	> 500 GΩ
Verstärkung	1
Potential der Referenzelektrode gegenüber GND	< 2 V
Stromverbrauch	< 1 mA
Leitungslänge	< 100 m

Technische Daten ALMEMO® Anschlusskabel ZYD7x0AK4

Messbereiche	
pH	0,00 bis 14,00 pH
Redox	-1100,00 bis +1100,00 mV
Temperatur	-50,00 bis +125,00°C
AD-Wandler	Delta-Sigma
Genauigkeit	
pH/Redox	0,02% v. Mw. ± 2 Digit
Temperatur	±0,05 K im Bereich -50,00 bis +100,00°C
Temperaturdrift	max. 40 ppm/K
Nenntemperatur	23°C ± 2 K
Einsatzbereich	-10 bis +60°C
	10% bis 90% rH (nicht kondensierend)
Refreshrate	0,8 s
Versorgungsspannung	6, 9, 12 V aus dem ALMEMO® Messgerät
Stromverbrauch	ca. 8 mA
Steckerfarben	Gehäuse rubinrot, schwarze Hebel

Abmessungen

Schaftlänge 125 ± 3 mm

Kunststoffschaftdurchmesser 12 mm (Material Polycarbonat)

3.11.1.2 FY96PHER

Fühlereigenschaften

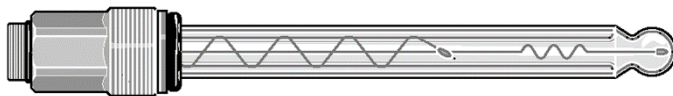


Abb. 3.11.5 pH-Elektrode FY96PHER

Ausstattung

Polymergefüllte, nicht nachfüllbare pH-Elektrode mit Glasschaft, PTFE – Ringdiaphragma und Einschraubgewinde PG13,5.

Anschlusskabel siehe 3.11.1.1.

Programmierung

Siehe Kapitel 3.11.1.1.

Technische Daten

pH-Elektrode FY96PHER

Messbereich	pH 1 bis 12
Einsatzbereich	pH 0 bis 13 / 0° bis 80°C
max. Druck	6 bar
Leitfähigkeit	> 50 $\mu\text{S} / \text{cm}$
Diaphragma	PTFE-Ringdiaphragma
Referenz	Ag mit AgCl-Vorrat (3 mol KCl / Polymer)
Elektrodenkopf	Steckkopf SN6

Technische Daten zum Messwandler im ALMEMO® Anschlusskabel ZA9610AKY4

Siehe Kapitel 3.11.1.1.

Technische Daten zum ALMEMO® Anschlusskabel ZYD7x0AK4

Siehe Kapitel 4.7.2.2.

Abmessungen

Einbaulänge $120 \pm 3 \text{ mm}$

Durchmesser 12 mm (Material Glas)

Einschraubgewinde PG 13,5

Handhabung

Fühlerschutz

Nicht für chlor- / fluoridhaltige Medien oder Messungen bei häufigen Temperaturschwankungen geeignet.

3.11.1.3 FY96PHEN

Fühlereigenschaften



Abb. 3.11.6 pH-Elektrode FY96PHEN

Ausstattung

KCl-nachfüllbare pH-Elektrode mit Glasschaft, Nachfüllstutzen, Keramikdiaphragma.

Anschlusskabel siehe 3.11.1.1.

Programmierung

Siehe Kapitel 3.11.1.1.

Messung des pH-Werts

Technische Daten

pH-Elektrode FY96PHEN

Messbereich	pH 0 bis 12
Einsatzbereich	pH 0 bis 13 / 0° bis 80°C
max. Druck	druckloser Betrieb
Leitfähigkeit	> 150 µS/cm
Diaphragma	Keramik - Diaphragmen
Referenz	Ag/AgCl – Vorrat (3mol KCl / flüssig) KCl-Elektrolyt nachfüllbar
Elektrodenkopf	Steckkopf SN6

Technische Daten zum Messwandler im ALMEMO® Anschlusskabel ZA9610AKY4

Siehe Kapitel 3.11.1.1.

Technische Daten zum ALMEMO® Anschlusskabel ZYD7x0AK4

Siehe Kapitel 4.7.2.2.

Abmessungen

Schaftlänge 160 ± 3 mm

Durchmesser 12 mm (Material Glas)

3.11.1.4 FY96PHEE

Fühlereigenschaften



Abb. 3.11.7 pH-Elektrode FY96PHEE

Ausstattung

KCL-nachfüllbare pH-Einstichelektrode mit Glasschaft, Keramikdiaphragma

Anschlusskabel siehe 3.11.1.1.

Programmierung

Siehe Kapitel 3.11.1.1.

Technische Daten

pH-Elektrode FY96PHEE

Messbereich	pH 1 bis 12
Einsatzbereich	pH 0 bis 13 / 0° bis 60°C
max. Druck	druckloser Betrieb
Diaphragma	3 Keramikdiaphragmen
Referenz	Ag/AgCl – Vorrat (3mol KCl / flüssig) KCl-Elektrolyt nachfüllbar
Elektrodenkopf	Steckkopf SN6

Technische Daten zum Messwandler im ALMEMO® Anschlusskabel ZA9610AKY4

Siehe Kapitel 3.11.1.1.

Technische Daten zum ALMEMO® Anschlusskabel ZYD7x0AK4

Siehe Kapitel 4.7.2.2.

Abmessungen

Schaftlänge 120 ± 3 mm

Einstechspitze ca. 45 mm, Ø 6 bis 8 mm

3.11.2 Messung des Redox - Potentials**Grundlagen**

Die Höhe des Redox-Potentials (gemessen in mV) ist ein Maß dafür, wie stark die Messlösung oxidierend oder reduzierend wirkt. So ist eine Fülle von chemischen Prozessen (z.B. Cyanidoxidation oder Chromatreduktion) zu überwachen. Da die Abtötung von Mikroorganismen (Desinfektion) in direktem Zusammenhang mit der Oxidationskraft (von z.B. Chlor) steht, wird das Redoxpotential erfolgreich zur Überwachung von Desinfektionsverfahren benutzt.

Zur Messung wird das Potential einer Edelmetallelektrode (Platin oder Gold) gegen eine Referenzelektrode erfasst. Statt Zweistabmessketten werden meist die einfacher zu handhabenden Einstabmessketten verwendet.

Auswahl, Produktübersicht

Sensortyp	Messbereich	Einsatzbereich	Leitfähigkeit	Diaphragma	Metallelektrode
FY96RXEK	± 1000 mV	0 bis 60°C	> 150 μ S/cm	Glasfaser	Platin

ALMEMO® Anschlusskabel mit Messwandler

für Sensoren mit Steckkopf S7/SN6 (Koaxialstecker mit Verschraubung):

Programmierung für Redox-Elektroden ZA 9610-AKY5, ZYD7 10-AK5 (siehe Kapitel 4.7.2.2)

Programmierung für pH- oder Redox-Elektroden ZA 9610-AKY6 (siehe Kapitel 3.11.1)

Lösungen zum Nachfüllen und Justieren von Redox-Elektroden

KCl-Lösung, 3-molar

ZB 98PH-NL

Redox-Pufferlösung Redox 220 mV gegen Pt-Ag/AgCl

ZB 98RX-PL2

Anwendungsbereiche

FY96RXEK

Handmessungen z.B. Schwimmbad, Trinkwasser

Hinweise zur Messung

Achten Sie darauf, dass beim Einschrauben der Redox-Elektrode in den Anschlusskopf wegen des hochohmigen Signals keinerlei Feuchtigkeit in die Steckverbindung gelangt.

Galvanische Trennung

Für Anschlusskabel mit Standard-Stecker (ZA 9610-AKYx) gilt:

Messung des Redox - Potentials

Mit mehr als einer Redox-Elektrode darf wegen fehlender galvanischen Trennung nicht gleichzeitig in einem Bad gemessen werden. Für pH-Elektroden und Leitfähigkeitssonden gilt dasselbe. Die Sensoren sind jedoch so konzipiert, dass gleichzeitig Messungen sowohl mit einer pH-Elektrode, als auch einer Redoxelektrode, als auch einer Leitfähigkeitssonde in einem Bad vorgenommen werden können.

Für Anschlusskabel mit D7-Stecker (ZYD7 10-AK5) gilt:

Es besteht eine galvanische Trennung zum ALMEMO® V7-Messgerät. Deshalb können mehrere Redox-Sonden in derselben Probenlösung an einem Messgerät ohne Beeinflussung untereinander betrieben werden.

Überprüfung

Nach dem Anschluss des Sensors an das Messgerät wird dieser in eine Redox-Pufferlösung, z.B. 220 mV (Best.-Nr.: ZB 98RXPL2), getaucht. Innerhalb von max. 30 Sekunden sollte der Wert der Pufferlösung erreicht bzw. überschritten werden. Wird der Wert nur sehr träge erreicht oder um mehr als 20 mV unterschritten, muss der Sensor gereinigt werden (siehe unten und Kapitel 3.11.1, 'Wartung'). Stellt sich auch danach kein Erfolg ein, muss der Sensor getauscht werden.

Wartung

Siehe Kapitel 3.11.1.

Die Metalloberflächen von Redoxelektroden können zusätzlich durch Schleifen und Polieren gereinigt werden. Sollte das seitlich angebrachte Keramikdiaphragma des Referenzsystems blockiert sein, kann dieses wie die Glasmembran und zusätzlich durch vorsichtiges Schaben mit dem Fingernagel, einer Rasierklinge oder einer feinen Feile gereinigt werden. Die Glasmembran darf beim Reinigen nicht zerkratzt werden.

3.11.2.1 Redox-Einstabmesskette Typ FY96RXEK

Fühlereigenschaften

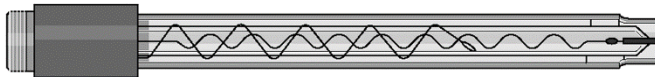


Abb. 3.11.8 pH-Elektrode FY96RXEK

Ausstattung

Nicht nachfüllbare Redox-Elektrode mit Kunststoffschacht und Glasfaser-Diaphragma.

Messwandlerkabel ZA9610AKY5 und ZYD710AK5 sind für alle gängigen Elektroden mit Koaxialstecker lieferbar. Um das Messsignal durch das Messgerät nicht zu verfälschen, ist bei Redox-Messketten ein extrem hochohmiger Messverstärker ($>500\text{ G}\Omega$) im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels integriert.

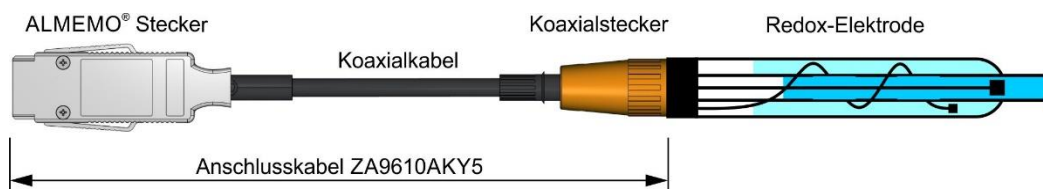


Abb. 3.11.9 Redox-Elektrode mit Anschlusskabel ZA 9610-AKY5

Programmierung

Da nur Spannungen im Bereich ± 1000 mV gemessen werden, ist die Programmierung der Stecker wie folgt.

Bereich	Dimension	Exponent	Verriegelungsmode
D2600	mV	3	5

Programmierung Anschlusskabel ZYD710AK5

Siehe Kapitel 4.7.2.2.

Technische Daten

Messbereich	± 1000 mV
Einsatzbereich	0 bis 60°C
max. Druck	druckloser Betrieb
Leitfähigkeit	$> 150 \mu\text{S/cm}$
Diaphragma	Glasfaser
Metallelektrode	Platin
Elektrodenkopf	Steckkopf SN6

Technische Daten zum Messwandler im ALMEMO® Anschlusskabel ZA9610AKY5

Eingangswiderstand	$> 500 \text{ G}\Omega$
Verstärkung	1
Potential der Referenzelektrode gegenüber GND	$< 2 \text{ V}$
Stromverbrauch	$< 1 \text{ mA}$
Leitungslänge	$< 100 \text{ m}$

Technische Daten zum ALMEMO® Anschlusskabel ZYD710AK5

Siehe Kapitel 4.7.2.2.

Abmessungen

Schaftlänge $125 \pm 3 \text{ mm}$

Durchmesser 12 mm (Material Kunststoff)

3.11.3 Leitfähigkeit

Messprinzip

Die Messung der Leitfähigkeit in Elektrolyten erfolgt über eine elektrochemische Widerstandsmessung mittels einer 2- bzw. einer 4-Elektroden-Messzelle. An die Messelektroden wird eine sinusförmige Spannung mit einer Frequenz von ca. 1 kHz angelegt. Der durch das Messobjekt fließende Strom wird in eine Spannung umgewandelt. Diese wird bei den Sonden mit Standardsteckern (FYA641) phasensynchron gleichgerichtet, geglättet und dann als Messwert angezeigt. Bei den Sonden mit digitalen D7 Steckern (FYD741) wird die Spannung über einen TRMS-Wandler gleichgerichtet, geglättet und dann einem 18-Bit-AD-Wandler zugeführt.

Grundlagen

Die Leitfähigkeit (Einheit S/m = Siemens/Meter) ist ein Maß für die Ionenkonzentration einer Messlösung. Sie ist umso größer, je mehr Salz, Säure oder auch Base eine Messlösung enthält. Reinstwasser haben eine Leitfähigkeit von etwa 0,05 $\mu\text{S/cm}$ (bei 25°C), natürliche Wässer etwa 100 - 1000 $\mu\text{S/cm}$, einige Basen (z.B. Kaliumhydroxidlösungen) bis knapp über 1200 mS/cm. Das Diagramm rechts zeigt weitere Beispiele messtechnisch relevanter wässriger Lösungen.

Temperaturkompensation

Die Leitfähigkeit κ_T ist eine temperaturabhängige Größe. Für die meisten verdünnten wässrigen Salzlösungen und natürlichen Wässer gilt im eingeschränkten Temperaturbereich eine annähernd lineare Abhängigkeit der Leitfähigkeit von der Temperatur T:

$$\kappa_T = \kappa_{25} \left(1 + \alpha \frac{(T - 25^\circ\text{C})}{100} \right)$$

Die auf 25°C bezogene Leitfähigkeit κ_{25} errechnet sich folgendermaßen:

$$\kappa_{25} = \frac{\kappa_T}{1 + \alpha \frac{(T - 25^\circ\text{C})}{100}}$$

Der Temperaturkoeffizient α beschreibt dabei die relative Änderung der Leitfähigkeit bei Änderung der Temperatur gegenüber der Referenztemperatur von 25°C.

Definition von α [%/K]:

Änderung der Leitfähigkeit in % bei Erhöhung der Temperatur um ein Kelvin, bezogen auf die Referenztemperatur 25°C.

$$\alpha = \left(\frac{\kappa_T - \kappa_{25}}{T - 25^\circ\text{C}} \right) \cdot \frac{1}{\kappa_{25}} \cdot 100$$

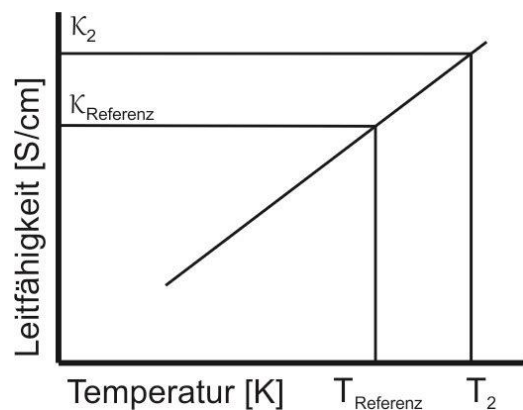


Abb. 3.11.10 Bestimmung der Leitfähigkeit bei einer beliebigen Temperatur aus der bekannten Leitfähigkeit bei einer Referenztemperatur.

Der Temperaturkoeffizient α hängt selbst ab von:

- Chemische Zusammensetzung der Lösung
- Konzentration des Elektrolyten
- Temperatur, besonders bei kleinen Leitfähigkeiten $< 1 \mu\text{S}$ und sehr hoher Leitfähigkeit

Ist der Temperaturkoeffizient einer Probe nicht bekannt, hilft eine experimentelle Bestimmung von α . Dabei werden elektrische Leitfähigkeitswerte bei $(25 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ und bei einer bekannten Temperatur $(T_2 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ ermittelt und in obestehende Gleichung eingesetzt.

Erfolgt die Messung nicht temperaturkompensiert, kann die bei bekannter Temperatur gemessene Leitfähigkeit mit Hilfe des Temperaturkoeffizienten auf die Leitfähigkeit bei 25°C umgerechnet werden.

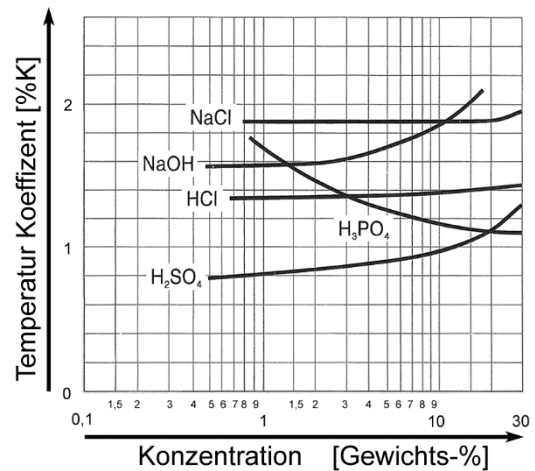


Abb. 3.11.11 Abhängigkeit des Temperaturkoeffizienten von der Konzentration verschiedener Stoffe in Wasser

Beispiele für typische Leitfähigkeiten

Destilliertes Wasser $< 5 \mu\text{S/cm}$

Regenwasser $50\text{-}100 \mu\text{S/cm}$

Trinkwasser $500 \mu\text{S/cm}$

Mineralwasser $> 1000 \mu\text{S/cm}$

Industrielles Abwasser 5 mS/cm

Meerwasser 50 mS/cm

1 mol/L NaCl 85 mS/cm

1 mol/L HCl 332 mS/cm

Auswahl, Produktübersicht

Artikelnummer	Messbereich	Stecker
FYA641LFP1	0,01 bis 20 mS/cm	Standard
FYA641LFL1	0,01 bis 10 mS/cm	Standard
FYA641LFP2	10 bis 200 $\mu\text{S/cm}$	Standard
FYA641LFL2	10 bis 200 $\mu\text{S/cm}$	Standard
FYA641LFP3	0 bis 200 mS/cm	Standard
FYD741LFP	Bereich DLF1: bis 500,00 $\mu\text{S/cm}$ Bereich DLF2: bis 50,000 mS/cm Bereich DLF3: bis 200,00 mS/cm	digitaler D7 Stecker
FYD741LFE01	Bereich DLF1: bis 500,00 $\mu\text{S/cm}$ Bereich DLF2: bis 50,000 mS/cm Bereich DLF3: bis 500,00 mS/cm	digitaler D7 Stecker

Anwendungsbereiche

FYA641LFP1, FYA641LFL1, FYA641LFP3 Abwasser konzentriert, aggressive Wässer, allgemeine wässrige und teilwässrige Medien, Bier, Emulsionen, Galvanik, Gewässer, konzentrierte Säuren und Laugen, korrosive Säuren und Laugen, Lacke und Farben, proteinhaltige Medien, Seifen, Detergenzien, Suspensionen, Titrationen in organischen Medien, Umweltanalytik

FYA641LFP2, FYA641LFL2 salzarmes Abwasser, allgemeine wässrige und teilwässrige Medien, Aquarien, Emulsionen, Entsalzung/Ionentauscher, Getränke, Gewässer, Kühl/Kesselspeisewasser, Lacke und Farben, Milch, Proben mit geringer Ionenstärke, proteinhaltige Medien, Reinstwasser, Seifen, Detergenzien, Suspensionen, Trinkwasser, Umweltanalytik

Hinweise zur Messung

Bei der Messung muss die Leitfähigkeitselektrode mindestens 30 mm eintauchen, damit die Elektroden vollständig von Flüssigkeit umspült werden.

Wartung

Geringe Verschmutzungen können mit einer weichen Bürste entfernt werden. Bei einer intensiven Reinigung stark verschmutzter Elektroden können sich die Elektrodenabstände geringfügig ändern und das Messergebnis beeinflussen.

3.11.3.1 Leitfähigkeitssonde Typ FYA641LFP1 / LFL1

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Die Sonden sind mit einer NTC Perle zur automatischen Temperaturkompensation ausgestattet. Während die Sonde FYA641LFL1 als Laborfühler eingesetzt wird, besitzt FYA641LFP1 ein Gewinde zum Einbau.

Beide Sonden werden mit 1,5 m langem Kabel und ALMEMO® Stecker geliefert. Ein Herstellerprüfschein liegt bei.

Ausführungen

Artikelnummer	Messbereich	Anwendung	Gewinde	max. Druck	Schaftlänge/-durchmesser
FYA641LFP1	0,01 bis 20 mS/cm	Einbausonde	G 3/4"	16 bar	130 mm / 20 mm
FYA641LFL1	0,01 bis 10 mS/cm	Laborsonde	—	Umgebungsdruck (drucklos)	130 mm / 10 mm

Programmierung

Für die beiden Messgrößen Temperatur und Leitfähigkeit sind im Stecker jeweils zwei Kanäle programmiert:

Sonde	Kan	Messgröße	Bereich	Auflös.	Dim	Ber	Faktor	Exp
FYA 641 LFP1	1	Temperatur T	-5 bis 70 °C	0,01	°C	Ntc	-	0
	2	Leitfähigkeit κ	0,01 bis 20 mS/cm	0,01	mS	LF	0,1	1
FYA 641 LFL1	1	Temperatur T	-5 bis 70 °C	0,01	°C	Ntc	-	0
	2	Leitfähigkeit κ	0,01 bis 10 mS/cm	0,01	mS	LF	0,1	1

Dimension und Exponent dürfen im ALMEMO® Stecker nicht verändert werden, da sie zur Kennung geräteinterner Rechenfunktionen verwendet werden!

Technische Daten

Messbereich	
FYA 641 LFP1	0,01 bis 20 mS/cm
FYA 641 LFL1	0,01 bis 10 mS/cm
Temperaturfühler	NTC, Typ N (10 k Ω bei 25°C)
Temperaturkompensation	0 bis 70°C, automatisch
Kompensationskoeffizient	1,9 linear
Zellenkonstante	ca. 1 cm ⁻¹
Genauigkeit	± 3% v.Mw. ± 0,1 mS/cm
Nenntemperatur	25°C ± 3°C
Einsatztemperatur	-5 bis 70°C
Mindest-Eintauchtiefe	30 mm
Elektrodenmaterial	Spezialkohle
Schaftmaterial	PVC - C
max. Druck	
FYA 641 LFP1	16 bar bei 25°C
FYA 641 LFL1	drucklos
Kabellänge	1,5 m
Stromversorgung	8 bis 12 V vom Messgerät
Stromverbrauch	ca. 3 mA

Normung

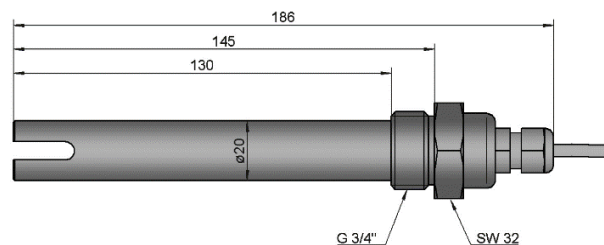
Die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit von Wasser ist in der DIN EN 27 888 verankert.

Abmessungen

FYA 641 LFP1

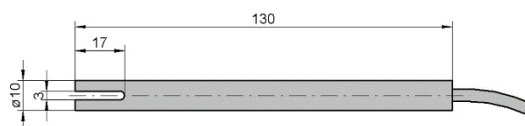
Schaftlänge/-durchmesser: 130 mm / 20 mm

Einbaulänge/Gewinde: 145 mm / G 3/4"



FYA 641 LFL1

Schaftlänge/-durchmesser:
130 mm / 10 mm



Handhabung

Überprüfung

Eine Überprüfung der Sonde erscheint sinnvoll:

- bei Veränderung der Geometrie (Elektrodenabstand)
- nach Einsatz unter extremen Bedingungen (z.B. hohe Temperaturen)
- bei nicht plausiblen Messergebnissen

Messgenauigkeit erhöhen

Während der Justierung muss die Lösungstemperatur auf $\pm 0,1^\circ\text{C}$ konstant gehalten werden!

Die automatische Justierung der Leitfähigkeitssonde erfolgt in zwei Messpunkten:

1. bei 0 mS/cm im Trockenzustand,
2. bei 2,77 mS/cm – 0,02 mol KCl-Referenzlösung bei $(25 \pm 0,1)^\circ\text{C}$
oder bei 147 $\mu\text{S/cm}$ – 0,001 mol KCl-Referenzlösung bei $(25 \pm 0,1)^\circ\text{C}$

Die Korrektur wird in beiden Punkten (Nullpunkt und Steigung) mit derselben Prozedur 'Fühlerabgleich' durchgeführt (siehe Gerätebedienungsanleitung Kapitel 'Fühlerabgleich' oder Handbuch Kapitel 6.3.10).

Messen

Die Sonde ist bei Lieferung fertig abgeglichen.

Unabhängig von der tatsächlichen Temperatur des gemessenen Mediums wird vom Gerät die Leitfähigkeit bei 25°C , κ_{25} , angezeigt. Sie wird mit Hilfe der laufend gemessenen Temperatur T des Mediums und dem Temperaturkoeffizienten der Sonde $\alpha_{25} = 1,9\% / \text{K}$ berechnet.

3.11.3.2 Leitfähigkeitssonde Typ FYA641LFP2 / LFL2

Ausstattung

Die Sonden sind mit einer NTC Perle zur automatischen Temperaturkompensation ausgestattet. Während die Sonde FYA641LFL2 als Laborsonde eingesetzt wird, besitzt FYA641LFP2 ein Gewinde zum Einbau.

Beide Sonden werden mit 1,5 m langem Kabel und ALMEMO® Stecker geliefert. Ein Herstellerprüfschein liegt bei.

Fühlereigenschaften

Ausführungen

Artikelnummer	Messbereich	Anwendung	Gewinde	max. Druck	Schaftlänge/-durchmesser
FYA641LFP2	10 bis 200 $\mu\text{S/cm}$	Einbausonde	G $\frac{3}{4}$ "	16 bar	130 mm / 20 mm
FYA641LFL2	10 bis 200 $\mu\text{S/cm}$	Laborsonde	–	Umgebungsdruck (drucklos)	130 mm / 10 mm

Programmierung

Für die beiden Messgrößen Temperatur und Leitfähigkeit sind im Stecker jeweils zwei Kanäle programmiert:

Sonden	Kan	Messgröße	Bereich	Auflös.	Dim	Ber	Faktor	Exp
FY A641 FP2	1	Temperatur T	-5 bis 70 °C	0,01	°C	Ntc	-	0
	2	Leitfähigkeit κ	10 bis 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0,1	μS	LF	0,1	2
FY A641 FL2	1	Temperatur T	-5 bis 70 °C	0,01	°C	Ntc	-	0
	2	Leitfähigkeit κ	10 bis 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0,1	μS	LF	0,1	2

Dimension und Exponent dürfen im ALMEMO® Stecker nicht verändert werden, da sie zur Kennung geräteinterner Rechenfunktionen verwendet werden!

Technische Daten

Messbereich	
FYA 641 LFP2	10 bis 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$
FYA 641 LFL2	10 bis 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Temperaturfühler	NTC, Typ N (10 k Ω bei 25°C)
Temperaturkompensation	0 bis 70 °C, automatisch
Kompensationskoeffizient	1,9 linear
Zellenkonstante	ca. 1 cm^{-1}
Genauigkeit	$\pm 3\%$ v. Mw. $\pm 1 \mu\text{S}/\text{cm}$
Nenntemperatur	25°C $\pm 3^\circ\text{C}$
Einsatztemperatur	-5° bis +70°C
Mindest-Eintauchtiefe	30 mm
Elektrodenmaterial	Spezialkohle
Schaftmaterial	PVC - C
max. Druck	
FYA 641 LFP2	16 bar bei 25°C
FYA 641 LFL2	drucklos
Kabellänge	1,5 m
Stromversorgung	8 bis 12 V vom Messgerät
Stromverbrauch	ca. 3 mA

Normung

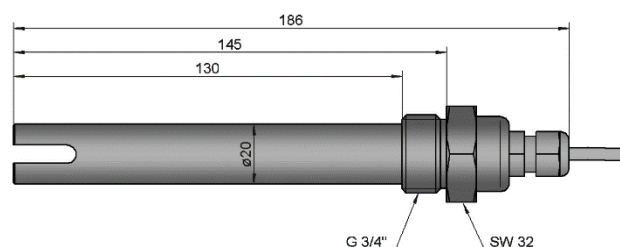
Die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit von Wasser ist in der DIN EN 27 888 verankert.

Abmessungen

FYA 641 LFP2

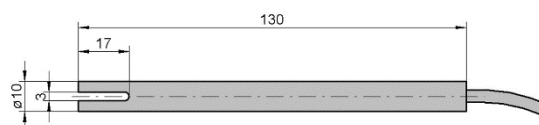
Schaftlänge /-durchmesser: 130 mm / 20 mm

Einbaulänge/Gewinde: 145 mm / G3/4"



FYA 641 LFL2

Schaftlänge /-durchmesser: 130 mm / 10 mm



Handhabung

Überprüfung

Eine Überprüfung der Sonde erscheint sinnvoll:

- bei Veränderung der Geometrie (Elektrodenabstand)
- nach Einsatz unter extremen Bedingungen (z.B. hohe Temperaturen)
- bei nicht plausiblen Messergebnissen

Messgenauigkeit erhöhen

Während der Justierung muss die Lösungstemperatur auf $\pm 0,1^\circ\text{C}$ konstant gehalten werden!

Die automatische Justierung der Leitfähigkeitssonde erfolgt in zwei Messpunkten:

1. bei 0 mS/cm im Trockenzustand,
2. bei 2,77 mS/cm – 0,02 mol KCl-Referenzlösung bei $(25 \pm 0,1)^\circ\text{C}$
oder bei 147 $\mu\text{S/cm}$ – 0,001 mol KCl-Referenzlösung bei $(25 \pm 0,1)^\circ\text{C}$

Die Korrektur wird in beiden Punkten (Nullpunkt und Steigung) mit derselben Prozedur 'Fühlerabgleich' durchgeführt (siehe Gerätebedienungsanleitung Kapitel 'Fühlerabgleich' oder Handbuch Kapitel 6.3.10).

Messen

Die Sonde ist bei Lieferung fertig abgeglichen.

Unabhängig von der tatsächlichen Temperatur des gemessenen Mediums wird vom Gerät die Leitfähigkeit bei 25°C , κ_{25} , angezeigt. Sie wird berechnet mit Hilfe der laufend gemessenen Temperatur T des Mediums und dem Temperaturkoeffizienten der Sonde $\alpha_{25} = 1,9\% / \text{K}$.

3.11.3.3 Leitfähigkeitssonde Typ FYA641LFP3

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Die Sonde FYA641LFP3 besitzt ein Gewinde zum Einbau. Er wird mit 1,5 m langem Kabel und ALMEMO® Stecker geliefert. Ein Herstellerprüfschein liegt bei.

Ausführungen

Artikelnummer	Messbereich	Anwendung	Gewinde	max. Druck	Schaftlänge/-durchmesser
FYA641LFP3	0 bis 200 mS/cm	Einbausonde	G $\frac{3}{4}$ "	16 bar	130 mm / 20 mm

Programmierung

Für die beiden Messgrößen Temperatur und Leitfähigkeit sind im Stecker jeweils zwei Kanäle programmiert.

Sonde	Kan	Messgröße	Bereich	Auflös.	Dim	Ber	Faktor	Exp
FY A641 LFP3	1	Temperatur T	-5 bis 70°C	0,01	°C	Ntc	-	0
	2	Leitfähigkeit κ	0 bis 200 mS/cm	0,1	mS	LF	0,1	2

Dimension und Exponent dürfen im ALMEMO® Stecker nicht verändert werden, da sie zur Kennung geräteinterner Rechenfunktionen verwendet werden!

Technische Daten

Messbereich

FYA 641 LFP3	0 bis 200 mS/cm
Temperaturfühler	NTC, Typ N (10 k Ω bei 25°C)
Zellenkonstante	ca. 1 cm ⁻¹
Genauigkeit	$\pm 3\%$ v.Mw. ± 1 mS/cm
Nenntemperatur	25°C ± 3 °C
Einsatztemperatur	0 bis 70°C
Mindest-Eintauchtiefe	30 mm
Elektrodenmaterial	4 Elektroden aus Spezialkohle
Schaftmaterial	PVC - C
max. Druck	16 bar bei 25°C
Kabellänge	1,5 m
Stromversorgung	8 bis 12 V vom Messgerät
Stromverbrauch	ca. 15 mA

Normung

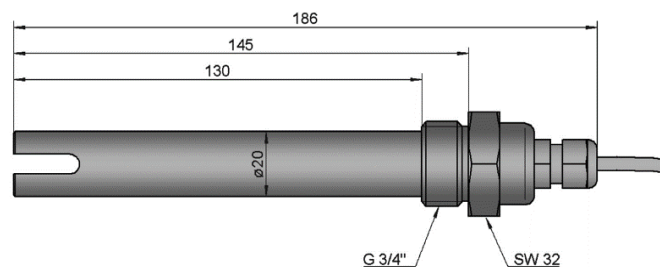
Die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit von Wasser ist in der DIN EN 27 888 verankert.

Abmessungen

FYA 641 LFP3

Schaftlänge /-durchmesser: 130 mm / 20 mm

Einbaulänge/Gewinde: 145 mm / G 3/4"



Handhabung

Überprüfung

Eine Überprüfung der Sonde erscheint sinnvoll:

- bei Veränderung der Geometrie (Elektrodenabstand)
- nach Einsatz unter extremen Bedingungen (z.B. hohe Temperaturen)
- bei nicht plausiblen Messergebnissen

Messgenauigkeit erhöhen

Justierung der Sonde bei Normbedingungen (25 \pm 0,1)°C

Die Justierung der Leitfähigkeitssonde erfolgt in zwei Messpunkten:

1. bei 0 mS/cm im Trockenzustand,
2. bei 111,8 mS/cm - 1 mol KCl-Referenzlösung bei (25 \pm 0,1)°C.

Leitfähigkeit

Unter Normbedingungen ($25 \pm 0,1$)°C erfolgt die Korrektur in beiden Punkten mit derselben Prozedur 'Fühlerabgleich' (siehe Gerätebedienungsanleitung Kapitel 'Fühlerabgleich' oder Handbuch Kapitel 6.3.10). Bei Verwendung der automatischen Justierung müssen die Normbedingungen ($25 \pm 0,1$)°C eingehalten werden!

Justierung der Sonde außerhalb der Normbedingungen

Wenn die Justierungen dieser Sonde außerhalb der Normbedingungen von ($25 \pm 0,1$)°C durchgeführt werden soll, gilt folgende Anleitung:

Der Nullpunktgleich wird wie bei der automatischen Justierung durchgeführt.

Beim Steigungsabgleich wird der Wert der Referenzlösung bei bekannter Lösungstemperatur (siehe Tabelle unten) mit dem vor Ort ermittelten abweichenden Wert ins Verhältnis gesetzt und als Korrekturwert unter 'Steigungskorrektur (SK)' im ALMEMO® Stecker per Hand eingetragen (siehe Gerätebedienungsanleitung Kapitel 'Korrekturwerte' oder Handbuch Kapitel 6.3.10).

Beispiel für die Justierung der Sonde FYA 641 LFP3 mit 1 mol KCl-Referenzlösung bei gemessener Lösungstemperatur von 20,0°C:

Wert der Referenzlösung bei Lösungstemperatur 20,0°C: 102,09 mS/cm (Tabelle unten)

gemessener Wert bei Lösungstemperatur 20,0°C: 98,72 mS/cm

$$SK = \frac{\text{Wert Referenzlösung bei Lösungstemperatur } 20^{\circ}\text{C}}{\text{gemessener Wert bei Lösungstemperatur } 20^{\circ}\text{C}} = \frac{102,09}{98,72} = 1,034$$

Elektrische Leitfähigkeit κ in mS/cm von KCL-Standardlösungen in Abhängigkeit der Temperatur t und der Konzentration:

t in °C	κ in mS/cm 0,001 mol/l	κ in mS/cm 0,01 mol/l	κ in mS/cm 0,02 mol/l	κ in mS/cm 1,00 mol/l
0		0,776	1,521	65,41
1		0,800	1,566	67,13
5		0,896	1,752	74,14
10		1,020	1,994	83,19
15		1,147	2,243	92,52
16		1,173	2,294	94,41
17		1,199	2,345	96,31
18	0,127	1,225	2,397	98,24
19	0,130	1,251	2,449	100,16
20	0,133	1,278	2,501	102,09
21	0,136	1,305	2,553	104,02
22	0,138	1,332	2,606	105,54
23	0,141	1,358	2,659	107,89
24	0,144	1,386	2,712	109,84
25	0,147	1,413	2,765	111,8

Die Referenzlösungen sind als Zubehör zur jeweiligen Leitfähigkeitssonde erhältlich.

Messen

Die Sonde ist bei Lieferung fertig abgeglichen.

Bei der Leitfähigkeitssonde FYA 641-LFP3 mit Messbereich 0 bis 200,0 mS wird die Temperaturkompensation nicht durchgeführt, weil bei hohen Leitfähigkeiten der Temperaturkoeffizient sehr unterschiedlich sein kann (siehe Grundlagen).

Sie zeigt also die Leitfähigkeit bei der jeweiligen Temperatur des Mediums an und nicht wie die anderen im Kapitel 'Leitfähigkeit' beschriebenen Sonden die Leitfähigkeit bei 25°C.

Wenn man die elektrische Leitfähigkeit außerhalb der Normbedingungen von $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ misst, wird das Ergebnis ungenauer sein als das bei Normbedingungen. Diese Tatsache ist unabhängig von der Art der Temperaturkompensation.

Bei Routinearbeiten vor Ort ist es unter Umständen nicht notwendig, die bei der vorherrschenden Temperatur gemessenen Werte auf 25°C umzurechnen. Solche Messwerte sind jedoch unter Vorbehalt zu interpretieren und der Vergleich mit anderen Werten ist schwierig oder nicht möglich.

3.11.3.4 D7-Leitfähigkeitssonde FYD 741-LF

Fühlereigenschaften

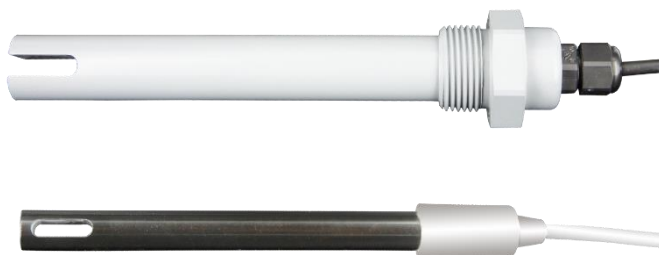


Abb. 3.11.12 Digitale Sonde für Leitfähigkeit FYD 741-LFP

FYD 741-LFE01

Ausstattung

Die Sonden sind mit einer NTC Perle zur möglichen automatischen Temperaturkompensation ausgestattet. Während die Sonde FYA 741-LFE01 als Laborsonde eingesetzt wird, besitzt FYA 741-LFP ein Gewinde zum Einbau.

Beide Sonden werden mit Kabel und ALMEMO® Stecker geliefert. Ein Herstellerprüfschein liegt bei.

Ausführungen

Artikelnummer	Messbereich	Anwendung	Gewinde	max. Druck	Schaftlänge/-durchmesser
FYD 741 LFP	10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bis 200 mS/cm	Einbausonde	G $\frac{3}{4}$ "	16 bar	130 mm / 20 mm
FYA 741 LFE01	10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bis 200 mS/cm , auf Anfrage bis 500 mS/cm	Laborsonde	–	Umgebungsdruck (drucklos)	120 mm / 12 mm

Programmierung

Messbereiche bei Auslieferung

Sonden	Bezeichnung	Bereich	Kan	Messbereich	Auflös.	Dim
FYD 741 LFE01	Temperatur	DIGI	1	-5 bis 80°C	0,01	$^{\circ}\text{C}$
	Leitfähigkeit LF2	DIGI	2	0 bis 50 mS/cm	0,001	mS
FYA 741 LFP	Temperatur	DIGI	1	-5 bis 70°C	0,01	$^{\circ}\text{C}$
	Leitfähigkeit LF2	DIGI	2	0 bis 50 mS/cm	0,001	mS

Leitfähigkeit

Die Sonde ist bei Lieferung fertig abgeglichen. Die Temperaturkompensation ist auf eine lineare Kennlinie mit einem Temperaturkoeffizienten von 1.90 %/K eingestellt.

Konfiguration über das Sensormenü

Die Fühlerparameter (Messbereich, Temperaturkompensation und Abgleich des Sensors) können über das Sensormenü (siehe Kapitel 3.1.3.1) in einem V7-Messgerät oder am PC mit der Software ALMEMO® Control (ab Version 5.14.0.330) konfiguriert werden.

Konfigurierbare Messbereiche

Im D7-Sensor ist außer dem Temperaturbereich auf dem ersten Messkanal einer von drei Leitfähigkeitsbereichen auf dem zweiten Messkanal aus folgender Liste konfigurierbar (* Auslieferungszustand):

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Messbereich	Auflös.	Dim
1. Leitfähigkeit LF1	B-01	DIGI	0 bis 500 µS/cm	0,01	µS
2. * Leitfähigkeit LF2	B-02	DIGI	0 bis 50 mS/cm	0,001	mS
3. Leitfähigkeit LF3	B-03	DIGI	0 bis 500 mS/cm	0,01	mS

Der Wechsel des Bereichs ist nur bei aufgehobener Fühlerverriegelung (Stufe 0) möglich.

Technische Daten

Leitfähigkeitssonde	FYD741LFE01	FYD741LFP
4-Pol-Leitwertsonde	Laborelektrode	Prozesselektrode
Messbereich: Leitfähigkeit	10 µS bis 500 mS	10 µS bis 200 mS
Genauigkeit bei Nennbedingungen	±2% v.Mw. ±0,2% v.Ew.	±3% v.Mw. ±0,2% v.Ew.
Temperaturfühler	Ntc-Fühler 30 kΩ	Ntc-Fühler 10 kΩ
Temperatur	0 bis 80°C	0 bis 70°C
Genauigkeit	0,2°C	0,2°C
Temperaturkompensation	automatisch / nichtkompensiert	
Temperaturkoeffizient	Nat. Gewässer oder linear im Bereich 0,00 bis 9,99	
Zellkonstante	ca. 0,5 cm ⁻¹	ca. 0,5 cm ⁻¹
Elektrodenmaterial	Spezialkohle	Spezialkohle
Nenntemperatur	25°C ± 2°C	25°C ± 2°C
Einsatztemperatur	0 bis 80°C	0 bis 70°C
Mindest-Eintauchtiefe	30 mm	30 mm
Schaftmaterial	PC (+ABS)	PVC - C
max. Druck	drucklos	16 bar bei 25°C
Stecker	ALMEMO® D7	
Kabellänge	1,0 m	1,5 m
Versorgungsspannung	6 bis 13 V DC	
	aus dem ALMEMO® Gerät (Fühlerversorgung)	
Stromverbrauch	ca. 10 mA	
Steckerfarben	Gehäuse rubinrot, schwarze Hebel	
Refreshrate	2,5 Sek.	
AD-Wandler	Delta-Sigma 18 bit Auflösung	
Sleepmode des Gerätes	möglich mit Verzögerung 5 s	

Abmessungen

FYD741LFE01 : Schaftlänge /-durchmesser: 120 mm / 12 mm

FYD741LFP : Schaftlänge /-durchmesser: 130 mm / 20 mm
Einbaulänge/Gewinde: 145 mm / G ¾"

Handhabung

Messgenauigkeit erhöhen

Bei Temperaturkompensation und Justierung des FYD741LF hilft das Sensormenü:

FYD741LF		
0.1 Bereich:	Leitf. 50mS	▼
0.1 Messwert:	12.345	mS
Sollwert ADJ:	13.200	mS
oder Zellenkonst:	0.487	1/cm
Temp. Komp.	lin. Koeff.	▼
lin. Koeff.	1.90	%/K
ZERO ► ADJ ►		

Abb. 3.11.13
Konfiguration über das Sensormenü

Die Tasten 'ZERO' und 'ADJ' sind nur bei aufgehobener Fühlerverriegelung (Stufe 0) freigegeben.

Folgende Möglichkeiten zur Justierung der Leitfähigkeitselektroden gibt es:

Justierung über Eingabe einer neu bestimmten Zellkonstante

Die Zellkonstante ist die Kenngröße von Leitfähigkeitsmesszellen, die durch die Größe und geometrische Anordnung der Messelektroden bestimmt ist. Sie ist praktisch unveränderlich. Sind die Elektrodenflächen sauber und ohne isolierende Beläge, dann ist eine Justierung im Allgemeinen nicht erforderlich.

Nach Reinigung, Reparatur oder Austausch des Sensors kann es jedoch erforderlich sein, die Zellkonstante zu korrigieren. Sie kann dann im Rahmen einer Justierung mit Referenzlösungen neu bestimmt werden. Die Zellkonstante ist auf folgende Werte vorkonfiguriert.

1. FYD741LFP: 0,500
2. FYD741LFE01: 0,550

Hinweis: Die Eingabe der Zellkonstante ist nur bei aufgehobener Fühlerverriegelung (Stufe 0) möglich.

Justierung durch Zweipunktabgleich

Besser als die Justierung der Sonde durch Eingabe der Zellkonstante ist meist die Justierung der Messbereiche mit einer Referenzlösung.

Die Justierung der Sonde ist nur bei aufgehobener Fühlerverriegelung (Stufe 0) möglich. Während der Justierung muss die Lösungstemperatur auf $(25 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ konstant gehalten werden.

Die Justierung der Leitfähigkeitssonde erfolgt in zwei Messpunkten:

1. **im Trockenzustand** bei 0 mS/cm
Fühlerabgleich durch Drücken der Taste 'ZERO' im Sensormenü
2. **in Referenzlösungen** entsprechend des Messbereiches
z.B. 147 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – 0,001 mol KCl-Referenzlösung bei $(25 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ im Messbereich 500 μS oder
12.88 mS/cm – 0,1 mol KCl-Referenzlösung bei $(25 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ im Messbereich 50 mS

Leitfähigkeit

3. **Eingabe des Sollwertes** (Referenzwert) in Funktion 'Sollwert' (siehe Sensormenü Abbildung 3.11.15),
4. **Fühlerabgleich** durch Drücken der Taste 'ADJ'.

Die Justierung der Sonde kann auch außerhalb der Normbedingungen von $(25 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ durchgeführt werden:

Der Nullpunktgleich wird wie oben beschrieben durchgeführt. Beim Steigungsabgleich wird der Wert der Referenzlösung bei bekannter Lösungstemperatur (siehe Tabelle im Kapitel 3.11.3.3) mit dem vor Ort ermittelten abweichenden Wert ins Verhältnis gesetzt und als Korrekturwert unter 'Steigungskorrektur (SK)' im ALMEMO® Stecker per Hand eingetragen.

Beispiel für die Justierung der Sonde mit 1 mol KCl-Referenzlösung bei gemessener Lösungstemperatur von $20,0^\circ\text{C}$:

Wert Referenzlösung bei Lösungstemperatur $20,0^\circ\text{C}$: 102,09 mS/cm (Tabelle im Kapitel 3.11.3.3)

gemessener Wert bei Lösungstemperatur $20,0^\circ\text{C}$: 98,72 mS/cm

$$\text{SK} = \frac{\text{Wert Referenzlösung bei Lösungstemperatur } 20^\circ\text{C}}{\text{gemessener Wert bei Lösungstemperatur } 20^\circ\text{C}} = \frac{102,09}{98,72} = 1,034$$

Referenzlösungen

Sie sind als Zubehör zu den jeweiligen Leitfähigkeitsbereichen erhältlich.

Lösungen zur Justierung von Leitfähigkeitssonden sind ungepufferte Systeme. Ihre Leitfähigkeitswerte sind nicht stabil und werden bereits durch geringe Verunreinigungen oder Verdünnung (z.B. Wassertropfen am Sensor) beeinträchtigt. Dies gilt insbesondere für geringe Leitfähigkeiten.

Saubere Messzellen

Vor der Justierung muss sichergestellt werden, dass der Sensor sauber ist. Rückstände sollten mit destilliertem Wasser abgespült werden. Danach empfiehlt es sich, den Sensor anzutrocknen und mit der vorgesehenen Justierlösung zu spülen.

Temperaturkompensation

Beim vorliegenden Sensor sind im Sensormenü unter Menüpunkt 'Temp. Komp.' drei verschiedene Einstellungen vorgesehen:

Aus: keine Temperaturkompensation bei niedrigen oder sehr hohen Leitwerten

Nat. Wässer: Temperaturkompensation mit nichtlinearer Kennlinie für natürliche Wässer und Reinstwasser.

Lin. Kennlinie: Temperaturkompensation mit linearer Kennlinie und einstellbarem Temperaturkoeffizienten.

Wenn die Temperaturkompensation durch einen linearen Temperaturkoeffizienten ausgewählt wird, muss in der Zeile darunter ein Temperaturkoeffizient eingegeben werden, im Fall des FYD741LF beträgt er 1,90 %/K.

Ist der Temperaturkoeffizient einer Probe nicht bekannt, hilft eine experimentelle Bestimmung von α . Dabei wird die elektrische Leitfähigkeit κ_{25} bei $(25 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ und κ_T bei einer bekannten Temperatur $(T_2 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ ermittelt und in die Gleichung $\alpha = (\kappa_T - \kappa_{25}) \cdot 100 / \kappa_{25} (T_2 - 25)$ eingesetzt.

Erfolgt die Messung nicht temperaturkompensiert, kann die bei bekannter Temperatur gemessene Leitfähigkeit mit einem Korrekturfaktor auf 25°C umgerechnet werden.

Messen

Bei der Messung muss die Sonde mindestens 30 mm eintauchen, damit die Elektroden vollständig von Flüssigkeit umspült werden.

3.11.4 Konzentration von gelöstem Sauerstoff in Wasser

Messprinzip

Zur Bestimmung des gelösten Sauerstoffs haben sich im Labor und in der Prozesskontrolle membranbedeckte amperometrisch arbeitende Sensoren nach dem Clark-Prinzip bewährt. Diese Sensoren arbeiten nach dem Prinzip der Polarographie.

Vereinfacht betrachtet wird an zwei Elektroden eine konstante Polarisierungsspannung angelegt und der auftretende Strom gemessen. Dieser ist proportional zu der Konzentration des jeweiligen Messions. Die Selektivität der jeweiligen Reaktion hängt von den Halbstufenpotentialen anwesender Konkurrenzpartner ab. Bei Anlegen einer definierten Spannung kann man somit verschiedene Stoffe selektiv messen.

Im Falle der Bestimmung des gelösten Sauerstoffs mit der membranbedeckten Clark-Zelle besteht die als Kathode wirkende Arbeitselektrode aus Platin und die Gegen- oder Bezugselektrode aus Silber/Silberchlorid. Die beiden Elektroden tauchen in eine chloridhaltige Elektrolytlösung ein, die durch eine O₂-durchlässige PTFE-Membran von der Messlösung getrennt ist. Die dünne PTFE-Membran lässt das gelöste Sauerstoffgas durch, nicht jedoch gelöste Ionen oder andere Fremdstoffe.

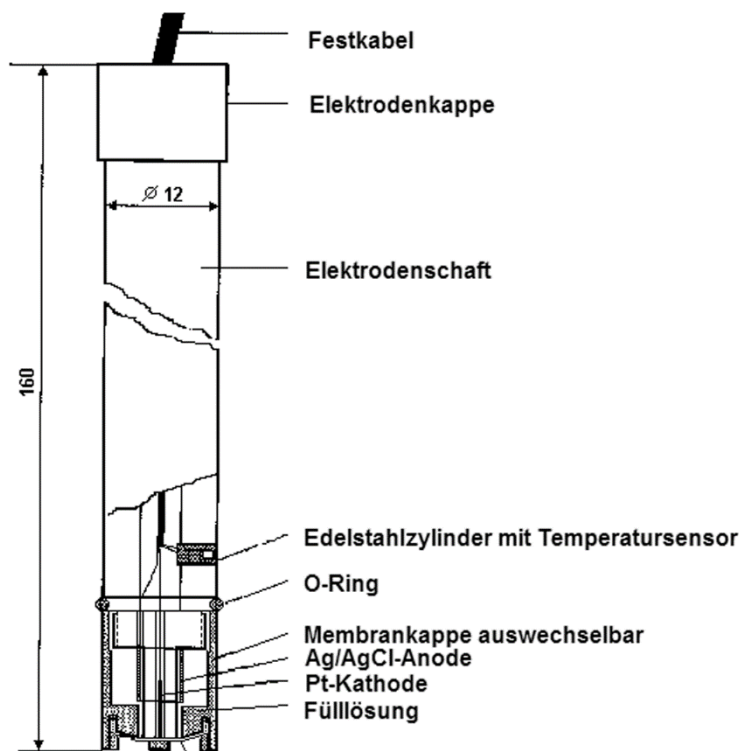
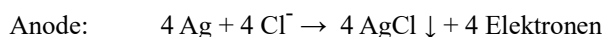
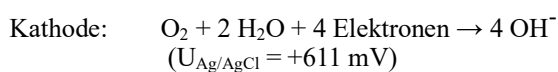


Abb. 3.11.14

Aufbau einer Sonde zur Messung von gelöstem Sauerstoff im Wasser

Bei diesem Sauerstoff-Messverfahren diffundiert der im Wasser gelöste Sauerstoff durch die PTFE-Membran an die Oberfläche einer als Arbeitselektrode wirkenden hochpolierten Platinelektrode und wird elektrochemisch zu OH⁻-Ionen (Base) reduziert. An der als Anode geschalteten Silber-Gegenelektrode werden Elektronen äquivalent abgegeben und die entstehenden Silberionen reagieren mit den Chloridionen des Fülllektrolyten zu Silberchlorid, welches sich auf der Silberelektrode abscheidet.

Die im Einzelnen ablaufenden Reaktionen werden durch folgende Gleichungen beschrieben:



Diese Reaktionen laufen nicht freiwillig ab, sondern müssen durch Anlegen einer Polarisierungsspannung von

Konzentration von gelöstem Sauerstoff in Wasser

mindestens +611 mV an die Platinkathode und die Silberanode erzwungen werden. Der dabei fließende Strom wird gemessen und ist ein Maß für die Konzentration des entladenen Sauerstoffs.

Damit keine anderen Reaktionen ablaufen, ist die Polarisierungsspannung relativ konstant zu halten. An die Sauerstoffelektrode wird eine Polarisierungsspannung von +650 mV angelegt.

Als Reaktionsprodukte bei der in Betrieb befindlichen Sauerstoffelektrode bilden sich schwerlösliches Silberchlorid auf der Silberanode und eine Base (OH^- -Ionen) im inneren Elektrolyten. Nach längerer Einsatzdauer der Sauerstoffelektroden (mehrere Monate) ist das Silbersalz mittels Natriumthiosulfat- oder Ammoniaklösung oder mechanisch zu entfernen und der verbrauchte Elektrolyt zu erneuern.

Grundlagen

Grundlagen der Sauerstoffmessung in Wässern

Sauerstoff ist nicht nur Bestandteil der Luft, sondern kommt auch gelöst in Wasser vor. Hier ist er für die im Wasser lebenden Tiere und Organismen und für die biologische Klärung kommunaler und industrieller Abwässer von entscheidender Bedeutung. Der gelöste Anteil steigt mit wachsendem Luftdruck und abnehmender Temperatur.

Zwischen der Luft und dem Wasser stellt sich ein Gleichgewicht für den Sauerstoff ein. Der Sättigungszustand (luftgesättigtes Wasser) ist erreicht, wenn der Partialdruck des physikalisch im Wasser gelösten Sauerstoffs [$p_{\text{O}_2}(\text{Wasser})$] gleich dem Partialdruck des Sauerstoffs in der Luft [$p_{\text{O}_2}(\text{Luft})$] ist.

$$p_{\text{O}_2}(\text{Wasser}) = p_{\text{O}_2}(\text{Luft})$$

Da sich in der Luft neben Sauerstoff (20,9%) auch Stickstoff (78,1 %), Edelgase (0,96%), Kohlendioxid (0,03 %) und Wasserdampf befinden, gilt für den Partialdruck des Sauerstoffs in wasserdampfgesättigter Luft [$p'_{\text{O}_2}(\text{Luft})$] folgende Gleichung:

$$p'_{\text{O}_2}(\text{Luft}) = X_{\text{O}_2} (p_L - p_W)$$

$$X_{\text{O}_2} = \text{Molenbruch des Sauerstoffs in Luft (0,2095)}$$

$$p_L = \text{Luftdruck} \quad p_W = \text{Wasserdampfdruck}$$

Der Sauerstoffpartialdruck in wasserdampfgesättigter Luft entspricht im Gleichgewichtszustand dem Sauerstoffpartialdruck im luftgesättigten Wasser.

Dies ist besonders bei der Justierung von Sauerstoff-Sensoren von praktischer Bedeutung.

Zur Beurteilung des Sauerstoff-Sättigungszustandes ist es üblich, anstelle des Sauerstoff-Partialdruckes die Sauerstoffsättigung O_2S in % bzw. die direkte Konzentrationsangabe O_2C in mg/l zu ermitteln. Der Wert O_2S in % gibt an, wie groß die gelöste Sauerstoffkonzentration O_2C im Wasser in Prozenten des Sättigungswertes $\text{O}_2\text{C}_\text{S}$ ist.

$$\text{O}_2\text{S} = \frac{\text{O}_2\text{C}}{\text{O}_2\text{C}_\text{S}} \cdot 100$$

Berechnung der Sauerstoff-Sättigung im Messgerät

Die Sauerstoff-Sättigung wird von der Wassertemperatur und vom Luftdruck beeinflusst. Deshalb müssen bei der Berechnung des Sättigungsgrades diese beiden Parameter berücksichtigt werden. Der Temperaturfühler zur Temperaturkompensation ist im Sensor integriert. Ein Sensor für Luftdruck kann zusätzlich angesteckt werden. Bei konstanten Verhältnissen lässt sich der Luftdruck auch eingeben. Als Bezugspunkt gilt 1013 mbar (Normaldruck).

Die Sauerstoff-Konzentration wird aus der Sättigung und der Temperatur über die Tabellen von Wagner berechnet. Sie ist nicht luftdruckabhängig.

Berechnungsformeln:

Mit den nachfolgenden Formeln errechnet das Messgerät aus dem O_2 -Messwert und der Temperatur den Sättigungsgrad und den Absolutbetrag des Sauerstoffs in mg/l.

$$\text{O}_2\text{-Sättigung korrigiert:} \quad \text{O}_2\text{S}[\%] = \text{O}_{2\text{m}} \cdot \text{SK} \cdot \text{Tk}(\text{Tm}) \cdot \text{Pn/Pm}$$

Messsignal $\text{O}_{2\text{m}} = \text{O}_2\text{-Sättigung gemessen}$

Steigungskorrektur $SK = 100 / (O_{2c} \cdot Tk(Tc) \cdot Pn/Pc)$

O_{2c} = O₂-Sättigung beim Justieren

Tc = Temperatur beim Justieren

Pc = Luftdruck beim Justieren

Temperaturkompensation $Tk(T) = \exp(k1/(Tm+T0))/k0$
(im Bereich 5 bis 50°C) $k0=4840, k1=2530, T0=273,15$

Tm = Temperatur gemessen

Luftdruckkompensation Pn = Normalluftdruck 1013 mbar

Pm = Luftdruck beim Messen

O₂-Konzentration: $O_2C[mg/l] = O_{2m} \cdot SK/100 \cdot Tk(Tm) \cdot O_{2Cs}(Tm)$
 O_{2Cs} = O₂-Sättigungskonzentration nach Wagner

Auswahl, Produktübersicht

Sensortyp	Messbereich
FYA640O2	Temperatur, O ₂ Sättigung, O ₂ Konzentration

Anwendungsbereiche

- Bestimmung der Lebensbedingungen für Fische und Kleinstlebewesen in Gewässern und Aquarien
- biologische Klärung kommunaler und industrieller Abwässer
- Lagerung organischer Flüssigkeiten
- Trinkwasseruntersuchungen
- Kontrolle von Korrosionsprozessen in Leitungen von Heizungssystemen
- Überprüfung der Haltbarkeit von Getränken

3.11.4.1 Sonde für Sauerstoffkonzentration in wässrigen Lösungen FYA 640-O2

Fühlereigenschaften



Abb. 3.11.15 Sensor für Sauerstoff FYA 640 O2

Ausstattung

Zur O₂-Messung in Wässern enthält die ALMEMO® O₂-Sonde FY A640-O2 eine Clark-Zelle mit Messverstärker und einem NTC-Temperaturfühler.

Es wird mit Anschlusskabel (1,5 m lang) und ALMEMO® Stecker ausgeliefert.

Konzentration von gelöstem Sauerstoff in Wasser

Zubehör

Artikel	Artikelnummer
Abgleichset:	
25 g Natriumsulfit in 20 ml-PE-Flasche zur Herstellung der Nulllösung, Gefäß zum Sättigungsabgleich	ZB9640AS
25 g Natriumsulfit in 20 ml-PE-Flasche	ZB9640NS
20 ml Fülllösung in PE-Flasche für O ₂ -Sonde	ZB9640NL
Ersatz-Membrankappe mit Schutz (2 Stück)	ZB9640EM

Programmierung

Kan	Messgröße	Messbereich	Auflös.	Dim	Ber
1	Temperatur T	-5 bis 50°C	0,01	°C	Ntc
2	O ₂ Sättigung	0 bis 260%	1	%	O2-S
3	O ₂ Konzentration	0,0 bis 40,0 mg/l	0,1	mg	O2-C

Technische Daten

Messbereiche

Temperaturbereich	-5,0 bis 50°C
O ₂ -Sättigung	0 bis 260% Sättigung
O ₂ -Konzentration	0,0 bis 40 mg/l (5 bis 40°C)
Messprinzip	Clark
Arbeitselektrode (Kathode)	Pt
Referenzelektrode (Gegenelektrode)	Ag/AgCl
Membran	PTFE
Ansprechzeit (t _{90%})	ca. 10-15 s
Nullstrom bei 0% Sättigung	< 5 nA
Messstrom bei 100% Sättigung	ca. 700 nA
Genauigkeit Sauerstoffmessung	< ± 1% vom Messwert
Anströmgeschwindigkeit	ca. 10 cm/s
Lagertemperatur	-10 bis 50°C
Eintauchtiefe	40 mm
Füllvolumen (Elektrolyt)	0,6 ml
Temperaturmessfühler	NTC Typ N (10 kΩ bei 25°C)
Genauigkeit Temperaturmessung	-20 bis 0°C: ±0,4°C, 0 bis 70°C: ±0,1°C (bei Nennbedingungen)
Nennbedingungen	25°C ± 3°C/1013 mbar
Schaftmaterial	PVC, schwarz
Membrankappe	austauschbar (Ersatzteil)
Anschlusskabel	1,5 m lang mit ALMEMO® Stecker
Polarisationsspannung	650 mV
Standzeit (mit einer Elektrolytfüllung)	mehrere Monate
Gesamtstandzeit (Lebensdauer)	mehrere Jahre

Abmessungen

Durchmesser 12 mm, Länge 145 mm

Handhabung

Messgenauigkeit erhöhen

Luftdruckkompensation:

Zur Berechnung der Sauerstoff-Sättigung ist eine Luftdruckkompensation erforderlich (siehe „Grundlagen“), die auf drei verschiedene Arten erfolgen kann:

1. Manuelle Eingabe in Funktion mb
2. Schnittstellen-Eingabe mit Befehl: g 0xxxx [mbar] (siehe Kapitel 6.2.5)
3. Messung mit zusätzlichem Sensor für Luftdruck FDA612SA (siehe Kapitel 6.7.2)

Justierung

Um möglichst genaue Messwerte zu erreichen, kann die Sauerstoffsonde in Nullpunkt und Steigung justiert werden. Vor dem Justieren bitte die Elektrode ausreichend polarisieren. Die Elektrode wird dazu an das Messgerät angeschlossen und dieses angeschaltet. Insbesondere wenn die Elektrode lange nicht in Betrieb war, kann die Polarisationszeit bis zu 30 min betragen. Eine ausreichend polarisierte und intakte Elektrode zeigt einen stabilen, nicht driftenden Messwert.

Sauerstoffelektroden werden justiert bei 0% Sauerstoffsättigung (Justierpunkt 1) und 101% Sauerstoffsättigung (Justierpunkt 2).

Nulllösung für Justierpunkt 1 herstellen:

Als sauerstofffreie Flüssigkeit (0% Sättigung) wird eine Natriumsulfit-Salzlösung („Nulllösung“) verwendet. Diese wird durch Auflösen von Natriumsulfit (Na_2SO_3) in Wasser (Zubehör ZB 9640-NS) hergestellt. Es kann wahlweise destilliertes (deionisiertes) oder Leitungswasser verwendet werden. Die benötigte Menge Natriumsulfit richtet sich nach dem verwendeten Wasser. Destilliertes Wasser oder auch abgestandenes Wasser enthält meist weniger gelösten Sauerstoff als Frischwasser aus der Leitung, entsprechender geringer ist der Bedarf an Natriumsulfit. Als Richtwert kann 1 g Natriumsulfit auf 100 ml Wasser angenommen werden.

Die Nulllösung nimmt bei längerem Aufbewahren wieder etwas Sauerstoff aus der Luft auf. Kontrollieren Sie deshalb die Nulllösung regelmäßig bevor Sie mit dem Justieren beginnen.

Wenn Sie mit Ihrem Messgerät in der Nulllösung Sättigungswerte $> 0\%$ messen, geben Sie bitte zunächst etwas Natriumsulfit zur Lösung. Der gelöste Sauerstoff wird gebunden und der Messwert für die Sauerstoffsättigung verringert sich. Erst wenn weitere Salzzugaben keine Abnahme des Sättigungswertes bewirken (stabiler Messwert), haben Sie eine wirkliche „Nulllösung“ und Sie können mit der Justierung beginnen.

Abgleich für Justierpunkt 1:

1. Tauchen Sie die Sauerstoffsonde so tief in die Nulllösung, dass sich der integrierte Temperaturfühler (Edelstahleinsatz im Schaft) sicher in der Lösung befindet.
2. Warten Sie eine Einstellzeit von ca. 2 bis 3 min ab (Anzeige < 50).
3. Funktion VERRIEGELUNGSMODE anwählen.
4. Stecker entriegeln (möglichst nur momentan, siehe Geräteanleitung oder Handbuch Kapitel 6.3.12)
5. Funktion MESSWERT anwählen.
6. Nullpunktabgleich durchführen (siehe Geräteanleitung oder Handbuch Kapitel 6.4.2).
7. Spülen Sie danach den Sensor gründlich mit Wasser ab, um alle Rückstände der Natriumsulfitlösung zu entfernen.
8. Tupfen Sie die Membrankappe sorgfältig trocken (z.B. mit einem Zellstofftuch), bevor Sie die Justierung in wasserdampfgesättigter Luft beginnen.

Wassertropfen auf der Membran können zur Verfälschung der Justierung führen.

Konzentration von gelöstem Sauerstoff in Wasser

Vorbereitung für Justierpunkt 2:

Anstelle von luftgesättigtem Wasser wird wasserdampfgesättigte Luft verwendet. Dazu wird ein angefeuchteter Schwamm in ein Justiergefäß (Zubehör ZB 9640-AS) gelegt. Nach ca. 5 bis 10 Minuten ist die darin enthaltene Luft gesättigt an Wasserdampf. Bei der Justierung mit wasserdampfgesättigter Luft bestehen allerdings selbst bei ausreichender Wasserdampfsättigung auf Grund der Membraneigenschaften geringfügige Unterschiede (etwa 2%) gegenüber den Sensoren in luftgesättigtem Wasser. Trotz Anströmung bleibt im Wasser eine unberührte Diffusionsschicht, die zu einer Messwertverminderung führt. Aus diesem Grunde werden ALMEMO® Messgeräte, um den Sättigungswert im Wasser richtig zu messen, auf den Sättigungswert 101% beim Justierpunkt 2 eingestellt.

Abgleich für Justierpunkt 2:

1. Bringen Sie den sorgfältig gereinigten und getrockneten Sensor in das Justiergefäß mit wasserdampfgesättigter Luft (100% O₂).
2. Geben Sie etwa 2 ml Wasser in das Gefäß und kontrollieren Sie den richtigen Sitz des Aufnahmerohrs im Gefäß (Markierung). Die Elektrode darf nicht auf dem wassergetränkten Schaumstoff aufsitzen, es ist ein Abstand > 1 cm zu gewährleisten.
3. Warten Sie einige Minuten bis zur Einstellung des Gleichgewichtes (stabile Anzeige). Funktion MESSWERT anwählen.
4. Steigungsabgleich wie Nullpunktabgleich durchführen (siehe Geräteanleitung oder Handbuch Kapitel 6.4.2).
5. Verriegelung wiederherstellen (bei momentaner Entriegelung nicht nötig).

Wartung

Lagerung

Um das Verdunsten des Elektrolyten zu verhindern und die Membran zu schützen, sollte die Sauerstoffelektrode immer mit aufgesetzter Schutzkappe gelagert werden.

Elektrode reinigen

Zum Reinigen im täglichen Gebrauch bitte die Elektrode nur abspülen und vorsichtig abtupfen, Verletzungen der Membran vermeiden.

Elektrolytfüllung erneuern

Wenn sich im Elektrolytraum durch Verdunsten größere Luftblasen gebildet haben bzw. dieser nur noch zu ca. 80% gefüllt ist, muss die Elektrolytfüllung erneuert werden:

1. Elektrode senkrecht stellen.
2. Membrankappe nach unten abschrauben.
3. Membrankappe ausleeren und randvoll mit Elektrolyt füllen.
4. Membrankappe wieder so an die senkrecht gestellte Elektrode schrauben, dass möglichst keine Luftblasen eingeschlossen werden.

Membrankappe austauschen:

Wenn die PTFE-Membran beschädigt ist, muss die gesamte Membrankappe ausgetauscht werden.

Undichtigkeiten der Membran sind erkennbar an der Bildung kleiner Wassertröpfchen auf der Membranfläche sowie am "Überlaufen" der Messwerte. Der Kappenaustausch wird ebenso gehandhabt wie die Elektrolytneuerung.

Elektrodenflächen reinigen:

Wenn nach mehrmonatigem Messeinsatz die Silberanode schwarz gefärbt ist, sollten die Elektrodenflächen gereinigt werden.

1. Kappe mit der gasdurchlässigen Membran abschrauben.
2. Fühlerkopf etwa 2 cm tief in eine Natriumthiosulfat-Reinigungslösung ca. 30 Minuten lang eintauchen.
3. Fühlerkopf gründlich mit destilliertem Wasser spülen.
4. Silberanode kräftig mit Zellstoff oder mit Polierleinen abreiben.
5. Elektrodenkappe mit neuer Fülllösung versehen und wieder auf die Sauerstoffelektrode aufschrauben.
6. Etwa 30 Minuten nach dem Einschalten (Polarisationszeit) ist die Elektrode wieder einsatzbereit.

3.12 Sensoren zur Messung der Konzentration von Gasen

Grundlagen

Eine unzureichende Raumluftqualität in Innenräumen (z.B. in Büros) kann beim Menschen zu Müdigkeit, Konzentrationsschwäche und sogar zu Erkrankungen führen. Indikator für die Raumluftqualität ist die Konzentration bestimmter Gase in der Luft.

Die wichtigsten sind:

- Kohlendioxid (CO_2)
- Kohlenmonoxid (CO)
- Sauerstoff (O_2)
- Ozon (O_3)

Kohlendioxid (CO_2) Ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung der Raumluftqualität ist die CO_2 -Konzentration. Eine zu hohe CO_2 -Konzentration infolge unzureichender Lüftung wird als schlechte oder verbrauchte Luft empfunden.

Kohlenmonoxid (CO) CO entsteht aus unvollständig verbranntem Kohlenstoff (Brennstoff). Es ist für Menschen sehr gefährlich, weil es stark toxisch, aber unsichtbar und geruchsneutral ist. Ursachen für die Entstehung bei Verbrennungsprozessen:

- Luftmangel
- zu hoher Luftüberschuss
- zu frühes Abkühlen der Flamme

Sauerstoff (O_2) Die Atemluft besteht zu etwa einem Fünftel aus dem lebensnotwendigen Sauerstoff. Der Sauerstoff ist für alle Oxidationsvorgänge notwendig, für Verbrennungsvorgänge ebenso wie für stille Oxidationen. Dazu gehören z.B. das Rosten von Eisen, Oxidationen, die bei den Lebensprozessen ablaufen oder die Zersetzung organischen Materials. Daneben brauchen alle energiespendenden Verbrennungsvorgänge dieses Gas, angefangen von der Heizung bis hin zum Flugzeugtriebwerk.

Sauerstoff wird aber auch bei jeder Art von Schadfeuer wie Wald- und Steppenbränden gebunden. Durch den in den grünen Pflanzen bei Sonnenbestrahlung ständig ablaufenden Assimilations- oder Photosynthesevorgang wird Sauerstoff aus Kohlendioxid ständig neu gebildet.

Das Gleichgewicht zwischen Sauerstoffverbrauch und Sauerstoffproduktion wird durch die ständig zunehmende Verbrennung fossiler Brennstoffe einseitig belastet.

Ozon (O_3) Das in der Erdatmosphäre vorhandene Ozon entsteht in Höhen um 30 km und hält als Schutzschirm um die Erde gut die Hälfte der solaren UV-Strahlung zurück, insbesondere den für Lebewesen gefährlichen kurzwelligen Anteil.

Ozon ist jedoch ein giftiges, äußerst aggressives Spurengas, welches beim Menschen schwere Schleimhautverätzungen hervorrufen kann, wenn es in hohen Konzentrationen eingeatmet wird.

Physikalische Einheiten für die Konzentration

Die wichtigste Einheit bei der Messung von Gasen ist der Volumenanteil in Prozent, bzw. in Teilen pro Million, abgekürzt "ppm". Eigentlich entspricht die Bezeichnung "ppm" nicht mehr den gültigen Normen. Exakt müsste sie "ml/m³" bzw. "mg/kg" lauten, was im Prinzip das Gleiche bedeutet. Wie groß der Anteil der zu bestimmenden Gase in der Umgebungsluft bei den einzelnen Konzentrationseinheiten ist, soll nachfolgende Tabelle veranschaulichen:

Sensoren zur Messung der Konzentration von Gasen

1 Prozent (%) ist ein Teil von hundert Teilen	10 Gramm pro Kilogramm	10 g/kg
1 Promille (‰) ist ein Teil von tausend Teilen	1 Gramm pro Kilogramm	1 g/kg
1 part per million (ppm) ist ein Teil von einer Million	1 Milligramm pro Kilogramm	0,001 g/kg
1 part per billion (ppb) ist ein Teil von 1 Milliarde Teilen	1 Mikrogramm pro Kilogramm	0,000 001 g/kg

Auswahl, Einsatz

Die ALMEMO® Gassonden finden vielfältige Einsatzmöglichkeiten im Industrie- und Umweltbereich:

1. Arbeitsplatzüberwachung
 - Raumluftüberwachung auf MAK-Werte (Maximale Arbeitsplatzkonzentration)
 - Überwachung Laboratorien und Motorprüfstände
2. Emissions-/Immissionsmessung
 - Messen, Steuern und Warnen in z.B. Tiefgaragen
 - Kraftwerke
 - Überwachung der Außenluft oder Schutzluft in Haus- und Großschutzräumen
3. Prozesskontrolle
 - Bioreaktoren
 - Chemieindustrie

Jede dieser Messaufgaben stellt an die eingesetzten Geräte und Sensoren spezifische Anforderungen. Arbeitsplatzmessungen erfordern häufig lange Messzeiten mit einer Summierung und Auswertung der Messwerte zur Beurteilung der Gesundheitsgefahr. Da viele Stoffe bereits in geringen Konzentrationen für den menschlichen Organismus schädlich sind, müssen die Sensoren niedrige Konzentrationen möglichst exakt erfassen.

3.12.1 Messung der Gaskonzentration mit Infrarot

Grundlagen

Zur Beurteilung der Raumluftqualität wird die CO₂-Konzentration als Indikator herangezogen. Eine zu hohe CO₂-Konzentration in der Raumluft (Grenzwert 1000 ppm) wird als "schlechte oder verbrauchte" Luft empfunden.

Die Grafik rechts zeigt das Spektrum der für den Menschen relevanten CO₂-Konzentrationen.

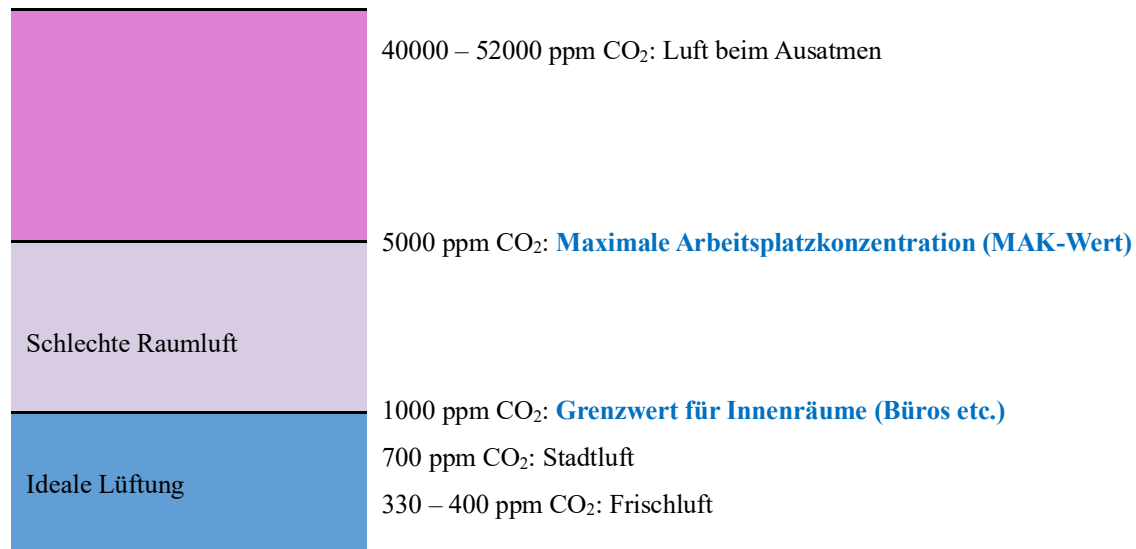


Abb. 3.12.1 Für den Menschen relevante CO₂-Konzentrationen

Auswahl, Produktübersicht

Sensortyp	Messbereich	Art
FYAD00CO2	0 bis 10000 ppm 0 bis 5000 ppm	mit Handgriff
FYA600CO2	nominal (% CO ₂) 0 bis 2,5% 0 bis 10% 0 bis 25%	zur Wandmontage

3.12.1.1 Digitale Kohlendioxidsonde FYAD 00-CO2

Messprinzip

Die Sonde FYAD00CO2 erfasst mit einer 2-Strahl Infrarotzelle CO₂-Konzentrationen von 0 bis 10000 ppm. Die Luftdruckabhängigkeit der CO₂-Messung wird durch ein eingebautes Luftdrucksensorelement kompensiert.

Alle Abgleich- und Fühlerdaten sind in der Kohlendioxidsonde gespeichert. Alterungseffekte werden automatisch (ohne Frischluftzufuhr) durch ein Autokalibrierverfahren kompensiert.

Fühlereigenschaften



Abb. 3.12.2
Digitale Kohlendioxidsonde FYAD 00-CO2

Ausstattung

Die digitale Kohlendioxidsonde besitzt einen integrierten Signalprozessor. Vor Verschmutzung wird das Sensorelement durch eine auswechselbare PTFE-Filterkappe geschützt.

Das digitale Luftdrucksensorelement zur automatischen Luftdruckkompensation ist im Griff des Sensors eingebaut.

Ausführungen

Sensortyp	Messbereich	Genauigkeit
FYAD00CO2B10	0 bis 10000 ppm	$\pm(100 \text{ ppm} + 5\% \text{ vom Messwert})$
FYAD00CO2B05	0 bis 5000 ppm	$\pm(50 \text{ ppm} + 3\% \text{ vom Messwert})$

Programmierung

Messbereiche bei Auslieferung

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. CO ₂ -Konzentration mit LK	B-01	DIGI	0	0 bis 10000	pp	1 ppm
2. Luftdruck	B-02	DIGI	-1	300,0 bis 1100,0	mb	0,1 mb

Konfigurierbare Messbereiche

Die Messbereiche der Messkanäle sind aus einer Liste von Bereichen im Sensormenü konfigurierbar.

Bezeichnung	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. CO ₂ ppm avg	B-01	DIGI	0	0 bis 10000	pp	1 ppm
2. Luftdruck AP, p	B-02	DIGI	-1	300 bis 1100,0	mb	0,1 mb
3. CO ₂ ppm*	B-03	DIGI	0	0 bis 10000	pp	1 ppm
4. Temperatur Tp,t*	B-04	DIGI	-1	-40,0 bis +60,0	°C	0,1 K

* Bereich auch über ALMEMO® Gerät aktivierbar.

Der Standard-CO₂ Bereich (1. CO₂ ppm avg) ist über 11 Messwerte des Primärwertes (3. CO₂ ppm, Messzeit 15 s) gemittelt (Messzeit 165 s).

Technische Daten

Gas	Kohlendioxid, CO ₂
Messprinzip	nicht-dispersive Infrarot-Technologie (NDIR)
Sensorelement	2-Strahl Infrarotmesszelle
Messbereich:	
FYAD 00-CO2B10	0 bis 10 000 ppm
FYAD 00-CO2B05	0 bis 5 000 ppm
Genauigkeit:	
FYAD 00-CO2B10	±(100 ppm + 5% vom Messwert)
FYAD 00-CO2B05	±(50 ppm + 3% vom Messwert)
Nennbedingungen	25°C, 1013 mbar
Temperaturabhängigkeit	typ. 2 ppm CO ₂ / K im Bereich 0 bis 50°C
Ansprechzeit	< 195 s
Einsatzbereich	-40 bis +60°C, 0 bis 95% rH (nicht kondensierend)
Messintervall	gleitender Mittelwert 165 s (= 11 Momentanwerte 15 s)
Filterkappe	PTFE
Sensoranschluss	Steckanschluss
Handgriff	mit Buchse, eingebaute Elektronik
ALMEMO® Anschlusskabel	fest angeschlossenes Kabel 2 m mit ALMEMO® D6 Stecker
Digitales Luftdrucksensorelement	
eingebaut im Handgriff	
Messbereich	300 bis 1100 mbar
Genauigkeit	± 2,5 mbar (23°C ± 5K)
ALMEMO® D6-Stecker	
Refreshrate	1 Sekunde für alle 4 Kanäle
Versorgungsspannung	6 bis 13 V DC
Stromverbrauch	25 mA

Abmessungen

Durchmesser 20 mm

Gesamtlänge inkl. Sensorelement 245 mm

Filterkappe: Durchmesser ca. 18 mm, Länge ca. 41 mm

Handhabung

Überprüfung

Stellen Sie bitte vor der Messung sicher, dass die Fühlerspitze mit dem Bajonettverschluss fest am Fühlergriff angebracht ist.

Messen

Langzeitmessungen im Sleepmode sind möglich, allerdings nur für aktuelle Gerätetypen mit einer Sleepverzögerung von 180 s. Diese Sleepverzögerung ist erforderlich, um einen sicheren Mittelwert zu erhalten.

Fühlerschutz

Der Sensor darf nur an das ausgeschaltete Messgerät angesteckt werden.

Bei Beschädigung oder Verschmutzung kann die Filterkappe des Sensors nachbestellt werden (Artikelnummer: ZB9600CO2SK).

3.12.1.2 Kohlendioxidsonde FYA 600-CO2

Messprinzip

Die Kohlendioxid-Gassonde FYA 600-CO2 arbeitet auf infrarot-optischer Basis und nutzt die Lichtabsorption des CO2 in einem schmalen Wellenlängenbereich der infraroten Strahlung.

Der Zusammenhang zwischen Ausgangssignal des Moduls und der CO2-Konzentration ist wesentlich durch das Lambert-Beersche Absorptionsgesetz bestimmt. Durch weitere Effekte ist der Zusammenhang nicht einfach logarithmisch. Die Gaszuführung erfolgt insbesondere für die Klimatechnik über freie Konvektion. Der Sensor verwendet keine mechanisch bewegten Teile.

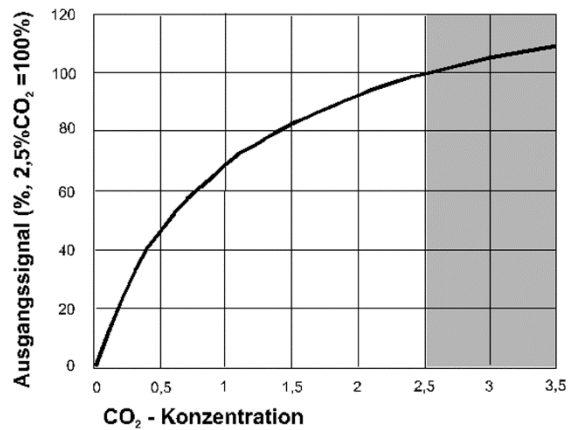


Abb. 3.12.3 Abhängigkeit des Ausgangssignals von der CO2-Konzentration

Das Ausgangssignal der Kohlendioxidsonde FYA 600-CO2 ist eine Spannung von 0 bis 2 Volt. 0 Volt wird bei Abwesenheit von CO2 ausgegeben. 2 Volt wird auf den Endwert des jeweiligen Messbereichs bezogen.

Die Endwerte können von 0,5% bis 25% CO2 gewählt werden, sodass der Sensor universell einsetzbar ist. Das Ausgangssignal ist in der vorliegenden Version des Sensors standardmäßig temperaturkompensiert.

Fühlereigenschaften

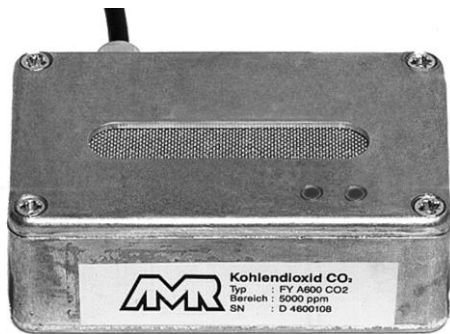


Abb. 3.12.4 Kohlendioxidsonde FYA 600-CO2

Ausführungen

Sensortyp	Messbereich nominal (% CO2)	
FYA600CO2	0 bis 2,5% 0 bis 10% 0 bis 25%	Messbereiche müssen bei Bestellung angegeben werden.

Technische Daten

Gas	Kohlendioxid, CO2
Messprinzip	IR-optisch
Messbereiche nominal (% CO2)	0 bis 2,5%, 0 bis 10%, 0 bis 25%

Sensoren zur Messung der Konzentration von Gasen

Genauigkeit	±2% vom Endwert
Reproduzierbarkeit	±1% vom Endwert
Auflösung, abh. v. Messbereich	< 200 ppm bei 2,5%
Spannungsausgang	0 bis 2 V auf ALMEMO® Stecker Linearisierung im ALMEMO® Gerät
Spannungsversorgung	6,5 bis 12V DC aus dem ALMEMO® Gerät, Betrieb mit Steckernetzteil empfohlen
Stromaufnahme	eff. 50 mA / max. 70 mA
Einstellzeit t_{90}	< 60 s
Temperaturkoeffizient	typisch -0,4% Signal / K
Temperaturbereich	5 bis 40°C
Relative Feuchte	0 bis 95% nicht kondensierend
Gewicht	241 g
Anschlusskabel	1,5 m mit ALMEMO® Stecker

Abmessungen

B 96 mm x H 36 mm x T 64 mm

Handhabung

Vorbereitung

Die Einstellzeit wird im Wesentlichen durch die Beströmung/Spülrate des Innenraumes des Sensors bestimmt. Das CO₂-Gas hat ein größeres spezifisches Gewicht als Luft, so dass es "am Boden" liegt. Die empfohlene Einbaulage des Sensors ist deshalb stehend (senkrecht). Der Sensor besitzt zur Wandmontage Befestigungsbohrungen für Schrauben.

Bei dem Betrieb von mehr als einem CO₂-Sensor an einem ALMEMO® Gerät wird eine externe Stromversorgung der CO₂-Sensoren erforderlich. Abhängig vom speziellen Messaufbau sind verschiedene Varianten der Stromversorgung erhältlich.

Überprüfung

Eine Überprüfung des Nullpunktes kann mit hinreichender Genauigkeit in Umgebungsluft geschehen. Der CO₂-Gehalt von frischer, unbelasteter Umgebungsluft beträgt im Schnitt 330 - 370 ppm (ca. 0,03%). Dieser Wert kann lokal z.B. in Stadt- oder Industriegebieten aber auch überschritten werden.

Messgenauigkeit erhöhen

Hat der Sensor in seiner Genauigkeit nachgelassen, reicht es meist, den Nullpunkt zu korrigieren (am CO₂-Sensor: Offset).

Sollte ein vollständiger Neuabgleich nötig sein, lässt sich am CO₂-Sensor Nullpunkt (Offset) und Verstärkung (SPAN) einstellen. Dazu sind CO₂-freie synthetische Luft und ein Prüfgas mit definierter CO₂-Konzentration nötig. Ein Volumenstrom von mind. 1l/min muss eingestellt werden.

Messen

Der CO₂-Sensor ist bei Auslieferung auf den entsprechenden Bereich abgeglichen und sofort betriebsbereit.

Ein Betrieb im SLEEP-Mode der ALMEMO® Geräte ist nicht möglich

Fühlerschutz

Gassonden sind sehr empfindliche Messeinrichtungen. Sie dürfen keinen Stößen bzw. ruckartigen Bewegungen ausgesetzt werden. Eine mechanische Belastung könnte dazu führen, dass eine erneute Justierung des Sensors nötig wird.

3.12.2 Elektrochemische Messung der Gaskonzentration

Messprinzip

Maßgeblich für die Funktion der elektrochemischen Sensoren sind Redox-Vorgänge. Bei der chemischen Reaktion zweier Stoffe werden meist Elektronen zwischen den Stoffen übertragen. Ein Reaktionspartner wird oxidiert, d.h. er gibt Elektronen ab, der andere reduziert, d.h. er nimmt Elektronen auf.

Gelingt es, Oxidation und Reduktion räumlich in sogenannten Halbzellen (Anode, Kathode) so voneinander zu trennen, dass der Elektronentausch nicht direkt zwischen den Molekülen stattfindet, sondern über einen äußeren Stromkreis, kann der Elektronenstrom als Maß für die Intensität der Reaktion genutzt werden.

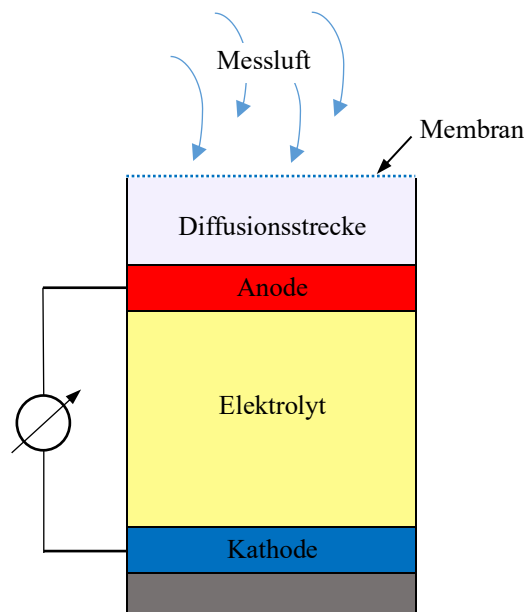
Technisch ist das so realisiert, dass die Vorgänge an Elektroden ablaufen, die in einen Elektrolyten eingetaucht sind, durch den ein Ionenaustausch möglich ist.

Zur Verdeutlichung die Elektrodenreaktionen einer CO-Sonde und einer H₂S-Sonde seien stellvertretend genannt:

Reaktion	H ₂ S-Sonde (Schwefelwasserstoff)	CO-Sonde (Kohlenmonoxid)
Oxidation - Anode	$\text{H}_2\text{S} + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 8 \text{H}^+ + 8 \text{e}^-$	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$
Reduktion - Kathode	$2 \text{O}_2 + 8 \text{H}^+ + 8 \text{e}^- \rightarrow 4 \text{H}_2\text{O}$	$\frac{1}{2} \text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

Ein elektrochemischer Sensor besteht aus einem meist als Messzelle bezeichneten Gehäuse, dessen Stirnseiten mit gasdurchlässigen Membranen verschlossen sind. Im Gehäuse befinden sich ein Elektrolyt, die Messelektrode (Anode) und die Gegenelektrode (Kathode). Der Elektrolyt selbst kann flüssig oder gelförmig sein. Manchmal ist auch ein poröser Feststoff mit Elektrolyt getränkt. Der Elektrolyt besteht aus einer starken basischen oder sauren Lösung, deren Bestandteile in ionisierter Form vorliegen.

Das zu messende Gasgemisch diffundiert durch die Membran in den Elektrolyten der Messzelle hinein. An der Gegenelektrode werden die frei werdenden H⁺ Ionen und die Elektronen in einer Kathodenreaktion mit Sauerstoff in Wasser, H₂O, umgewandelt. Der dabei erzeugte Strom zwischen Anode und Kathode ist zur Gaskonzentration im gemessenen Gasgemisch direkt proportional.



Auswahl, Produktübersicht

Sensortyp	Gemessenes Gas	Ausführungen	Messbereich
FYA600CO	Kohlenmonoxid CO	FYA600COB1	0 bis 150 ppm
		FYA600COB2	0 bis 300 ppm
		FYA600COB3	0 bis 5000 ppm
		FYA600COB4	0 bis 5 Vol. %
FYA600O2	Sauerstoff O ₂	FYA600O2	1 bis 100% O ₂ , linear
FYA600O3	Ozon O ₃	FYA600O3	0 bis 300 ppb
FYA600A	Ammoniak NH ₃	FYA600ANH3	0 bis 250 ppm
	Stickstoffdioxid NO ₂	FYA600ANO2	0 bis 30 ppm
	Stickstoffoxid NO	FYA600ANO	0 bis 50 ppm
	Chlorgas Cl ₂	FYA600ACL2	0 bis 50 ppm
	Schwefeldioxid SO ₂	FYA600ASO2B1	0 bis 20 ppm
		FYA600ASO2B2	0 bis 50 ppm
		FYA600ASO2B3	0 bis 250 ppm
	Schwefelwasserstoff H ₂ S	FYA600AH2SB2	0 bis 50 ppm
		FYA600AH2SB3	0 bis 250 ppm
	Ethylenoxid C ₂ H ₄ O	FYA600AC2H4OB1	0 bis 20 ppm
		FYA600AC2H4OB2	0 bis 50 ppm
		FYA600AC2H4OB4	0 bis 100 ppm

Anwendungsbereiche

Kohlenmonoxid-Sonde FYA600COBX

- Zum Messen, Steuern und Warnen in Garagen
- Zur Raumluftüberwachung auf maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK-Wert z.B. in Laboren oder Motorprüfständen)
- Zur Überwachung der Außenluft oder Schutzluft in Haus- und Großschutzräumen.

Sauerstoff-Sonde FYA600O2

- Messung in Klimaanlage, Luftreinigern, Sauerstoffgleichrichtern, Gewächshäusern, Sauerstoff-Brutkästen
- Von der PTB und für Abgasuntersuchungen in der Automobilindustrie anerkannt

Ozon-Sonde FYA600O3

Ozon ist ein giftiges Spurengas, das beim Menschen schwere Schleimhautverätzungen hervorrufen kann, wenn es in hohen Konzentrationen eingeatmet wird. In vielen Bereichen sind deshalb Kontrollmessungen des Ozongehalts der Luft notwendig, z. B.:

- Suche nach Lecks in der Industrie
- im Arbeitsschutz
- für mobile Luftgütemessungen
- Gewinnung von Daten über die Umwelt

Hinweise zur Messung

Aufgrund der stark basischen bzw. sauren Bestandteile der Elektrolyte ist besondere Vorsicht im Umgang mit undichten Messzellen geboten, um Verätzungen der Haut und Schleimhäute zu vermeiden.

3.12.2.1 Kohlenmonoxid-Sonde FYA 600-CO

Grundlagen

Wirkung von CO in der Umgebungsluft auf den menschlichen Körper:

CO Konzentration		Inhalationszeit und Folgen
30 ppm	0,003%	MAK-Wert (Maximale Konzentration am Arbeitsplatz bei 8-stündiger Arbeitszeit) für Deutschland
200 ppm	0,02%	Leichte Kopfschmerzen innerhalb 2 - 3 Stunden
400 ppm	0,04%	Kopfschmerzen im Stirnbereich innerhalb 1 - 2 Stunden, breitet sich im ganzen Kopfbereich aus
800 ppm	0,08%	Schwindel, Übelkeit und Gliederzucken innerhalb 45 Minuten, Bewusstlosigkeit innerhalb 2 Stunden
1600 ppm	0,16%	Kopfschmerzen, Übelkeit, Schwindel innerhalb 20 Minuten, Tod innerhalb 2 Stunden
3200 ppm	0,32%	Kopfschmerzen, Übelkeit, Schwindel innerhalb 5 - 10 Minuten, Tod innerhalb 30 Minuten
6400 ppm	0,64%	Kopfschmerzen und Schwindel innerhalb 1 - 2 Minuten, Tod innerhalb 10 - 15 Minuten
12800 ppm	1,28%	Tod innerhalb 1 - 3 Minuten

Fühlereigenschaften

Technische Daten

Gas	Kohlenmonoxid, CO
Messprinzip	elektrochemische Reaktion
Messbereich	
FYA600COB1	0 bis 150 ppm
FYA600COB2	0 bis 300 ppm
FYA600COB3	0 bis 5000 ppm
FYA600COB4	0 bis 5 vol. %
Nullpunktfehler	< 10 ppm CO
Pegelwertunruhe	< 3 ppm CO
Messwertfehler	±3% vom Messbereichsendwert
Nullpunktdrift	< 2% (1 Jahr)
Wiederholbarkeit	< 2% (1 Jahr)
Linearität	< 2% vom Messbereichsendwert
Einstellzeit t ₉₀	< 60 s
Querempfindlichkeiten	< 2% durch integrierten Filter
Ausgang	4 bis 20 mA auf ALMEMO® Stecker
Versorgungsspannung	über ALMEMO® Gerät
Umgebungstemperatur	-10 bis +40°C, Sensor im Bereich temperaturkompensiert
Luftfeuchtigkeit	0 bis 90% nicht kondensierend
Lebensdauer der Messzelle	ca. 2 Jahre typisch
Gewicht	600 g
Anschlusskabel	1,5 m mit ALMEMO® Stecker

Abmessungen

Messkopfabmessungen: Ø 80 mm, Höhe 80 mm

Handhabung

Messgenauigkeit erhöhen

Alle zwei Jahre wird eine neue Justierung empfohlen.

Bei Einsendung des Sensors erhält er nach Bestellung des Servicepakets ZB9600COD eine neue Messzelle und eine Justierung mit Werks-Prüfschein.

Messen

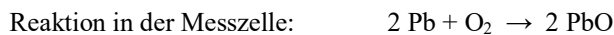
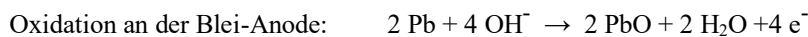
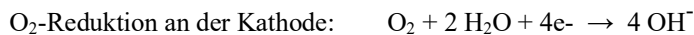
Ein Betrieb im SLEEP Mode der ALMEMO® Geräte ist nicht möglich.

3.12.2.2 Sauerstoffsonde FYA 600-O2

Messprinzip

Die Sauerstoffsonde enthält eine Blei-Sauerstoff-Zelle, die aus einer Blei-Anode und einer Gold-Kathode unter Verwendung eines speziellen Säure-Elektrolyten besteht. Die Sauerstoffmoleküle der Gasmischung diffundieren durch eine nicht-poröse Membran in die elektrochemische Zelle und werden dort durch die Goldelektrode aufgenommen.

Die chemischen Prozesse sind durch folgende Reaktionsgleichungen beschrieben:



Ausgangssignal

Der Stromfluss zwischen den Elektroden ist proportional zur Sauerstoffkonzentration in dem zu messenden Gasgemisch. Das Signal wird als Spannungsabfall sowohl über einen Widerstand als auch einen NTC (für die Temperaturkompensation) gemessen.

Die Änderung der Ausgangsspannung ist proportional zur Konzentration des Sauerstoffes, sofern dessen Eindringen in das Sensorelement allein durch die Diffusion begrenzt wird. Als Diffusionsmembran dient ein Kunststofffilm.

Bei größeren Gasdrücken erhöht sich die Diffusionsrate der Moleküle. Damit ist das Ausgangssignal direkt proportional zum Sauerstoffpartialdruck, wodurch eine lineare Antwort über alle Konzentrationen gewährleistet ist.

Querempfindlichkeit

In typischen Gasgemischen treten nur geringe Querempfindlichkeiten auf:

Gasgemisch	Änderung Ausgangssignal
16% CO ₂ / N ₂ -Gleichgewicht	< 0,01% O ₂
5% H ₂ / N ₂ -Gleichgewicht	< 0,001% O ₂
2000 ppm n-Hexan / N ₂ -Gleichgewicht	< 0,01% O ₂
6% CO / N ₂ -Gleichgewicht	< 0,002% O ₂
3000 ppm NO / N ₂ -Gleichgewicht	< 0,002% O ₂

Sensoren zur Messung der Konzentration von Gasen

Auch wenn der Sensor über längere Zeit in solchen Gasgemischen eingesetzt wird, bleibt seine Ausgangscharakteristik unbeeinflusst:

Gasgemisch	Zeit
14,4% CO ₂ / 3,6% CO / 2050 ppm Propan / N ₂ -Gleichgewicht	16 Wochen
8% CO ₂ / 10% O ₂ / N ₂ -Gleichgewicht	72 Stunden
50% CO ₂ / 10% O ₂ / N ₂ -Gleichgewicht	18 Stunden

Obwohl die Konzentrationsmessung auf einer kapillaren Diffusionsmembran beruht, kommt es weder zu einem erhöhten CO₂-Massenfluss, noch tritt ein Gas-Trägereffekt auf. Dies bedeutet, dass das Ausgangssignal der Sauerstoffsonde allein vom Sauerstoffpartialdruck abhängig ist.

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Die O₂-Sonde beinhaltet eine kleine Platine, auf der sich der Messwiderstand und die Elektronik für die Temperaturkompensation befinden. Das Ansprechverhalten des Sensors ist durch eine kompensierende Hilfssonde optimiert.

Die Temperaturkompensation (NTC nahe der Sensorelektrode) stabilisiert das Ausgangssignal des Sensors und wirkt im Bereich -10°C bis +40°C.

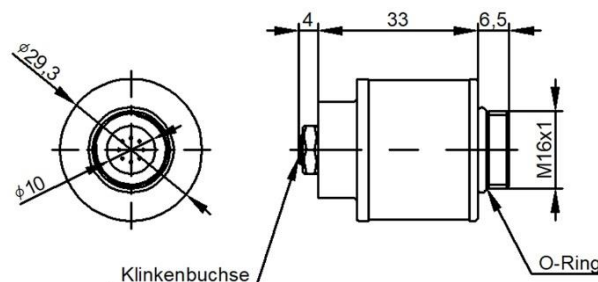
Der Anschluss der Sensors an die ALMEMO® Messgeräte erfolgt über eine Standard-Klinkenbuchse (3,5mm) mit Hilfe des Adapterkabels ZA 9600-AKO2.

Technische Daten

Gas	Sauerstoff, O ₂
Messprinzip	elektrochemische Zelle
Messbereich	1 bis 100% O ₂ , linear
Genauigkeit	1% O ₂
Auflösung	0,01% O ₂
Ansprechzeit	< 40 s
Signal drift	< 2% Signal/Monat (typisch < 5% über die Lebenszeit)
Offsetspannung bei 20°C	< 20 µV
Betriebszeit	2 Jahre, bei Betrieb in 20,9% O ₂
Nennbedingungen	20°C, 50% rH, 1013 mbar
Temperaturbereich	-20 bis +50°C
Temperaturkompensation	wirksam im Bereich -10 bis +40°C
Druckbereich	Luftdruck ±10%
Relative Feuchte	0 bis 99% nicht kondensierend
Anschlusskabel	Adapterkabel 1,5m lang

Abmessungen

Höhe: 43 mm
Durchmesser: 29,3 mm



Handhabung

Überprüfung

Infolge der elektrochemischen Prozesse unterliegen die Sensoren einer natürlichen Alterung. Deshalb sollte vor jeder Messung oder in regelmäßigen Abständen der Sollwert überprüft und bei Bedarf korrigiert werden. In frischer Luft muss der Sensor 20,9% O₂ anzeigen. Weicht der Messwert von diesem Sollwert ab, muss der Sensor durch Programmierung eines Korrekturfaktors neu justiert werden.

Messgenauigkeit erhöhen

Zum Ausgleich der natürlichen Alterung der Sensoren kann im ALMEMO® Anschlussstecker ein Korrekturwert abgelegt werden, sodass für die gesamte Betriebszeit eine optimale Ausgangscharakteristik gewährleistet ist.

Bei den meisten ALMEMO® Anzeigegeräten ist eine automatische Sollwertprogrammierung vorgesehen. Der Sollendwert wird eingegeben, der Korrekturfaktor automatisch berechnet und als FAKTOR im EEPROM des Steckers abgelegt. Bei allen neuen Geräten ist der Abgleich über Tasten in der jeweiligen Bedienungsanleitung unter Punkt 'Sollwerteingabe' beschrieben, der Abgleich über die Schnittstelle im Kapitel 6.4.2. Der Verriegelungsmodus muss dazu auf 4 eingestellt sein.

Dabei ist prinzipiell folgender Ablauf durchzuführen:

1. Sonde in frische Luft bringen.
2. Stecker auf Verriegelungsmodus 4 einstellen.
3. Sollwert 20,9% eingeben und abgleichen.
Der Korrekturfaktor wird als FAKTOR gespeichert und der Messwert zeigt jetzt 20,9%.
4. Stecker auf Verriegelungsmodus 5 einstellen.

Bei den Geräten ohne Sollwerteingabe kann der Faktor (Sollwert/Istwert) selbst berechnet und programmiert werden (siehe Kapitel 6.3.11).

Fühlerschutz

Betriebszeit

Die Betriebszeit des Sensors hängt von der für die Sauerstoffreaktion zur Verfügung stehenden Bleimasse und deren Oxidationsrate ab. Hohe Sauerstoffpartialdrücke und hohe Temperaturen erhöhen das Ausgangssignal des Sensors und verkürzen damit die Betriebszeit. Am Ende bricht das Sensorsignal in Luft schnell auf 0 mV zusammen.

Durch Aufschrauben der Schutzkappe bei Nichtgebrauch verhindern Sie die Oxidation und erhöhen so die Lebensdauer.

3.12.2.3 Ozon-Messumformer FYA 600-O3

Messprinzip

Der Ozonmessumformer FYA 600-O3 basiert auf einem elektrochemischen Dreielektroden-Sensor. Zur Luftprobenentnahme dient eine im Gehäuse des Sensors integrierte Membranpumpe mit einer typischen Ansaugrate von 500 ml/min. Zur Erhöhung der Pumpenlebensdauer wird die Außenluft im Intervallbetrieb angesaugt und während der zweiten Hälfte der Ansaugphase gemessen.

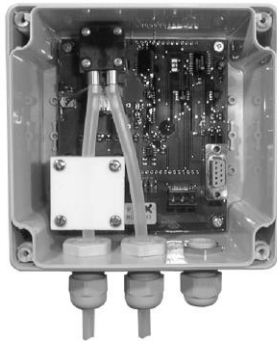


Abb. 3.12.6
Geöffneter Ozon-Messumformer

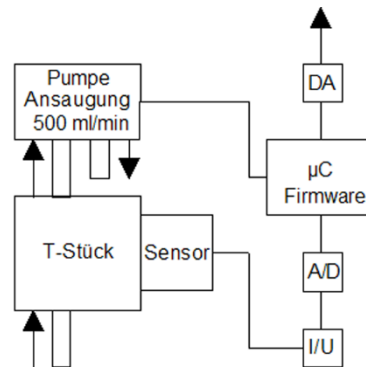


Abb. 3.12.7
Aufbau des Ozon-Messumformers

Grundlagen

Umrechnungsformel

Für die Ozonkonzentration gilt bei einer Temperatur von 20°C und einem Druck von 1013 mbar:

$$1 \text{ ppb} = 2,00 \cdot \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

ppb: steht hier für Volumenmischungsverhältnis (1 zu 10⁹ Volumenanteile)

Fühlereigenschaften

Ausstattung

Jede Ozonsonde wird mit Prüfschein geliefert. Durch die hohe Langzeitstabilität fallen nur geringe Wartungskosten an.

Ausführungen

Wie auch in den ‚Technischen Daten‘ zu sehen, ist die Pumpe in jedem Messintervall jeweils 5 Minuten an- und 10 Minuten ausgeschaltet. In diesen 10 Minuten wird das Ozon in der Messzelle vollständig verbraucht. Wenn sich kein Ozon mehr in der Messzelle befindet, führt die Ozonsonde automatisch einen Nullabgleich durch. Danach wird die Messzelle im nächsten Messintervall wieder 5 Minuten lang vollgepumpt.

Der Intervallbetrieb der Pumpe verlängert die Lebensdauer der Ozonsonde, während der Nullabgleich die Genauigkeit der Messungen erhöht.

Wird der Sensor jedoch z.B. im Personenschutz eingesetzt und bei einem plötzlichen Anstieg des Ozons soll ein Alarm ausgegeben werden, sollte die Pumpe zur Vermeidung von Verzögerungen im Dauerbetrieb laufen (Option OY9600O3D).

Technische Daten

Gas	Ozon, O ₃
Messprinzip	elektrochemischer Dreielektrodensensor
Messbereich	0 bis 300 ppb
Nachweisgrenze	20 ppb
Genauigkeit	typ. 5% v. Endwert bei Nennbedingungen (für Intervallbetrieb)
Langzeitgenauigkeit	nach 12 Monaten bei Nennbedingungen typ. 5% v. Endwert (für Intervallbetrieb)
Expositionszeit	bis zum Erreichen der Spezifikation mind. 2 h (bei 200 ppb); das Gerät befand sich längere Zeit in ozonfreier Umgebung
Messintervall	Pumpe an: 5 min Pumpe aus: 10 min Option: OY9600 O3 Pumpe im Dauerbetrieb (Werkseinstellung)
Pumpenströmungsrate	500 ml/min
Signalausgang	0 bis 2V, Lastwiderstand > 100 kΩ
Spannungsversorgung	6 bis 14 V, stabil
Stromaufnahme	Pumpe an: 50 mA typ. Pumpe aus: 25 mA typ. Pumpe blockiert: 180 mA typ.
Überlastbarkeit	1 ppm
Lebenserwartung	Sensorelement typ. 24 Monate (bei 20 °C) Pumpe typ. 6000 h
Nennbedingungen	20°C, 30% rH, 1013 mbar, keine Verschmutzung der Kontaktflächen
Einsatzbereich	-20 bis +40°C / 30% bis 80% rH
Lagertemperatur	0 bis 20°C bei 30% bis 80% rH, nicht kondensierend
Anschlusskabel	1,5 m lang mit ALMEMO® Stecker, programmiert in ppb

Abmessungen

Länge: 180 mm, Breite: 125 mm, Höhe: 90 mm

Handhabung

Vorbereitung

Installationshinweise

1. Sie erreichen die höchste Messgenauigkeit bei einer konstanten Umgebungstemperatur von ca. 20°C. Wir empfehlen die Montage des Ozonmessumformers im Gebäude in mindestens 3 m Höhe mit einem nach außen geführten Ansaugschlauch (PTFE-Schlauch).
2. Die Öffnung des Ansaugschlauches muss mindestens 20 cm von Wänden bzw. anderen Gegenständen entfernt sein und dabei nach unten zeigen.
3. Sollte die Innenmontage nicht möglich sein, muss der Ozonmessumformer im 24-Stunden-Schatten (Nordseite) montiert werden. Wegen der größeren Temperaturschwankungen ist dabei jedoch mit einer geringeren Messgenauigkeit zu rechnen. Bringen Sie den Ozonsensor bei Außenmontage geschützt vor Niederschlägen z.B. auf einem Balkon, unter einem Vordach oder einer Schutzhaube an.
4. Bringen Sie die Ozonsonde so an, dass er für laufende Wartungen zugänglich bleibt.
5. Installieren Sie die Ozonsonde an einem Platz, der gut belüftet ist, damit das Ozon nicht durch fehlende Konvektion zerfällt.

Sensoren zur Messung der Konzentration von Gasen

Anschlussplan

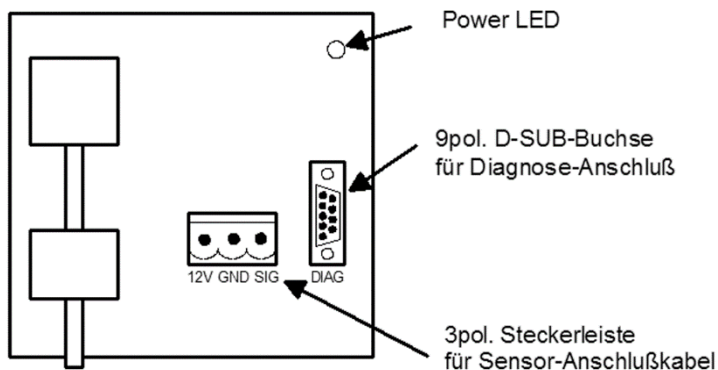


Abb. 3.12.8 Anschlussplan des FYA 600-O3

Messen

Wenn die Ozonsonde längere Zeit in ozonfreier Umgebung gelagert wurde, dauert es eine gewisse Zeit, bis sie die volle Empfindlichkeit erreicht. Bei 200 ppb sind das mindestens 2 Stunden, bei geringeren Konzentrationen dauert es länger.

Ozon breitet sich im Gegensatz zur Temperatur wolkenförmig aus, d. h. es herrscht eine starke lokale und zeitliche Verteilung. Zudem erfolgt die Messung im Intervallbetrieb. Deshalb ist es möglich, dass die Ozonwerte innerhalb kurzer Zeit um bis zu 50% schwanken können.

Fühlerschutz

Es wird empfohlen, den Sensor ohne Filter zu betreiben, da diese in der Praxis, z.B. bei Pollenflug, schnell verschmutzen und zur Verfälschung der Messergebnisse führen.

Wartung

Bei Messungen im Außenbereich ist die Wartung jährlich im Frühjahr durchzuführen, damit die höchste Messgenauigkeit in der Ozonsaison gegeben ist. Bei saisonunabhängigen Messungen empfehlen wir eine Wartung alle 24 Monate.

Wartungspaket ZB9600O3S: neue elektrochemische Messzelle, Pumpentausch, Neujustierung inklusive Prüfschein.

Außergewöhnliche Witterungen, wie z. B. ein heißer trockener Sommer, starker Pollenflug, oder Fremdstoffe (z.B. Lacke), führen zu einer vorzeitigen Verschlechterung der Eigenschaften des Sensors. Gegebenenfalls ist ein kürzeres Wartungsintervall notwendig.

3.12.2.4 Gassonden für verschiedene Gase FYA 600-A

Fühlereigenschaften

Ausführungen

Die Gassonden ALMEMO® FYA600A eignen sich zur kontinuierlichen Messung toxischer Gaskonzentrationen in Luft in den Bereichen von 0 bis 250 ppm. Verschiedenartige elektrochemische Typen stehen zur Verfügung.

Artikelnummer	Gas	Bereich
FYA600ANH3	Ammoniak NH ₃	0 bis 250 ppm
FYA600ANO2	Stickstoffdioxid NO ₂	0 bis 30 ppm
FYA600ANO	Stickstoffoxid NO	0 bis 50 ppm
FYA600ACL2	Chlorgas Cl ₂	0 bis 50 ppm
FYA600ASO2B1	Schwefeldioxid SO ₂	0 bis 20 ppm
FYA600ASO2B2	Schwefeldioxid SO ₂	0 bis 50 ppm
FYA600ASO2B3	Schwefeldioxid SO ₂	0 bis 250 ppm
FYA600AH2SB2	Schwefelwasserstoff H ₂ S	0 bis 50 ppm
FYA600AH2SB3	Schwefelwasserstoff H ₂ S	0 bis 250 ppm
FYA600AC2H4OB1	Ethylenoxid C ₂ H ₄ O	0 bis 20 ppm
FYA600AC2H4OB2	Ethylenoxid C ₂ H ₄ O	0 bis 50 ppm
FYA600AC2H4OB4	Ethylenoxid C ₂ H ₄ O	0 bis 100 ppm

Technische Daten

Gas	siehe oben unter „Ausführungen“
Messprinzip	elektrochemische Reaktion
Messbereich	siehe oben unter „Ausführungen“
Messwertfehler	±3% vom Messbereichsendwert
Nullpunktdrift	< 2% (1 Jahr)
Wiederholbarkeit	< 2% (1 Jahr)
Linearität	< 2% vom Messbereichsendwert
Einstellzeit t ₉₀	< 60 s
Querempfindlichkeiten	< 2% durch integrierten Filter
Ausgang	4 bis 20 mA auf ALMEMO® Stecker
Versorgungsspannung	über ALMEMO® Gerät
Umgebungstemperatur	-10 bis +40°C, Sensor in diesem Bereich temperaturkompensiert
Luftfeuchtigkeit	0 bis 90%, nicht kondensierend
Lebensdauer der Messzelle	ca. 2 Jahre typisch
Gewicht	600g
Anschlusskabel	1,5 m mit ALMEMO® Stecker

Abmessungen

Durchmesser: 80 mm

Höhe: 80 mm

Handhabung

Messgenauigkeit erhöhen

Alle zwei Jahre wird eine neue Justierung empfohlen.

Messen

Der Strom des Sensorelements wird verstärkt und über eine 2-Leiter 4-20mA Schnittstelle am Sensor ausgegeben. Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich und Skalierung hinterlegt, so dass der Messwert in ppm des jeweiligen Messgases angezeigt wird.

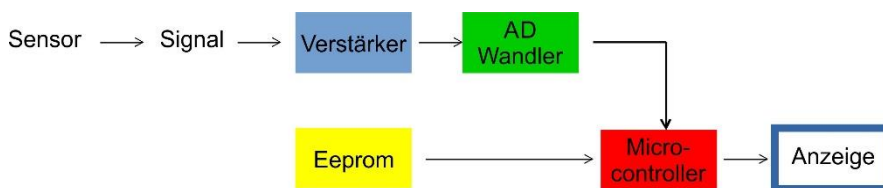
Ein Betrieb im SLEEP Mode der ALMEMO® Geräte ist nicht möglich.

4 Anschluss von Fremdsensoren und elektrischen Signalen an das ALMEMO® System

Grundlagen

Zum Anschluss von Fremdsensoren oder elektrischen Signalen an das ALMEMO® System stehen entsprechende ALMEMO® Stecker zur Verfügung.

Signalverarbeitung vom Fühler zur Anzeige, allgemein

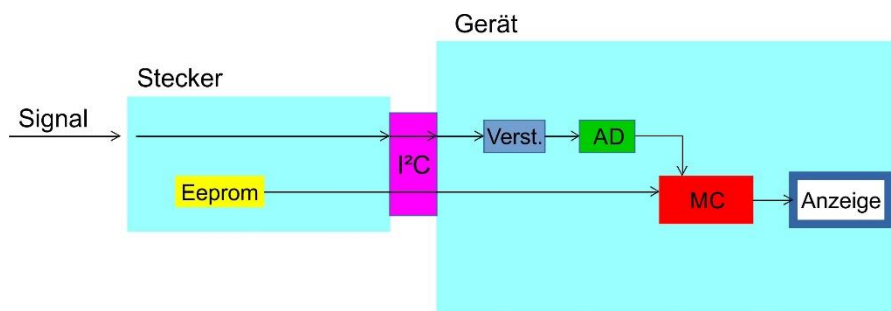


Das vom Sensor kommende analoge Signal wird über einen Verstärker an einen AD Wandler übergeben. Nachdem dieser das Signal digitalisiert hat, reicht er es an einen Mikrocontroller weiter, der es für die Anzeige oder Speicherung vorbereitet. Dafür braucht er bestimmte Informationen, z.B. über die

- Linearisierung
- Skalierung
- Dimension
- Nullabgleich
- Mehrpunktjustierung

Diese Informationen bekommt er aus einem Speicherbaustein, einem EEPROM.

Signalverarbeitung in analogen ALMEMO® Standardsteckern



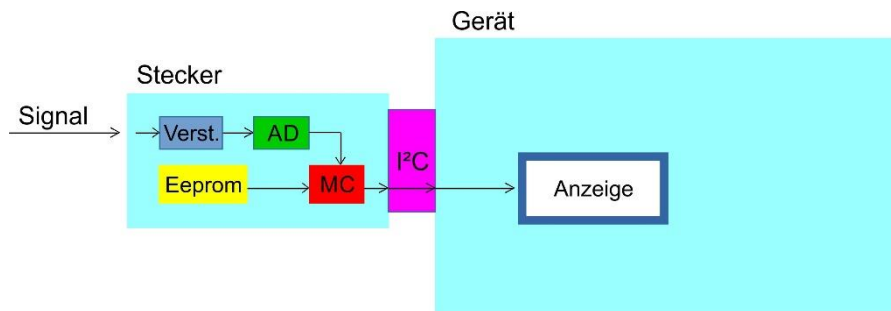
Analoge ALMEMO® Standardstecker sind über eine I²C Schnittstelle mit den Messgeräten verbunden. Das Signal passiert den Stecker unverändert und trifft erst im Gerät auf den Verstärker, den AD Wandler und den Mikrocontroller. Der Mikrocontroller holt sich die nötigen Informationen zur Aufbereitung des Signals aus dem EEPROM im analogen Standardstecker.

Indem sich der EEPROM im Stecker und nicht im Gerät befindet, beinhaltet jeder Stecker die speziellen Informationen über das Messsignal seines Sensors. So können die verschiedensten Fühler an dasselbe Messgerät angeschlossen werden.

Die Abfrage im Messgerät erfolgt mit der Wandlungsrate.

Anschluss von Fremdsensoren

Signalverarbeitung in ALMEMO® D6-Steckern



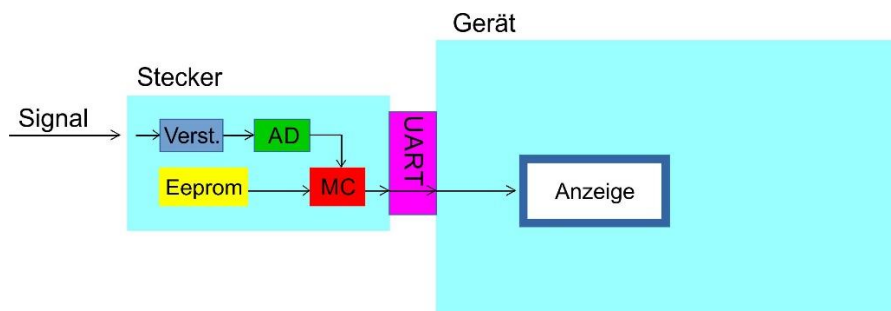
Jeder D6-Stecker besitzt neben dem EEPROM einen eigenen Verstärker, einen AD Wandler und einen Mikrocontroller. Das Gerät bekommt den fertigen, digitalen Messwert vom Stecker und benötigt deshalb nur noch die Anzeige und eventuell einen Speicher für die Messdaten.

Die Abfrage im Messgerät erfolgt mit der Wandlungsrate des Messgeräts zusammen mit den analogen Messsignalen.

Vorteile:

- Das Signal wird im Stecker digitalisiert, weshalb die Signalübertragung zum Gerät, auch bei Verwendung von Verlängerungen, unempfindlich gegenüber elektrischen Störungen ist.
- Für Kalibrierungen wird der Sensor mit seinem Stecker ohne Messgerät ans Kalibrierlabor geschickt.

Signalverarbeitung in ALMEMO® D7-Steckern



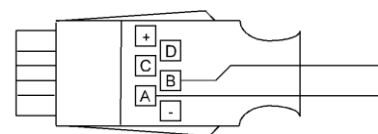
Auch hier befinden sich neben dem EEPROM der Verstärker, der AD Wandler und der Mikrocontroller im Stecker. Die Schnittstelle zwischen Stecker und Gerät ist aber eine UART Schnittstelle. Diese neue Schnittstelle zusammen mit einem weiterentwickelten Verstärker, AD Wandler und V7 Geräten ermöglicht eine Abtastung bis zu 1000 Messungen pro Sekunde.

Der neue AD Wandler liefert 24-Bit-Signale im Gegensatz zu den bisherigen 16-Bit-Signalen. Dadurch können Messwerte mit deutlich höherer Auflösung als bisher dargestellt werden.

Die Abfrage erfolgt mit dem gegenüber der Wandlungsrate deutlich schnelleren Abfragezyklus. Mehrere Stecker können gleichzeitig mit hoher Abtaste an einem Gerät arbeiten.

Aufbau der analogen ALMEMO® Standard-Stecker

Die analogen ALMEMO® Standard-Stecker besitzen im Innern 6 Schraubklemmen mit den Messeingängen A, B, C und D, sowie 2 Stromversorgungsanschlüsse + und -.



Viele dieser analogen Standard-Stecker basieren auf einem nicht programmierten Stecker, dem ZA9000 FS. Alle analogen Standardstecker, die dieselbe Hardware haben wie dieser Stecker, gehören zum Steckertyp ‚Normal‘. Durch Programmierung seines Speichers, dem EEPROM, kann dieser Steckertyp zur Messung unterschiedlicher Spannungen eingesetzt werden. Die Stecker ZA9000FS0 und ZA9000FS3 sind Beispiele für analoge Standardstecker ‚Normal‘ mit spezieller Programmierung.

Beispiele

Artikelnummer	Messbereich	Kürzel des Messbereichs	Anschluss (Multiplexer)
ZA9000FS0	-10 bis +55 mV	mV	AB
ZA9000FS3	-2,6 bis +2,6 V	Volt	AC

Da die Hardware aller analogen Standardstecker ‚Normal‘ dieselbe ist, können sie durch Wechsel des programmierten Bereichs ineinander umgewandelt werden. Beachtet werden muss, dass verschiedene Bereiche eventuell den Anschluss der Leitungen an anderen Schraubklemmen erfordern.

Analoge ALMEMO® Standardstecker können mit der Software ‚Almemo Control‘ (Download unter www.ahlborn.com) programmiert werden. Teilweise ist die Programmierung auch über die Anzeige der ALMEMO® Geräte möglich.

Aufbau der ALMEMO® D6- und D7-Stecker

Die digitalen ALMEMO® D6- und D7-Stecker sind sehr komplex und speziell auf ihre jeweilige Aufgabe zugeschnitten. Bei digitalen Steckern zum Anschluss von Fremdsensoren oder von elektrischen Signalen stehen im Inneren markierte Schraubklemmen zur Verfügung. Bestimmte Änderungen in der Programmierung der Stecker können im Sensormenü (siehe Kapitel 3.1.3.1) vorgenommen werden.

Erweiterung des analogen Standardsteckers ‚Normal‘ mit spezieller Hardware

Sensoren liefern verschiedene Messsignale, das können beispielsweise Spannungen oder auch Ströme sein. Liegen diese Messsignale nicht in dem vom analogen Standardstecker des Typs ‚Normal‘ abgedeckten Messbereich von bis zu $\pm 2,6$ V, muss er durch verschiedene Hardwareteile erweitert werden:

- Für große Spannungssignale (z.B. 26 Volt) ist er mit einem Spannungsteiler ausgerüstet (Steckertyp ‚Teiler‘, siehe Kapitel 3.1.4).
- Für Sensoren mit Stromsignalen wird das Signal mit einem Shunt zwischen den Messeingängen in ein Spannungssignal umgewandelt (Steckertyp ‚Shunt‘).

Bei Messungen mit unedlen Thermoelementen muss an der Schnittstelle der Schenkel des Thermoelements zu den Kupferleitungen des Messkreises die Vergleichstemperatur gemessen werden. Das kann auf zwei verschiedene Arten realisiert werden:

- Die Signalleitungen werden im Stecker durch das jeweilige Thermomaterial ersetzt, sodass der Übergang auf Kupferleitungen erst im Messgerät geschieht (Steckertyp ‚Thermo‘). In jedem Messgerät befinden sich eine oder zwei Temperaturfühler für Vergleichsstellenmessungen.
- Die Vergleichsstelle liegt im Stecker und ihre Temperatur wird auch dort gemessen.

Anschluss von Fremdsensoren

Beispiele

Art des Steckers	besondere Hardware	Artikelnummer	Messbereich des Steckers	Tatsächlich vom Messgerät gesehene Signal
Spannung	Spannungsteiler 1:100	ZA9602FS	-26 bis +26 Volt	-260 bis +260 mV
Strom	Shunt (2Ω) zwischen A und B	ZA9601FS1	-32 bis +32 mA	-64 bis +64 mV
Thermoelement Typ K	Thermoleitung	ZA9020FS	-200 bis +1370°C	bei 1000°C: 41,269 mV
Thermoelement Typ J	VK im Stecker	ZA9400FSJ	-200 bis +1000°C	bei 1000°C: 57,942 mV

Fühlerstromversorgung

Zur Fühlerstromversorgung des analogen Standardsteckers Typ ‚Normal‘ steht die Betriebsspannung des Gerätes (meistens 9V mit Batterie oder 12V mit Netzadapter) zur Verfügung. Bei den größeren Geräten wie zum Beispiel dem MA2690-8A, MA2890-9 oder MA710 ist die Spannung zur Fühlerversorgung programmierbar (6 V, 9 V, 12V).

Für andere Fühlerversorgungsspannungen gibt es Sonderstecker.

Versorgungsspannung	Artikelnummer	Belastbarkeit	Art des Steckers / Verwendung
6 bis 12 Volt	ZA9000 FS	100 mA	analoger Standard-Stecker ‚Normal‘, ohne Programmierung
2,5 Volt stabil	ZA9025 FS3	100 mA	Potentiometer
5 Volt stabil	ZA9105 FS	100 mA	Messbrücken
5 Volt	ZA9602FS5V05	50 mA bei $U_G = 9$ bis 12 V	Spannungsstecker mit Teiler, Messbereich -1 bis +5,5 V
12 Volt	ZA960xFSxV12	100 mA bei $U_G = 9$ bis 12 V	Spannungs-/Stromstecker
15 Volt	ZA960x FSxV15	max. 80 mA bei $U_G = 12$ V	Spannungs-/Stromstecker
24 Volt	ZA960x FSxV24	max. 30 mA bei $U_G = 9$ bis 12 V	Spannungs-/Stromstecker

Auch manche der digitalen Stecker liefern Fühlerversorgungen, so z.B. der D7-Stecker für Gleichspannung ZED702FS, der über Schraubklemmen eine Spannung von 6/9/12 V zur Verfügung stellt. Es gibt ihn auch in den Ausführungen ZED702FSV15 mit einer Fühlerversorgung von 15 Volt oder ZED702FSV24 mit 24 Volt.

Differenzmessungen bei aus dem Messgerät versorgten Sensoren

Wird der Fühler aus dem Messgerät versorgt, sollen Differenz-Stecker (z.B. ZA9600FS2V12) verwendet werden. Hier wird nicht massebezogen gemessen und damit ein Messfehler durch den Versorgungsstrom ausgeschlossen.

Die Versorgungsleitungen der Sensoren werden auf '-' und '+' angeschlossen, die Signalleitungen auf B und C.

Stecker ZA9xxx-SS mit Sondermessbereichen

Für Fühler mit speziellen oder nichtlinearen Signalen können auf Anfrage Stecker mit Sondermessbereichen geliefert werden. Diese Stecker können nicht in ihrer Programmierung geändert werden.

4.1 Stecker für Anschluss von Temperatursensoren

4.1.1 Anschluss von Thermoelementen

Grundlagen

Siehe Kapitel 3.2.1.

Auswahl, Produktübersicht

Artikelnummer	Typen	Besonderheit	Art des Steckers
ZA9000FSx	U, L, S, R, B, A	-	Analoger Standardstecker
ZA9020FS	K	mit Thermomaterial im Stecker	Analoger Standardstecker
ZA9021FSx	N, J, T	mit Thermomaterial im Stecker	Analoger Standardstecker
ZA9400FSx	K, N, L, J, T, U, S	NTC-Perle zur Messung der Vergleichsstellen-Temperatur	Analoger Standardstecker
ZTD700FS	K, N, J, E, T, S, R, B	NTC-Perle im Stecker	D7-Stecker
ZAD950ABx	K, J, T	galvanisch getrenntes Messmodul	Modul, siehe Kapitel 4.5.3.

4.1.1.1 Analoger Standardstecker ZA9000FS für Thermoelemente Typ U, L, S, R, B, A

Eigenschaften der Stecker

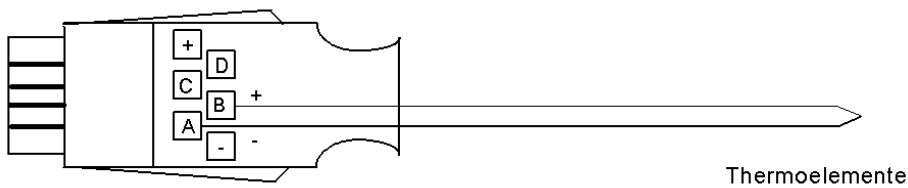
Ausstattung

Der analoge Standardstecker Typ ‚Normal‘ ZA 9000-FS ist mit entsprechender Programmierung zum Anschluss Thermoelemente Typ U, L, S, R, B, A verwendbar, da in diesen keine elektromotorische Kraft (EMK) im Umgebungstemperaturbereich erzeugt wird.

Ausführungen

Artikelnummer	Typ	Messbereich	Auflösung	programmierter Bereich
ZA9000FSU	U (Cu-CuNi)	-200 bis +600°C	0,1 K	CuCo
ZA9000FSL	L (Fe-CuNi)	-200 bis +900°C	0,1 K	FeCo
ZA9000FSS	S (PtRh10-Pt)	0 bis +1760°C	0,1 K	Pt10
ZA9000FSR	R (PtRh13-Pt)	0 bis +1760°C	0,1 K	Pt13
ZA9000FSB	B (PtRh30-PtRh6)	+400 bis +1800°C	0,1 K	El18
ZA9000FSA	A (AuFe-Cr)	-270 bis +60°C	0,1 K	AuFe

Anschlussbelegung



4.1.1.2 Analoge Standardstecker ZA9020FS / ZA9021FSx für Thermoelemente Typ K, N, J, T

Eigenschaften der Stecker

Ausstattung

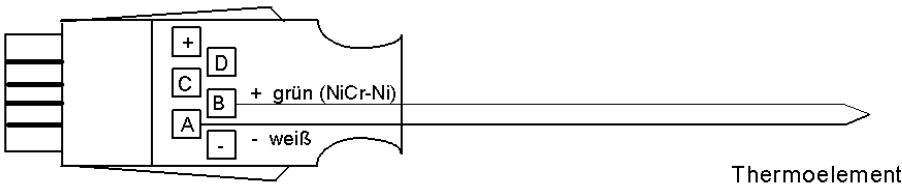
Im Grundstecker sind die Leitungen zwischen den Schraubklemmen im Stecker und der Buchse des Messgeräts aus Kupfer gefertigt. Würde man ihn unverändert verwenden, würde bei unedlen Thermoelementen bei einem Temperaturunterschied zwischen Klemmen und Buchse ein Messfehler auftreten, da die Vergleichstellentemperatur im Inneren der Messgeräte kurz hinter der Buchse gemessen wird. Deshalb gibt es für die Thermoelemente Typ K, N, J und T thermokraftfreie Sonderstecker aus Thermomaterial.

Ausführungen

Artikelnummer	Typ	Messbereich	Auflösung	programmierter Bereich
ZA9020FS	K (NiCr-Ni)	-200 bis +1370°C	0,1 K	NiCr
ZA9021FSN	N (NiCroSil-NiSi)	-200 bis +1300°C	0,1 K	NiSi
ZA9021FSJ	J (Fe-CuNi)	-200 bis +1000°C	0,1 K	IrCo
ZA9021FST	T (Cu-CuNi)	-200 bis +400°C	0,1 K	CoCo

Anschlussbelegung

Beispiel ZA9020FS



4.1.1.3 Analoge Standardstecker ZA9400- FSx mit eingebautem Vergleichsstellenfühler für alle Thermoelemente

Eigenschaften der Stecker

Ausstattung

Für besonders genaue Messungen mit mehreren Fühlern unter ungünstigen Bedingungen (z.B. Wärmeeinstrahlung) gibt es ALMEMO® Stecker ZA 9400-FSx mit eingebautem Temperaturfühler zur Vergleichsstellenkompensation.

Der Stecker ist für alle Thermoelementarten geeignet, benötigt aber 2 Kanäle:

- Der erste zeigt die mit der NTC-Perle im Stecker gemessene Vergleichstemperatur an.
- Der zweite ist mit der Programmierung für die mit dem Thermoelement gemessenen Temperatur belegt.

Im Kommentar des ersten Kanals (Thermoelement) muss auf den ersten 2 Stellen ein '#J' programmiert sein, damit der eingebaute Temperaturfühler zur Vergleichsstellenkompensation verwendet wird.

Ausführungen

Artikelnummer	Typ	Messbereich	Auflösung	programmierter Bereich
ZA9400FSK	K (NiCr-Ni)	-200 bis +1370°C	0,1 K	NiCr
ZA9400FSN	N (NiCroSil-NiSil)	-200 bis +1300°C	0,1 K	NiSi
ZA9400FSL	L (Fe-CuNi)	-200 bis +900°C	0,1 K	FeCo
ZA9400FSJ	J (Fe-CuNi)	-200 bis +1000°C	0,1 K	IrCo
ZA9400FST	T (Cu-CuNi)	-200 bis +400°C	0,1 K	CoCo
ZA9400FSU	U (Cu-CuNi)	-200 bis +600°C	0,1 K	CuCo
ZA9400FSS	S (PtRh10-Pt)	0 bis +1760°C	0,1 K	Pt10

Anschlussbelegung

Siehe Kapitel 4.1.1.2.

4.1.1.4 D7-Stecker ZTD700FS für verschiedene Thermoelemente

Eigenschaften des Steckers

Ausstattung

Der D7-Thermoelement-Stecker ZTD700-FS erfasst mit einem eigenen 24-Bit-AD-Wandler die Thermospannung eines Thermoelementes mit höchster Präzision in vier auswählbaren Geschwindigkeiten (bis zu 100 Messungen pro Sekunde). Für den Messbereich steht eine Auswahl aus neun verschiedenen Thermoelementen zur Verfügung, d.h. mit einem Stecker können verschiedene Thermoelement-Typen programmiert werden.

Die Linearisierung der Thermoelement-Kennlinien wird entsprechend der DIN IEC 584 fehlerfrei berechnet (kein Näherungsverfahren). Da die Gesamtgenauigkeit des Fühlers nicht von einem Auswertegerät abhängt, kann der Fühler auch alleine kalibriert und sogar mehrpunktjustiert werden.

Für Tiefsttemperatur-Anwendungen kann der Stecker durch Auswahl des entsprechenden Bereichs im Messgerät (Sensormenü) für Messungen mit dem Thermoelement-Typ E programmiert werden.

Der Anschluss des Thermoelements erfolgt über zwei Schraubklemmen im Stecker. Jeder Stecker hat unmittelbar

an den Klemmen seinen eigenen Temperaturfühler zur Messung und automatischen Kompensation der Vergleichsstellentemperatur eingebaut.

Der Eingang des ALMEMO® D7-Messsteckers ist galvanisch getrennt zum ALMEMO® V7-Messgerät. Auf diese Weise ist der angeschlossene Thermoelement-Fühler auch zu den anderen angesteckten ALMEMO® Fühlern galvanisch getrennt.

Programmierung

Bezeichnung	Befehl	programmierter Bereich	Messbereich	Dim	Auflösung
1. * Typ K	B-01	NiCrNi	-200 bis +1370	°C	0,1 K
2. Typ N	B-02	NiSi	-200 bis +1300	°C	0,1 K
3. Typ J	B-03	IrCo	-210 bis +1100	°C	0,1 K
4. Typ E	B-04	NiCrCu	-270 bis +800	°C	0,1 K
5. Typ T	B-05	CoCoT	-200 bis +400	°C	0,1 K
6. Typ S	B-06	PtRh10	-50 bis +1760	°C	0,1 K
7. Typ R	B-07	PtRh13	-50 bis +1760	°C	0,1 K
8. Typ B	B-08	El18	+250 bis +1820	°C	0,1 K
9. Typ K2	B-09	NiCrNi	-200 bis +1370	°C	0,01 K
10. Millivolt U643	B-10	U643	-10 bis +64	mV	0,001 mV
11. Millivolt U324	B-11	U324	-10 bis +32	mV	0,0001 mV
12. Festwert 10mV	B-12	U10D	+10	mV	0,0001 mV
13. Cold Junction	B-13	CJ	-30 bis +100	°C	0,01 K

*Auslieferungszustand

Technische Daten

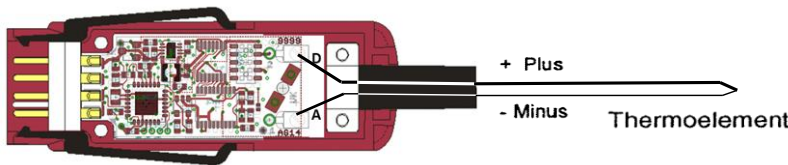
Einsatzbereich	Temperatur je nach Fühlertyp	
Messeingang	galvanisch getrennt, Spannungsfestigkeit 50 V	
Messbereiche Temperatur	Typ K: -200,0 bis +1370,0°C Typ N: -200,0 bis +1300,0°C Typ J: -210,0 bis +1100,0°C Typ E: -270,0 bis +800,0°C Typ T: -200,0 bis +400,0°C Typ S: -50,0 bis +1760,0°C Typ R: -50,0 bis +1760,0°C Typ B: +250,0 bis +1820,0°C Typ K2: -200,00 bis +1370,00°C Vergleichsstellenkompensation: -30,00 bis +100,00°C	
Messbereiche Spannung	U643 -10,000 bis +64,000 mV U324 -10,0000 bis +32,0000 mV	
Auflösung	0,1 K* bzw. 0,01 K bei Messbereich K2	
AD-Wandler	Delta-Sigma	
Genauigkeit bei 10 M/s	Thermoelemente:	$\pm 0,2 \text{ K} \pm 0,02\%$ (Typ K, K2, N, J, T) $\pm 1,0 \text{ K} \pm 0,02\%$ (Typ E) $\pm 0,8 \text{ K} \pm 0,02\%$ (Typ R,S,B)
	Spannung:	$\pm 8 \text{ Digit} \pm 0,02\%$ (U324, U643)

Anschluss von Fremdsensoren

Temperaturdrift	max. 30 ppm/K
VK-Fühler	NTC 10 K bei 25°C
Vergleichsstellenkompensation	wirksam im Bereich -10 bis +60°C Genauigkeit: $\pm 0,2 \text{ K} \pm 0,01 \text{ K/}^\circ\text{C}$
Nenntemperatur	23°C \pm 2 K
Einsatzbereich	-10 bis +60°C
Refreshrate	10% bis 90% rH (nicht kondensierend) * 400 ms (2.5 M/s), 100 ms (10 M/s), 20 ms (50 M/s), 10 ms (100 M/s)
Versorgungsspannung	6, 9, 12 V aus dem ALMEMO® Messgerät
Stromverbrauch	ca. 5 mA
Steckerfarben	Gehäuse rubinrot, schwarze Hebel

*Auslieferungszustand

Anschlussbelegung



4.1.2 Anschluss von Widerstandsfühlern zur Temperaturmessung

Grundlagen

Siehe Kapitel 3.2.2

Auswahl, Produktübersicht

Artikelnummer	Typ	Anschluss	Messbereich	Art des Steckers
ZA9030FS1	Pt100	4-Leiter	-200 bis +850°C	Analog
ZA9030FS2	Pt100	4-Leiter	-200 bis +400°C	Analog
ZA9030FS4	Pt1000	4-Leiter	-200 bis +850°C	Analog
ZA9030FS5	Pt1000	4-Leiter	-200 bis +400°C	Analog
ZPD700FS	Pt100	4-Leiter	-200 bis +850°C	D7
ZPD703FS	Pt100	3-Leiter	-200 bis +850°C	D7
ZPD710FS	Pt1000	4-Leiter	-200 bis +850°C	D7
ZA9030FS3	Ni100	4-Leiter	-60 bis +240°C	Analog
ZA9030FS6	Ni1000	4-Leiter	-60 bis +240°C	Analog

4.1.2.1 Analoger Standardstecker ZA9030-FSx für Pt100 und Pt1000 Fühler

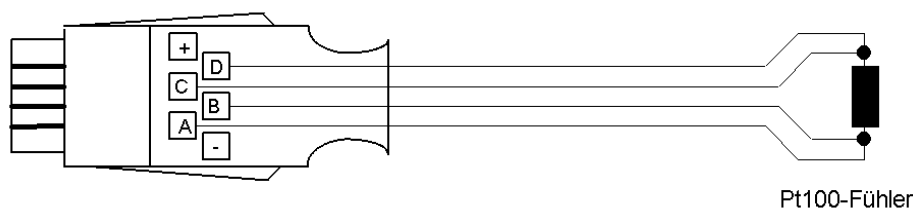
Eigenschaften der Stecker

Ausführungen

Artikelnummer	Typ	Messbereich	Auflösung	programmierter Bereich
ZA9030FS1	Pt100 4-Leiter	-200 bis +850°C	0,1 K	P104
ZA9030FS2	Pt100 4-Leiter	-200 bis +400°C	0,01 K	P204
ZA9030FS4	Pt1000 4-Leiter	-200 bis +850°C	0,1 K	P104, Elementflag 01:I2 *
ZA9030FS5	Pt1000 4-Leiter	-200 bis +400°C	0,01K	P204, Elementflag 01:I2*

*Umschaltung auf 1/10-Messstrom mit Elementflag, siehe Kap. 6.10.3

Anschlussbelegung



4.1.2.2 D7-Stecker ZPD70xFS für Pt100 Fühler

Eigenschaften der Stecker

Ausstattung

Der D7-Pt100-Stecker ZPD700-FS erfasst mit einem eigenen 24-Bit-AD-Wandler die Temperatur des Sensors mit einer Auflösung von 0,01K im gesamten Messbereich von -200,00 bis +850,00°C. Die Linearisierung der Pt100 – Kennlinie wird nach DIN EN 60751 fehlerfrei berechnet (kein Näherungsverfahren).

Da die Gesamtgenauigkeit des Fühlers nicht von einem Auswertegerät abhängt, kann der Fühler auch alleine kalibriert und sogar mehrpunktjustiert werden.

Ausführungen

Artikelnummer	Typ	Messbereich	Dimension	Auflösung	Be-fehl	programmierter Bereich	Abtastung
ZPD700FS	Pt100 4-Leiter	-200 bis +850°C	°C	0,01 K	B-01	DP04	10 M/s
ZPD703FS*	Pt100 3-Leiter	-200 bis +850°C	°C	0,01 K	B-01	DP03	10 M/s

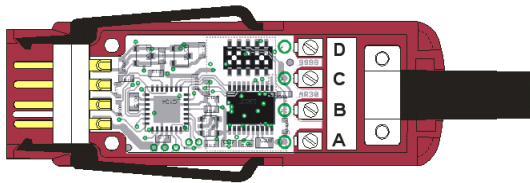
*Für 3-Leiter-Anschluss gibt es den Stecker ZPD703-FS. Die Genauigkeit hängt in diesem Fall vom Unterschied der Leitungswiderstände ab.

Anschluss von Fremdsensoren

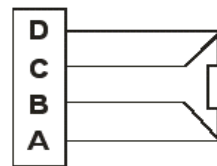
Technische Daten

Einsatzbereich	Temperatur je nach Fühlertyp
Temperatursensor	ZPD700-FS: Pt100 4-Leiter ZPD703-FS: Pt100 3-Leiter
Messeingang	galvanisch verbunden mit der Spannungsversorgung (Masse des ALMEMO® Gerätes)
Messbereiche	-200,00 bis 850,00°C
Wandlungsrate	10 Messungen/s
Messstrom	Pt100: ca. 1 mA
Auflösung	0,01 K
AD-Wandler	Delta-Sigma
Systemgenauigkeit	0,07 K \pm 2 Digit
Temperaturdrift	max. 30ppm/K
Nenntemperatur	22°C \pm 2 K
Refreshrate	0,1 Sek
Selbstkalibration	12,8 Sek
Versorgungsspannung	6 bis 13 V DC
Stromverbrauch	ca. 8,5 mA
Steckerfarben	Gehäuse rubinrot, schwarze Hebel

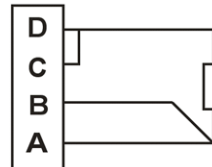
Anschlussbelegung



4-Leiter-Anschluss



3-Leiter-Anschluss



4.1.2.3 D7-Stecker ZPD710-FS für Pt1000 Fühler

Eigenschaften des Steckers

Ausstattung

Der D7-Pt1000-Stecker ZPD710-FS erfasst mit einem eigenen 24-Bit-AD-Wandler die Temperatur des Sensors mit einer Auflösung von 0,01K im gesamten Messbereich von -200,00 bis +850,00°C. Die Linearisierung der Pt1000 – Kennlinie wird nach DIN IEC 751 fehlerfrei berechnet (kein Näherungsverfahren).

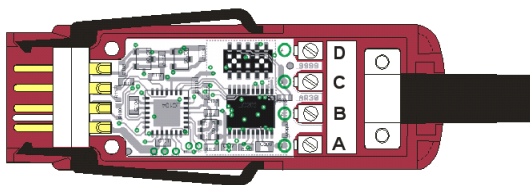
Da die Gesamtgenauigkeit des Fühlers nicht von einem Auswertegerät abhängt, kann der Fühler auch alleine kalibriert und mehrpunktjustiert werden.

Ausführung

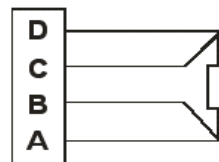
Artikelnummer	Typ	Messbereich	Dimension	Auflösung	Befehl	programmierter Bereich	Abtastung
ZPD710FS	Pt1000 4-Leiter	-200 bis +850°C	°C	0,01 K	B-01	DP14	10 M/s

Technische Daten

Temperatursensor	ZPD710-FS: Pt1000 4-Leiter
Messeingang	galvanisch verbunden mit der Spannungsversorgung (Masse des ALMEMO® Gerätes)
Messbereiche	-200,00 bis 850,00°C
Wandlungsrate	10 Messungen/s
Messstrom	Pt1000: ca. 0,1 mA
Auflösung	0,01 K
AD-Wandler	Delta-Sigma
Systemgenauigkeit	0,07 K ± 2 Digit
Temperaturdrift	max. 30ppm/K
Nenntemperatur	22°C ± 2 K
Refreshrate	0,1 Sek
Selbstkalibration	12,8 Sek
Versorgungsspannung	6, 9, 12 V DC aus dem ALMEMO® Messgerät
Stromverbrauch	ca. 8 mA
Steckerfarben	Gehäuse rubinrot, schwarze Hebel

Anschlussbelegung

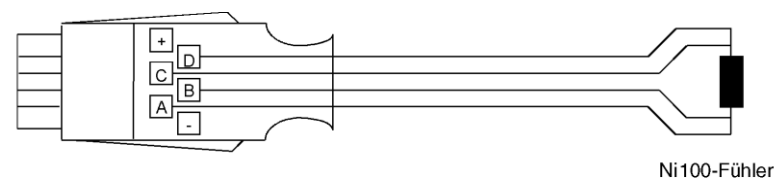
4-Leiter-Anschluss

**4.1.2.4 Analoger Standardstecker ZA9030-FSx für Ni100 und Ni1000 Fühler****Eigenschaften der Stecker****Ausführungen**

Artikelnummer	Typ	Messbereich	Auflösung	programmierter Bereich
ZA9030FS3	Ni100 4-Leiter	-60 bis +240°C	0,1 K	N104
ZA9030FS6	Ni1000 4-Leiter*	-60 bis +240°C	0,1 K	N104, Elementflag 01:12 *

*Umschaltung auf 1/10-Messstrom mit Elementflag, siehe Kap. 6.10.3

Anschlussbelegung



4.1.3 Anschluss von NTC- und PTC-Fühlern zur Temperaturmessung

Auswahl, Produktübersicht

Artikelnummer	Typ	Messbereich	Auflösung	Art des Steckers
ZA9040FS	Ntc Typ N	-50 bis +125°C	0,01 K	Analog
ZA9040FS2	2 x Ntc Typ N	-50 bis +125°C	0,01 K	Analog
ZAD040FS	Ntc Typ N	-50 bis +125°C	0,01 K	D6
ZAD040FS2	2 x Ntc Typ N	-50 bis +125°C	0,01 K	D6
ZAD040FS3	Ntc Typ N	-20 bis +65°C	0,001 K	D6

4.1.3.1 Analoger Standardstecker ZA9040FS für NTC Fühler

Eigenschaften der Stecker

Allgemein

Die analogen Standardstecker ZA9040FS werden für die ALMEMO® NTC-Sensoren FNxxxx (siehe Kapitel 3.2.3) eingesetzt.

Ausführungen

Artikel-nummer	Typ	Messbereich	Auflö-sung	programmierter Bereich
ZA9040FS	NTC Typ N	-50 bis +125°C	0,01 K	Ntc
ZA9040FS2*	2 x NTC Typ N	-50 bis +125°C	0,01 K	1. Kanal: Ntc 2. Kanal: Ntc, Multiplexer C-A

*keine galvanische Trennung

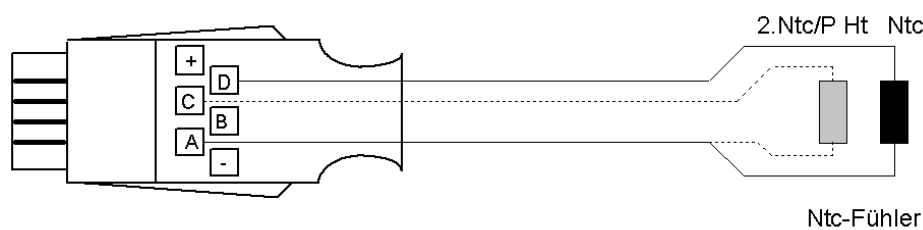
Die hier angegebene Programmierung ist der Auslieferungszustand. Geht sie verloren, kann man beim ZA9040FS2 auf dem zweiten Kanal entweder wieder den Bereich ‚Ntc‘ programmieren und den Multiplexer auf C-A setzen (siehe Kapitel 6.10.2).

Besondere Ausführungen

Die Linearisierung ist im ALMEMO® Stecker gespeichert.

Artikel-nummer	Typ	Messbereich	Auflösung	programmierter Bereich	Typ des Steckers
ZA9040SS3	Ntc Typ N	+5 bis +46	0,001 K	Ntc3	Standard, analog
ZA9040SS4	KTY 84	-40 bis +200	0,1 K	KTY	Standard, analog
ZA9641SS	YSI 400	-40 bis +130	0,1 K	NtcY	Standard, analog

Anschlussbelegung



4.1.3.2 D6-Stecker ZAD040FS für NTC Fühler

Eigenschaften der Stecker

Allgemein

Der digitale ALMEMO® D6-Messstecker arbeitet mit einem eigenen eingebauten 24-Bit-AD-Wandler. Die Linearisierung der NTC-Kennlinie wird mit den Steinhart Hart Koeffizienten fehlerfrei berechnet (kein Näherungsverfahren). Bis zu zwei NTC-Sensoren können mit einer Auflösung von 0,01 K bzw. ein Sensor mit einer Auflösung von 0,001K erfasst werden.

Da die Gesamtgenauigkeit des Fühlers nicht von einem Auswertegerät abhängt, kann der Fühler auch mehrpunktjustiert und separat kalibriert werden.

Mit dem Stecker ZAD040FS können kundenspezifische NTC-Sensoren ans ALMEMO® System angeschlossen werden, nachdem über das Sensormenü (siehe Kapitel 3.1.2) die entsprechenden Steinhart-Hart Koeffizienten konfiguriert wurden (siehe unten, Kapitel ‚Handhabung, Messgenauigkeit erhöhen‘).

Ausführungen

Artikelnummer	Zahl der Eingänge	Messbereich	Dimension	Auflösung
ZAD040FS	1	-50 bis +125°C	°C	0,01 K
ZAD040FS2	2	-50 bis +125°C	°C	0,01 K
ZAD040FS3	1	-20 bis +65°C	°C	0,001 K

Anschluss von Fremdsensoren

Programmierung

Messbereiche bei Auslieferung

Artikelnummer	Bezeichnung	Klemme	Befehl	Bereich	Exp
ZAD040-FS	1. Temperatur T, t	Ntc-Gnd	B-01	DIGI	-2
ZAD040-FS2 1. Kanal	1. Temperatur T, t (Ntc)	Ntc-Gnd	B-01	DNtc	-2
ZAD040-FS2 2. Kanal	2. Temperatur T, t (Ntc2)	Ntc2-Gnd	B-02	DNt2	-2
ZAD040-FS3	Temperatur T, t (Ntc3)	Ntc-Gnd	B-03	DNt3	-3

Konfiguration am PC über das Sensor-Menü

Außer dem ersten Ntc-Bereich ist bei Bedarf bei dem Stecker ZAD040-FS über das Sensor-Menü im Messgerät oder in der Software Almemo Control ein zweiter aktivierbar oder ein Bereich mit höherer Auflösung wählbar:

Konfigurierbare Messbereiche

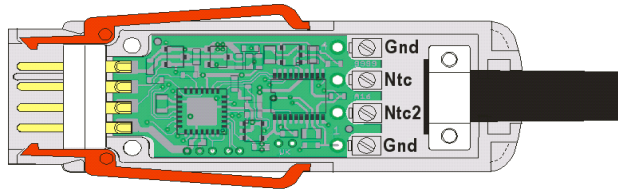
Bezeichnung	Klemme	Befehl	Bereich	Exp	Messbereich	Dim	Auflösung
1. Temperatur T, t (Ntc)	Ntc-Gnd	B-01	DNtc	-2	-50 bis +125	°C	0,01 K
2. Temperatur T, t (Ntc2)	Ntc2-Gnd	B-02	DNt2	-2	-50 bis +125	°C	0,01 K
3. Temperatur T, t (Ntc3)	Ntc-Gnd	B-03	DNt3	-3	-20 bis +65	°C	0,001 K

Technische Daten

Einsatzbereich	Temperatur je nach Fühlertyp
Temperatursensor	NTC Typ N, Genauigkeit: $\pm 0,1$ K (0 bis 70°C)
Messeingang	galvanisch verbunden mit der Spannungsversorgung (Masse des ALMEMO® Gerätes)
Messbereiche	-50,00 bis 125,00°C, Genauigkeit: $\pm 0,05$ K (-50 bis 100°C), DNtc/DNt2 -20,000 bis 65,000°C, Genauigkeit: $\pm 0,02$ K (-20 bis 65°C), DNt3
Temperaturdrift	40 ppm/K
Nominaltemperatur	23°C ± 2 K
Präzisionsklasse	AA
Refreshrate	0,3 Sek. für bis zu 2 Kanäle
Linearisierung	fehlerfreies Rechenverfahren (kein Näherungsverfahren)
Steckerfarben	zweifärbig hell- und dunkelgrau, rote Hebel
Einsatzbereich	-10 bis 60°C, 10 bis 90% rH (nicht kondensierend)
Baudrate Standard	115,2 kBd (1200 Bd bis 921 kBd wählbar)
Versorgungsspannung	6, 9, 12 V DC aus dem ALMEMO® Gerät (Fühlerversorgung)
Stromverbrauch	ca. 4 mA

Anschlussbelegung

Die NTC-Fühler werden in die entsprechenden Klemmen Ntc-Gnd und Ntc2-Gnd geschraubt.



Handhabung

Messgenauigkeit erhöhen

Konfiguration der Steinhart-Hart Koeffizienten

Auf der zweiten Seite des Sensormenüs lassen sich zum Anschluss kundenspezifischer NTC-Sensoren die Steinhart-Hart Koeffizienten A (Koeff. A), B (Koeff. B) und C (Koeff. C) konfigurieren. Dazu muss die Kanalverriegelung auf Stufe 0 reduziert werden.

Als Grundlage für die Berechnung gilt folgende Formel:

$$\frac{1}{T} = A + B \ln R + C(\ln R)^3$$

Über das Häkchen **Koeff. normiert R/R25** lässt sich die Formel wahlweise sowohl mit R als auch mit R/R25 berechnen.

Das Feld **Referenz R25** dient dazu, auch den Anschluss von NTC-Sensoren mit $R_{25} \neq 10 \text{ k}\Omega$ zu ermöglichen. Hierzu ist jedoch ein neuer Abgleich des Steckers erforderlich, der nur werksseitig durchgeführt werden kann.

Über die Eingabefelder **T Min** und **T Max** können individuelle Bereichsgrenzen eingegeben werden.

Mit der Taste **RESET** werden alle Einstellungen rückgängig gemacht und die werksseitigen Steinhart-Hart Koeffizienten und Bereichsgrenzen wiederhergestellt.

4.2 Stecker für Spannungsmessungen

4.2.1 Gleichspannung

4.2.1.1 Spannungsmessungen mit Sensoren, die nicht aus dem Gerät versorgt werden müssen

Eigenschaften der Stecker

Ausstattung

Die Stecker basieren auf dem analogen Standardstecker „Normal“ ZA9000FS (siehe „Grundlagen“ am Anfang des Kapitels 4) und werden durch Programmierung verschiedener Bereiche auf den jeweiligen Messbereich eingestellt.

ZA9602FS4, ZA9602FS haben einen Teiler 100:1 eingebaut, der das Signal an den Messeingang anpasst. Sie sind bezüglich des Teilers mit entsprechendem Komma programmiert.

Für zwei Signale mit gemeinsamer Masse gibt es den Stecker ZA9602FS2. Er ist mit zwei Teilern 100:1 ausgestattet. Die beiden Signale sind nicht galvanisch voneinander getrennt.

Die Stecker mit Teiler haben eine Genauigkeit von $\pm 0,1\%$ v.Mw. und einen Eingangswiderstand von 100 k Ω .

Ausführungen

Analoge Standardstecker

Artikel-nummer	Messbereich	Auflösung	Anschluss auf Schraubklemmen	besonderes Element im Stecker	programmierter Bereich
ZA9000FS0	-10 bis +55 mV	1 μ V	AB	-	mV
ZA9000FS1	-26 bis +26 mV	1 μ V	AB	-	mV1
ZA9000FS2	-260 bis +260 mV	10 μ V	AB	-	mV2
ZA9000FS3	-2,6 bis +2,6 V	0,1 mV	AC	-	Volt
ZA9602FS4	-1 bis +5,5 V	0,1 mV	AC	Teiler 100:1	D55
ZA9602FS	-26 bis +26 V	1 mV	AC	Teiler 100:1	D260
ZA9602FS2	-26 bis +26 V	1 mV	AB/AC	2 x Teiler 100:1 keine galv. Trenn.	mV2

D7-Stecker (siehe Kapitel 4.2.1.2)

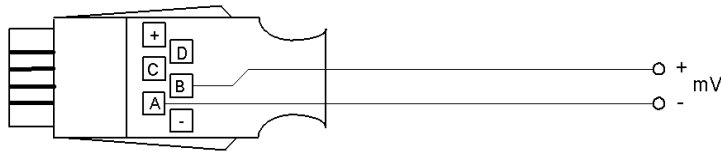
Technische Daten

ZA9602FS4, ZA9602FS, ZA9602FS2

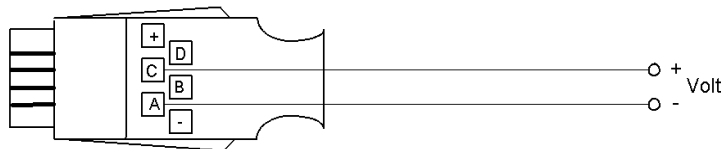
Genauigkeit Teiler	$\pm 0,1\%$ v.Mw.
Temperaturkoeffizient Teiler	<10 ppm/K
Nominaltemperatur Teiler	23°C \pm 2 K
Eingangswiderstand	100 k Ω

Anschlussbelegung

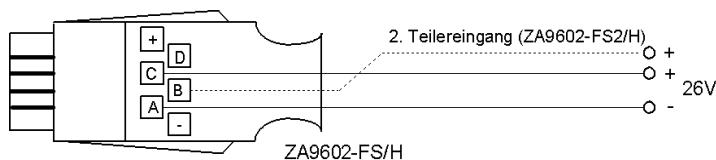
ZA9000FS0, ZA9000FS1, ZA9000FS2



ZA9000FS3, ZA9602FS4



ZA9602FS, ZA9602FS2



4.2.1.2 Stecker für Gleichspannung mit Fühler-Versorgung aus dem Gerät

Grundlagen

Sensoren, die elektrische Versorgung brauchen, können diese aus den ALMEMO® Messgeräten bekommen. Ihre Versorgungsleitungen werden auf '-' und '+' in den Steckern angeschlossen.

Die Spannung, die in den Steckern auf '-' und '+' anliegt, ist vom Gerätetyp abhängig und kann den Datenblättern entnommen werden. Bei den größeren Geräten kann sie wahlweise auf 6 V, 9 V oder 12 V eingestellt werden.

Besonders für Fühler oder Transmitter (z.B. Drucksensoren), die aus dem Gerät versorgt werden, ist eine Differenzspannungsmessung ratsam, um den Spannungsabfall U_L auf der Masseleitung zu eliminieren. Man schließt den Messwertgeber mit den Steckern in 4-Leiter-Schaltung an und greift mit dem Differenzeingang Pin C und Pin B das Ausgangssignal U_M direkt ab.

Die Stecker dieses Unterkapitels geben die Versorgungsspannung direkt aus dem Gerät, also unverändert, an den Sensor weiter.

Eigenschaften der Stecker

Ausstattung

Analoge Standardstecker

Die Stecker basieren auf dem Grundstecker ZA9000FS (siehe 'Grundlagen' am Anfang des Kapitels 4) und werden durch Programmierung verschiedener Bereiche auf den jeweiligen Messbereich eingestellt.

ZA9602FS3 hat einen Teiler 100:1 eingebaut, der die Spannung zum Messgerät hin heruntersetzt. Er ist bezüglich des Teilers mit entsprechendem Komma programmiert und hat eine Genauigkeit von $\pm 0,1\%$ v.Mw. und einen Eingangswiderstand von 100 k Ω .

Anschluss von Fremdsensoren

D7 Stecker

Der digitale ALMEMO® D7-Messstecker arbeitet mit einem eigenen eingebauten 24-Bit-Delta-Sigma-AD-Wandler.

Man kann bei jedem Stecker zwei oder drei verschiedene Bereiche auswählen, die sich hinsichtlich ihrer Auflösung und Abtastrate unterscheiden. So werden bei 5 Messungen/Sekunde 200.000 Digit erreicht, bei 500 Messungen/Sekunde 20.000 Digit und bei 1000 Messungen/Sekunde 2.000 Digit.

Ist eine Fühlerversorgung erforderlich, kann sie auf U+ und Gnd abgegriffen und über das Gerät auf 6, 9 oder 12V eingestellt werden. Die Vierleiterschaltung verhindert Messfehler durch einen Spannungsabfall auf Versorgungs- und Ground-Leitungen.

Zur galvanischen Trennung steht für die D7 Stecker das steckbare Kabel, Länge 0,2 m, ZAD700GT zur Verfügung.

Ausführungen

Analoge Standardstecker

Artikel-nummer	Messbereich	Auflösung	Anschluss auf Schraubklemmen	besonderes Element im Stecker	programmierter Bereich
ZA9000FS0D	-10 bis +55 mV	1 µV	BC	-	D55
ZA9000FS1D	-26 bis +26 mV	1 µV	BC	-	D26
ZA9000FS2D	-260 bis +260 mV	10 µV	BC	-	D260
ZA9000FS3D	-2,6 bis +2,6 V	0,1 mV	BC	-	D2.6
ZA9602FS3	-26 bis +26 V	1 mV	BC	Teiler 100:1	D260

D7 Stecker

Artikel-Nr.	Bezeichnung	Messbereich	Auflösung	Befehl	Bereich	M/s
ZED700-FS	1. * U2.00000	-2,2 bis +2,2 V	0,01 mV	B-01	D U25	5
	2. U2.0000	-2,2 bis +2,2 V	0,1 mV	B-02	D U24	500
	3. U2.000	-2,2 bis +2,2 V	1 mV	B-03	D U23	1000
ZED700-FS2	1. * U250.000	-250 bis +250 mV	1 µV	B-01	D U254	5
	2. U64.000	-64 bis +64 mV	1 µV	B-02	D U643	5
ZED702-FS	1. * U20.0000	-20 bis +20 V	0,1 mV	B-01	D U204	5
	2. U20.000	-20 bis +20 V	1 mV	B-02	D U203	500
	3. U20.00	-20 bis +20 V	10 mV	B-03	D U202	1000
ZED702-FS2	1. *U60.000	-60 bis +60 V	1 mV	B-01	D U603	5
	2. U60.00	-60 bis +60 V	10 mV	B-02	D U602	500
	3. U60.00	-60 bis +60 V	10 mV	B-03	D U612	1000

Die voreingestellten Messbereiche sind mit einem * gekennzeichnet.

Technische Daten

ZA9602FS3

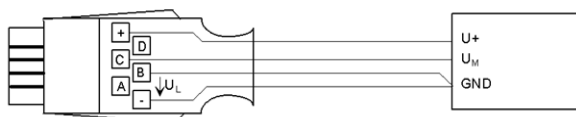
Genauigkeit Teiler	$\pm 0,1\%$ v.Mw.
Temperaturkoeffizient Teiler	< 10 ppm/K
Nominaltemperatur Teiler	$23^\circ\text{C} \pm 2$ K
Eingangswiderstand	$100\text{ k}\Omega$

D7 Stecker ZED700FS, ZED700FS2, ZED702FS, ZED702FS2

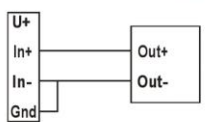
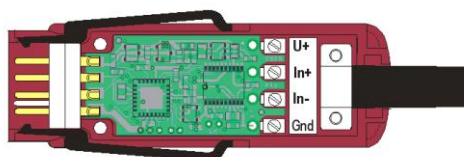
Messbereich	siehe Ausführungen
Abtastrate, Auflösung	siehe Ausführungen
Eingangswiderstand	ZED700FS und ZED702FS: $110\text{ k}\Omega$ ZED700FS2: $5\text{ G}\Omega$ ZED702FS2: $103\text{ k}\Omega$
Überlast	ZED700FS: $\pm 3\text{ V}$ ZED700FS2: $\pm 2,8\text{ V}$ ZED702FS: $\pm 30\text{ V}$ ZED702FS2: $\pm 60\text{ V}$
Eingangsstrom	100 pA
Messeingang	galvanisch verbunden mit der Spannungsversorgung (Masse des ALMEMO® Gerätes)
AD-Wandler	Delta-Sigma
Systemgenauigkeit	$0,02\% \pm 2$ Digit bei 5 M/s
Temperaturdrift	max. 30 ppm/K
Nenntemperatur	$22^\circ\text{C} \pm 2$ K
Einsatzbereich	-10 bis $+60^\circ\text{C}$, 10 bis 90% rH (nicht kondensierend)
Refreshrate	200 ms (5 M/s), 2 ms (500 M/s)
Versorgungsspannung	$6 / 9 / 12\text{ V}$ aus dem ALMEMO® Messgerät (Fühlerversorgung)
Strombedarf	ca. $7,5\text{ mA}$ (5 M/s), ca. $9,5\text{ mA}$ (500 M/s)
Steckerfarben	Gehäuse rubinrot, schwarze Hebel

Anschlussbelegung

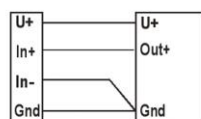
ZA9000FS0D, ZA9000FS1D, ZA9000FS2D, ZA9000FS3D, ZA9602FS3



ZED700FS, ZED700FS2, ZED702FS, ZED702FS2



Quellen ohne Versorgung



Fühler mit Versorgung

4.2.1.3 Stecker für Gleichspannung mit Spannungswandlern für bestimmte Versorgungen

Grundlagen

Die in diesem Kapitel aufgelisteten Stecker enthalten einen Spannungswandler, der die aus dem Gerät erhaltene Spannung auf die zur Versorgung des Sensors erforderliche Spannung hinauf- oder hinabsetzt.

Diese Stecker eignen sich beispielsweise für Sensoren oder Transmitter, die eine Versorgung von mindestens 12 V DC benötigen, aber mit einem Gerät betrieben werden, das eine Fühlerversorgung von 9 V DC zur Verfügung stellt. Die Differenzauswertung eliminiert den Leitungsspannungsabfall.

Eigenschaften der Stecker

Ausstattung

Analoge Standardstecker

Die Stecker basieren auf dem Grundstecker ZA9000FS, besitzen aber einen Spannungswandler für die Versorgung der Fühler mit bestimmten Spannungen.

ZA9602FS3V12 hat einen Teiler 100:1 eingebaut, der die Spannung zum Messgerät hin heruntersetzt. Er ist bezüglich des Teilers mit entsprechendem Komma programmiert.

Für Sensoren, die eine besonders stabile Versorgung von 5 V DC benötigen, gibt es den ZA9602FS5V05. Die Stecker mit Teiler haben eine Genauigkeit von $\pm 0,1\%$ v.Mw. und einen Eingangswiderstand von 100 k Ω .

D7 Stecker

siehe Kapitel 4.2.1.2

Ausführungen

Analoge Standardstecker

Artikelnummer	Messbereich	Auflösung	Anschluss auf Schraubklemmen	besonderes Element im Stecker	programmierter Bereich	Versorgungsspannung
ZA9600FS0V12	-10 bis +55 mV	1 μ V	BC	Spannungswandler	D55	12 V
ZA9600FS1V12	-26 bis +26 mV	1 μ V	BC	Spannungswandler	D26	12 V
ZA9600FS2V12	-260 bis +260 mV	10 μ V	BC	Spannungswandler	D260	12 V
ZA9600FS3V12	-2,6 bis +2,6 V	0,1 mV	BC	Spannungswandler	D2.6	12 V
ZA9602FS3V12	-26 bis +26 V	1 mV	BC	Spannungswandler, Teiler 100:1	D260	12 V
ZA9602FS5V05	-1 bis +5,5 V	0,1 mV	BC	Spannungswandler, Teiler 100:1	D55	5 V

D7 Stecker

Artikelnummer	Bezeichnung	Messbereich	Auflösung	Befehl	Bereich	M/s	Versorgungsspannung
ZED702-FSV15 / ZED702-FSV24	1. * U20.0000	-20 bis +20 V	0,1 mV	B-01	D U204	5	15 V/ 24 V
	2. U20.000	-20 bis +20 V	1 mV	B-02	D U203	500	15 V/ 24 V
	3. U20.00	-20 bis +20 V	10 mV	B-03	D U202	1000	15 V/ 24 V

Die voreingestellten Messbereiche sind mit einem * gekennzeichnet.

Technische Daten**Analoge Standardstecker****ZA9600FS0V12, ZA9600FS1V12, ZA9600FS2V12, ZA9600FS3V12, ZA9602FS3V12**

Gerätespannung U_G	8 bis 12 V
Fühlerversorgungsspannung U_F	12,2 V bis 12,5 V (15 V / 24 V auf Anfrage)
Ausgangsstrom	100 mA bei $U_G = 9$ bis 12 V

ZA9602FS5V05

Gerätespannung U_G	8 bis 12 V
Fühlerversorgungsspannung U_F	5 V \pm 2% (max.)
Ausgangsstrom	50 mA bei $U_G=9$ bis 12 V

Teiler des ZA9602FS3V12 und ZA9602FS5V05

Genauigkeit Teiler	$\pm 0,1\%$ v.Mw.
Temperaturkoeffizient Teiler	<10 ppm/K
Nominaltemperatur Teiler	23°C \pm 2 K
Eingangswiderstand	100 k Ω

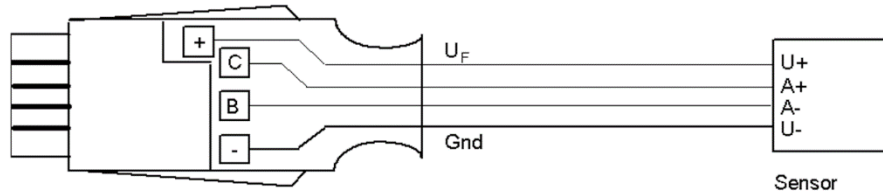
D7 Stecker ZED702FSV15, ZED702FSV24

Messbereich	siehe Ausführungen
Abtastrate, Auflösung	siehe Ausführungen
Eingangswiderstand	110 k Ω
Überlast	± 30 V
Eingangsstrom	100 pA
Messeingang	galvanisch verbunden mit der Spannungsversorgung (Masse des ALMEMO® Gerätes)
AD-Wandler	Delta-Sigma
Genauigkeit (bei 5 M/s)	0,02% ± 2 Digit
Temperaturdrift	max. 30 ppm/K
Nenntemperatur	22°C \pm 2 K
Einsatzbereich	-10 bis +60°C, 10 bis 90% rH (nicht kondensierend)
Refreshrate	200 ms (5 M/s), 2 ms (500 M/s)
Fühlerversorgung	ZED702FSV15: 15 V, max. 50 mA bei Gerätespannung 12 V ZED702FSV24: 24 V, max. 30 mA bei Gerätespannung 12 V
Strombedarf	abhängig vom Sensor
Steckerfarben	Gehäuse rubinrot, schwarze Hebel

Anschluss von Fremdsensoren

Anschlussbelegung

ZA9600FS0V12, ZA9600FS1V12, ZA9600FS2V12, ZA9600FS3V12, ZA9602FS3V12, ZA9602FS5V05
ZED702FSV15, ZED702FSV24



4.2.1.4 ALMEMO® Adapterkabel ZA 9000-AK

Eigenschaften des Adapterkabels

Ausstattung

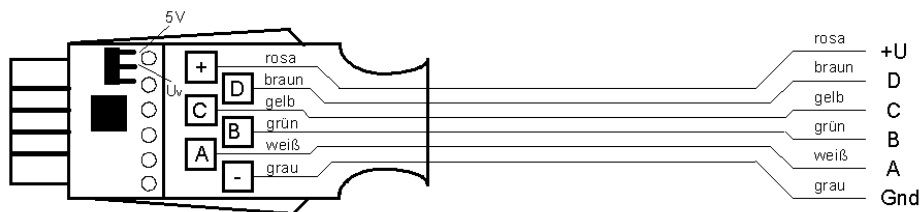
Wie Anfang des Kapitels 4 in ‚Grundlagen‘ erklärt, gibt es einen nicht programmierten ALMEMO® Grundstecker, ZA 9000-FS, auf dem viele analogen Standardstecker basieren.

Diesen Stecker, der sich auch für Spannungsmessungen eignet, gibt es auch mit Anschlusskabel und freien Enden als Adapterkabel ZA 9000-AK.

An der Klemme U+ liegt die Fühlerversorgungsspannung, die das ALMEMO® Gerät zur Verfügung stellt an (Fühlerversorgungsspannung 5 V stabilisiert, Belastbarkeit max. 50 mA, auf Anfrage).

Eigenschaften des Anschlusskabels: 8-adrig, 8 x 0.14 mm² schwarz, Länge 1,5 m

Das Anschlussschema und die Farbkodierung der Adern sind bei allen ALMEMO® Fühlern und -Kabeln einheitlich, sodass jede Anschlussbelegung sofort identifiziert werden kann.



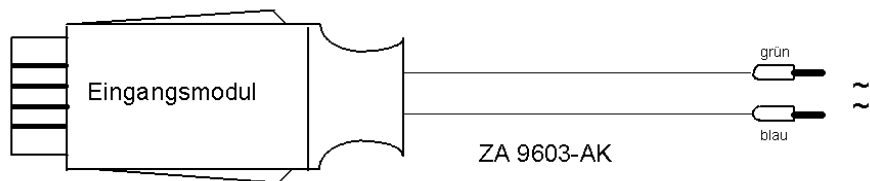
4.2.2 Wechselspannung

4.2.2.1 ALMEMO® Adapterkabel ZA9603-AKx für Wechselspannung

Eigenschaften des Adapterkabels

Ausstattung

Das Adapterkabel ZA 9603-AK arbeitet mit einem True-RMS-Wandler.



Ausführungen

Artikelnum- mer	Messbereich	Auflösung	Innenwiderstand
ZA9603AK1		5 bis 260 mV _{eff}	0,1 mV R _i = 100 kΩ
ZA9603AK2		0,05 bis 2,6 V _{eff}	0,001 V R _i = 1 MΩ
ZA9603AK3		0,5 bis 26 V _{eff}	0,01 V R _i = 10 MΩ

Technische Daten

Messbereich	siehe Ausführungen
Auflösung	siehe Ausführungen
Innenwiderstand	siehe Ausführungen
Frequenzbereich	50 Hz bis 10 kHz
Genauigkeit	± 0,2 % v.Ew. ± 0,5% v.Mw. (40 Hz bis 2 kHz Sinus)
Crestfaktor	3 (zus. Fehler 0,7%) 5 (zus. Fehler 2,5%)
Stromverbrauch	ca. 5 mA

Handhabung

Messen

Der im Stecker befindliche True-RMS-Wandler wird über einen eingebauten DC/DC-Wandler galvanisch getrennt versorgt, so dass gleichzeitig mehrere dieser Module an ein Messgerät angesteckt sein können, auch wenn an ihnen Signale mit unterschiedlichen Potentialen anliegen. Die Potentialdifferenz darf maximal 50 V betragen.



Ist der Kanal eines dieser Stecker angewählt, besteht eine galvanische Verbindung vom Messeingang zur Masse des Messgerätes. Spannungen über 50 V dürfen deshalb unter keinen Umständen angelegt werden (Lebensgefahr!).

Die Verwendung im Sleep-Mode ist wegen der Einschwingzeit der Elektronik standardmäßig nicht vorgesehen.

4.3 Stecker für Strommessungen

4.3.1 Gleichstrom

4.3.1.1 Strommessungen für Sensoren, die nicht aus dem Gerät versorgt werden müssen

Eigenschaften der Stecker

Ausstattung

Für Strommessungen ist im Bereich $\pm 32 \text{ mA}$ ein Stecker ZA9601-FS1 bzw. im Bereich 0-100% (4-20mA) ein Stecker ZA9601-FS2 mit einem eingebauten Shunt von 2 Ohm verfügbar.

Wenn zwei Stromsignale eine gemeinsame Masse haben, lassen sich mit einem Stecker ZA 9601-FS3 bzw. -FS4 auch beide erfassen.

Ausführungen

Analoge Standardstecker

Artikel-nummer	Messbereich	Auflösung	Anschluss auf Schraubklemmen	besonderes Element im Stecker	programmierter Bereich
ZA9601FS1	-32 bis +32 mA	1 μA	AB	Shunt	mA
ZA9601FS2	0 bis 100% (4 bis 20 mA)	0,01%	AB	Shunt	%
ZA9601FS3*	-32 bis +32 mA (2x)	1 μA	AB/AC	2 x Shunt	mA
ZA9601FS4*	0 bis 100% (2x) (4 bis 20 mA)	0,01%	AB/AC	2 x Shunt	%

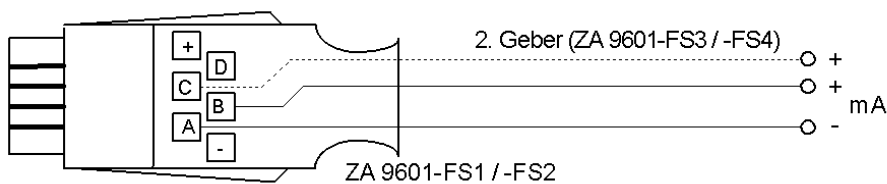
* keine galvanische Trennung

D7-Stecker siehe 4.3.1.2

Technische Daten

Genauigkeit Shunt	$\pm 0,1\%$ v.Mw.
Temperaturkoeffizient Shunt	< 25 ppm/K
Nominaltemperatur Shunt	23°C \pm 2 K

Anschlussbelegung



Handhabung

Messen

Werden an die Stecker ZA9601FS3 und ZA9601FS4 zwei Stromsignale angeschlossen, haben sie eine gemeinsame Masse, d.h. es gibt keine galvanische Trennung.

4.3.1.2 Stecker für Gleichstrom mit Versorgung direkt aus dem Gerät

Grundlagen

Siehe Kapitel 4.2.1.2.

Eigenschaften der Stecker

Ausstattung

Analoge Standardstecker

Werden Messwertgeber mit Stromausgang aus dem Gerät versorgt, macht sich das Problem Spannungsabfall auf der Masseleitung noch stärker bemerkbar, als bei Fühlern mit Spannungsausgang (siehe Kapitel 4.2.1.3). Es lässt sich ähnlich lösen, erfordert aber einen Stecker ZA9601-FS5 bzw. -FS6 mit Shunt zwischen C und B und mit Änderung der Multiplexerstellung auf C-B (siehe Kapitel 6.10.2).

D7 Stecker

Der digitale ALMEMO® D7-Messstecker arbeitet mit einem eigenen eingebauten 24-Bit-Delta-Sigma-AD-Wandler.

Man kann beim Stecker ZED701FS drei verschiedene Bereiche auswählen, die sich hinsichtlich ihrer Auflösung und Abtastrate unterscheiden. So werden bei 5 Messungen/Sekunde 200.000 Digit erreicht, bei 500 Messungen/Sekunde 20.000 Digit und bei 1000 Messungen/Sekunde 2.000 Digit.

Ist eine Fühlerversorgung erforderlich, kann sie auf U+ und Gnd abgegriffen und über das Gerät auf 6, 9 oder 12V eingestellt werden. Die Vierleiterschaltung verhindert Messfehler durch einen Spannungsabfall auf der Gnd-Leitung.

Zur galvanischen Trennung bei den D7 Steckern steht das steckbare Kabel, Länge 0,2 m, ZAD700GT zur Verfügung.

Ausführungen

Analoge Standardstecker

Artikelnummer	Messbereich	Auflösung	Anschluss auf Schraubklemmen	besonderes Element im Stecker	programmierter Bereich
ZA9601FS5	-32 bis +32 mA	1 µA	BC	Shunt	mA
ZA9601FS6	0 bis 100% (4 bis 20 mA)	0,01%	BC	Shunt	%

Anschluss von Fremdsensoren

D7 Stecker

Artikel-nummer	Bezeichnung	Messbereich	Auflösung	Befehl	Bereich	M/s
ZED701FS	1. * I20.0000	-20 bis +20 mA	0,1 µA	B-01	D I204	5
	2. I20.000	-20 bis +20 mA	1 µA	B-02	D I203	500
	3. I20.00	-20 bis +20 mA	10 µA	B-03	D I202	1000

Die voreingestellten Messbereiche sind mit einem * gekennzeichnet.

Technische Daten

Analoge Standardstecker

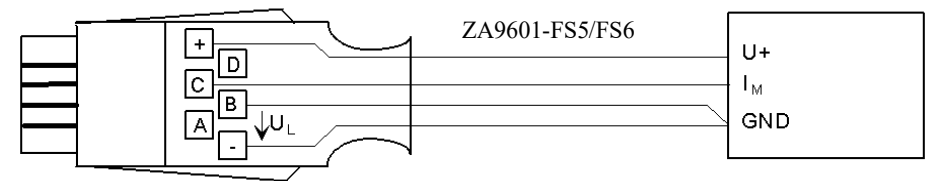
Genauigkeit Shunt	±0,1% v.Mw.
Temperaturkoeffizient Shunt	< 25 ppm/K
Nominaltemperatur Shunt	23°C ± 2 K

D7 Stecker ZED701FS

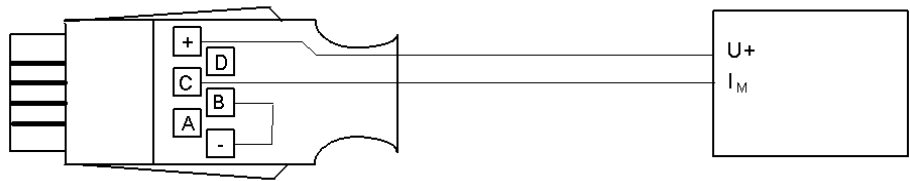
Messbereich	siehe Ausführungen
Abtastrate, Auflösung	siehe Ausführungen
Eingangswiderstand	100 Ω
Überlast	±28 mA
Eingangsstrom	100 pA
Messeingang	galvanisch verbunden mit der Spannungsversorgung (Masse des ALMEMO® Gerätes)
AD-Wandler	Delta-Sigma
Genauigkeit (bei 5 M/s)	0,02% ±2 Digit
Temperaturdrift	max. 30 ppm/K
Nenntemperatur	22°C ± 2 K
Refreshrate	200 ms (5 M/s), 2 ms (500 M/s)
Einsatzbereich	-10 bis +60°C, 10 bis 90% rH (nicht kondensierend)
Stromversorgung	6 / 9 / 12 V aus dem ALMEMO® Messgerät
Strombedarf	ca. 7,5 mA (5 M/s), ca. 9,5 mA (500 M/s)
Steckerfarben	Gehäuse rubinrot, schwarze Hebel

Anschlussbelegung

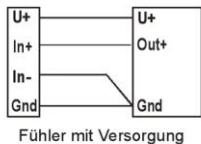
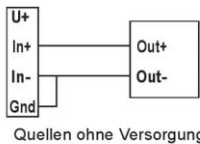
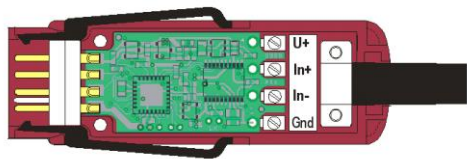
ZA9601FS5, ZA9601FS6



Auch 2-Leiter-Transmitter sind anschließbar (Brücke zwischen - und B):



ZED701FS



4.3.1.3 Stecker für Gleichstrom mit Spannungswandlern für bestimmte Versorgungen

Grundlagen

Siehe Kapitel 4.2.1.3.

Eigenschaften der Stecker

Ausführungen

Analoge Standardstecker

Artikelnummer	Messbereich	Auflö- sung	Anschluss auf Schraub- klemmen	besonderes Element im Stecker	program- mierter Bereich	Versor- gungsspan- nung
ZA9601FS5V12	-32 bis +32 mA	1 µA	BC	Spannungs- wandler, Shunt	mA	12 V
ZA9601FS6V12	0 bis 100% (4 bis 20 mA)	0,01%	BC	Spannungs- wandler, Shunt	%	12 V

Anschluss von Fremdsensoren

D7 Stecker

Artikel-nummer	Bezeichnung	Messbereich	Auflösung	Befehl	Bereich	M/s	Versorgungsspannung
ZED701-FSV15 / ZED701-FSV24	1. * I20.0000	-20 bis +20 mA	0,1 µA	B-01	D I204	5	15 V/24 V
	2. I20.000	-20 bis +20 mA	1 µA	B-02	D I203	500	15 V/24V
	3. I20.00	-20 bis +20 mA	10 µA	B-03	D I202	1000	15 V/24V

Die voreingestellten Messbereiche sind mit einem * gekennzeichnet.

Technische Daten

Analoge Standardstecker

ZA9601FS5V12, ZA9601FS6V12

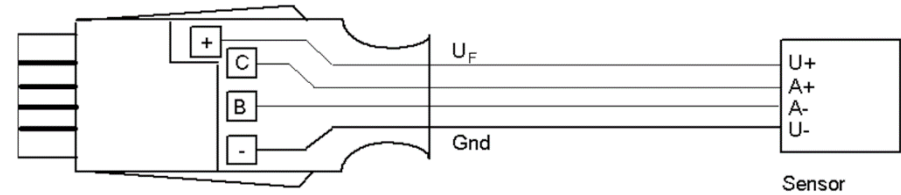
Gerätespannung U_G	8 bis 12 V
Fühlerversorgungsspannung U_F	12,2 V bis 12,5 V (15 V / 24 V auf Anfrage)
Ausgangsstrom	100 mA bei $U_G = 9$ bis 12 V
Eingangswiderstand	2 kΩ
Genauigkeit Shunt	±0,1% v.Mw.
Temperaturkoeffizient Shunt	< 25 ppm/K
Nominaltemperatur Shunt	23°C ± 2 K

D7 Stecker ZED701FSV15, ZED701FSV24

Messbereich	siehe Ausführungen
Abtastrate, Auflösung	siehe Ausführungen
Eingangswiderstand	100 Ω
Überlast	±28 mA
Eingangsstrom	100 pA
Messeingang	galvanisch verbunden mit der Spannungsversorgung (Masse des ALMEMO® Gerätes)
AD-Wandler	Delta-Sigma
Genauigkeit (bei 5 M/s)	0,02% ±2 Digit
Temperaturdrift	max. 30 ppm/K
Nenntemperatur	22°C ± 2 K
Refreshrate	200 ms (5 M/s), 2 ms (500 M/s)
Einsatzbereich	-10 bis +60°C, 10 bis 90% rH (nicht kondensierend)
Fühlerversorgung	ZED701FSV15: 15 V, max. 50 mA bei Gerätespannung 12 V ZED701FSV24: 24 V, max. 30 mA bei Gerätespannung 12 V
Strombedarf	abhängig vom Sensor
Steckerfarben	Gehäuse rubinrot, schwarze Hebel

Anschlussbelegung

ZA9601FS5V12, ZA9601FS6V12, ZED701FSV15, ZED701FSV24



Siehe Kapitel 4.3.1.2.

4.4 Stecker für Messungen von Widerständen und Messbrücken

4.4.1 Stecker für Widerstand

4.4.1.1 Stecker ZA9003xxx für Widerstand

Eigenschaften der Stecker

Ausführungen

Artikelnummer	Messbereich	Auflösung	Signal auf Anschlüssen	besonderes Element im Stecker	programmierter Bereich
ZA9003FS	0 bis 500 Ω	0,01 Ω	BC	-	Ohm
ZA9003FS2	0 bis 5000 Ω	0,1 Ω	BC	-	Ohm, Elementflag 01:I2*

*Umschaltung auf 1/10-Messstrom mit Elementflag, siehe Kap. 6.10.3

Besondere Ausführungen

Stecker mit Messbereichen bis 50 Ω oder bis 100k Ω sind auf Anfrage als Sonderstecker realisierbar.

Artikelnummer	Messbereich	Auflösung	Signal auf Anschlüssen	besonderes Element im Stecker	programmierter Bereich
ZA9003SS3	0 bis 50 Ω	0,01 Ω	BC	-	DIGI, Linearisierung im Stecker
ZA9003SS4	0 bis 110 k Ω	0,01 k Ω	BC	-	DIGI, Linearisierung im Stecker

Technische Daten

nur für ZA9003SS4

Linearisierungsgenauigkeit	$\pm 0,2\% \pm 0,02 \text{ k}\Omega$
----------------------------	--------------------------------------

Anschlussbelegung



Handhabung

Messen

Die Stecker zur Messung von Widerständen sollten in Vierleiterschaltung angeschlossen sein. Ist das nicht möglich, kann auch eine Zweileiterschaltung mit Brücken A-B und C-D zum Einsatz kommen. Der entstehende Fehler durch die Anschlusskabel ist hier zu berücksichtigen.

Zur Messung mit den Widerstandssteckern ZA9003FSx können alle ALMEMO® Messgeräte eingesetzt werden außer dem MA2450-1.

4.4.2 Stecker für Potentiometergeber

4.4.2.1 Analoge Standardstecker ZA9025FS3 für Potentiometer

Messprinzip

Potentiometergeber für Längen- und Drehwinkelmessungen können mit dem Stecker ZA 9025-FS3 ausgewertet werden. Das Potentiometer wird an eine interne Versorgungsspannung von 2,5 V (max. 50 ppm/K) angeschlossen und der Abgriff im Messbereich 2,6 V erfasst.

Eigenschaften des Steckers

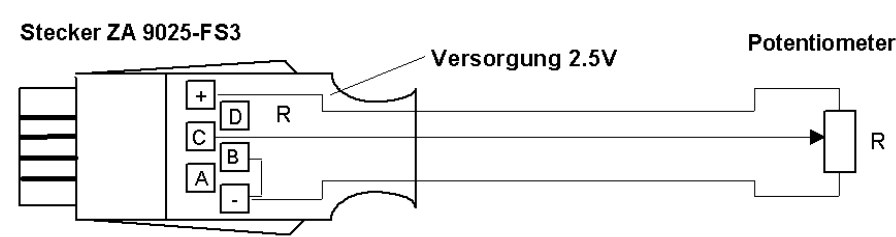
Ausführungen

Artikelnummer	Messbereich	Auflösung	Signal auf Anschlüssen	besonderes Element im Stecker	programmierter Bereich	Versorgungsspannung
ZA9025FS3	-2,6 bis +2,6 V	0,1 mV	BC	-	D2.6	2,5 V

Technische Daten

Fühlerversorgung	2,5 V
Temperaturkoeffizient	< 50 ppm/K

Anschlussbelegung



4.4.2.2 D7-Stecker ZWD700FS für Potentiometer

Eigenschaften des Steckers

Ausstattung

Der D7-Potentiometerstecker ZWD700-FS erfasst mit einem eigenen 24-Bit-AD-Wandler und 100 Messungen/Sekunde den Spannungsabfall an einem Potentiometergeber der von der 2V-Referenzspannung des AD-Wandlers gespeist wird.

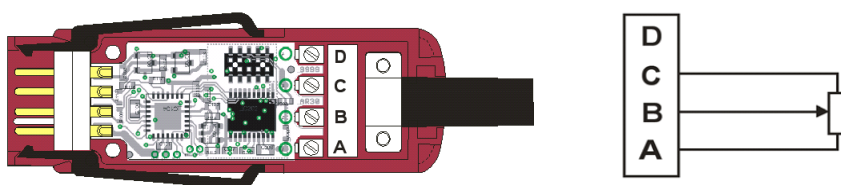
Ausführungen

Artikel-nummer	Bezeichnung	Messbereich	Auflösung	Befehl	Bereich	M/s	Versorgungsspannung
ZWD700FS	Poti	0 bis 100%	0,01%	B-01	D U24	100	2 V aus AD-Wandler

Technische Daten

Messbereich	00,00 bis 100,00%
Messeingang	galvanisch verbunden mit der Spannungsversorgung (Masse des ALMEMO® Gerätes)
Eingangsbereich	-2 bis +2 Volt
Auflösung	0,01%
Wandlungsrate	100 Messungen/s
Referenzspannung	2 V
AD-Wandler	Delta-Sigma
Systemgenauigkeit	0,02% ± 2 Digit
Temperaturdrift	max. 30 ppm/K
Nenntemperatur	22°C ± 2 K
Refreshrate	0,01 Sekunden
Versorgungsspannung	6 bis 13 V DC
Stromverbrauch	ca. 8 mA (ohne Sensor)
Steckerfarben	Gehäuse rubinrot, schwarze Hebel
Einsatzbereich	-10 bis 60°C, 10 bis 90% rH (nicht kondensierend)

Anschlussbelegung



Handhabung

Vorbereitung

Die Skalierung des Sensors auf die physikalische Größe (z.B. Weg in mm) erfolgt über das ALMEMO® V7 Gerät (Gerätebedienung bzw. in der Software ALMEMO® Control): Abgleich des Nullpunktes und Abgleich des Endwertes.

4.4.3 Stecker für Messbrücken

4.4.3.1 Analoger Standardstecker ZA9105FSx für Messbrücken

Eigenschaften der Stecker

Ausstattung

Die Stecker ZA9105-FSx stellen eine nullpunktsymmetrische Spannungsversorgung von $\pm 2.5V$ bereit, die im ALMEMO® Stecker stabilisiert wird.

Außerdem wird die Versorgung abgeschaltet, wenn die Messstelle nicht angewählt ist. Dies macht es möglich, viele Messbrücken stromsparend an einem Messgerät zu betreiben.

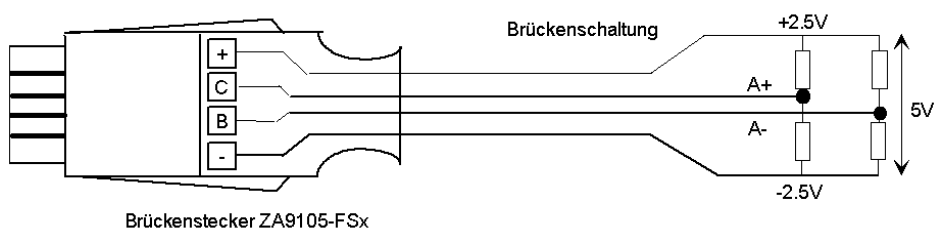
Ausführungen

Artikelnum- mer	Messbereich	Auflö- sung	Signal auf Anschlüssen	besonderes Element im Stecker	program- mierter Bereich	Versor- gungsspan- nung
ZA9105FS0	-10 bis +55 mV	1 μV	BC	-	D55	5V, symm.
ZA9105FS1	-26 bis +26 mV	1 μV	BC	-	D26	5V, symm.
ZA9105FS2	-260 bis +260 mV	10 μV	BC	-	D260	5V, symm.
ZA9105FS3	-2,6 bis +2,6 V	0,1 mV	BC	-	D2.6	5V, symm.

Technische Daten

Fühlerversorgung	
Spannung U _F	5 V \pm 0,05 V
Temperaturkoeffizient	< 50 ppm/°C
Ausgangsstrom	25 mA bei U _G = 12 V 30 mA bei U _G = 9 V 50 mA bei U _G = 6 V
Ruhestrom	ca. 3 mA
Stromsparschaltung	Die Brückenspannung wird abgeschaltet, wenn die Messstelle nicht angewählt ist.

Anschlussbelegung



4.4.3.2 D7-Stecker ZKD700-FS für Messbrücken

Eigenschaften des Steckers

Ausstattung

Der D7-Brückenstecker ZKD700-FS erfasst mit einem schnellen 24-Bit-AD-Wandler die Ausgangsspannung einer Vier-Leiter-Vollbrücke mit 5V-Versorgung (5V, Gnd).

Damit ist es möglich, dynamische Kraftänderungen mit Dehnungsmessstreifen alternativ mit 2 verschiedenen Wandlungsraten von 10 oder 1000 Messungen/Sek. aufzunehmen. Der Anschluss erfolgt über 4 Schraubklemmen.

Ausführungen

Artikelnummer	Bezeichnung	Messbereich	Dim	Auflösung	Befehl	Bereich	Endwert	M/s
ZKD700 FS	1. * Kraft	± 50 000 Digit	N	1 N	B-02	DMS2	50000	1000
	2. Kraft	± 200 000 Digit	N	1 N	B-01	DMS1	200000	10

Die voreingestellten Messbereiche sind mit einem * gekennzeichnet.

Programmierung

Der Abgleich wird über interne Präzisionswiderstände bei jedem Einschalten, Anstecken oder Bereichswechsel durchgeführt. Je nach Kenndaten der Dehnungsmessstreifen muss der Messkanal mit der gewünschten Dimension programmiert werden. Die Skalierung erfolgt im Sensormenü des V7-Messgerätes oder am PC.

The screenshot shows the 'Sensor-Menü' of the V7-Messgerät. The title bar includes a back arrow, 'Sensor-Menü', and icons for settings, measurement, and a reset button. The main display shows 'Brückenstecker ZKD700-FS'. Below this, a dropdown menu is set to 'DMS2' and '1000M/s'. The current reading is '0.0: 12345 N'. Further down, 'Endwert' is set to '0', 'Kommastelle' is set to '0', and 'Kenngröße' is set to '1.000 mV/V'. At the bottom, there are 'ZERO' and 'ADJ' buttons with right-pointing arrows.

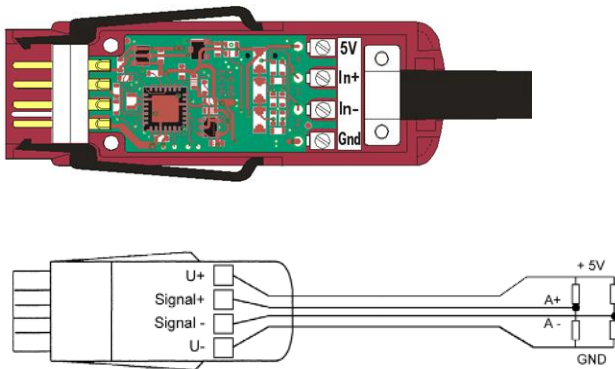
Technische Daten

Fühlertyp	Vollbrücke, 4 Leiter
Messeingang	galvanisch verbunden mit der Spannungsversorgung (Masse des ALMEMO® Gerätes)
Eingangsbereich	-29,3 bis +29,3 mV (Klemmen In + und In -)
Anzeigebereich	0 bis ±200,000 (Bereich DMS1 mit 10 Messungen/Sek.) 0 bis ±50,000 (Bereich DMS2 mit 1000 Messungen/Sek.)

Anschluss von Fremdsensoren

Brückenversorgung	5 V, Selbstkalibration mit Teilerkette Genauigkeit 0,01%, Temperaturdrift 10 ppm/K
AD-Wandler	Delta-Sigma ratiometrisch (Brückenspannung = Referenz)
Gleichtaktbereich	0,25 V bis 4,75 V
Systemgenauigkeit	0,02% \pm 2 Digit (bei 10 Messungen/s)
Nenntemperatur:	22°C \pm 2 K
Temperaturdrift	max. 30 ppm/K
Einsatzbereich	-10 bis +60°C, 10 bis 90% rH (nicht kondensierend)
Versorgungsspannung	ab 6 V aus dem ALMEMO® Gerät (Fühlerversorgung)
Stromverbrauch	ca. 15,5 mA
Selbstkalibration	beim Einschalten und Anstecken
Refreshrate	DMS1: 100ms, DMS2: 1ms
Steckerfarben	Gehäuse rubinrot, schwarze Hebel

Anschlussbelegung



Handhabung

Vorbereitung

Sensorabgleich und Skalierung

Die beiden Messbereiche bieten 2 verschiedene Wandlungsraten und dementsprechend unterschiedliche Messbereiche und Auflösungen. Die maximalen Endwerte sind jeweils inklusive Kommastellen einzuhalten.

Zum Nullabgleich ist die Taste 'ZERO' vorgesehen.

Zur Konfiguration der individuellen Steigung und Skalierung des Sensors gibt es 2 mögliche Verfahren:

1. Wenn der Sensor mit einer spezifischen 'Kenngröße' in mV/V ausgeliefert wurde, kann man diese einfach im Sensor-Menü eingeben und die Skalierung mit dem Endwert und der Kommastelle vornehmen.
2. Alternativ wird die Kenngröße gelöscht und der Sensor mit einer Kraft belastet, die dem Endwert entspricht. Zur Skalierung dienen wieder der Endwert und die Kommastelle. Mit der Taste 'ADJ' wird die Steigung entsprechend abgeglichen.

Zum Trieren dient im ALMEMO® Messgerät die Standardfunktion 'Nullsetzen' des Messwertes.

4.5 Galvanisch getrennte Hochspannungs-Messmodule für AC- und DC-Signale und Thermoelemente

Hinweise zur Messung

Sicherheitshinweise

Bei bestimmungsgemäßer Verwendung des Messmoduls ist die Sicherheit von Gerät und Bediener gewährleistet. Bei unsachgemäßer Bedienung kann die Sicherheit jedoch nicht garantiert werden. Lesen Sie deshalb bitte die folgenden Sicherheitsregeln vollständig durch, um Verletzungen des Bedienpersonals, Brände und Schäden am Messmodul bzw. Messgerät zu vermeiden. Wenn mit Spannungen über 50V hantiert wird, muss das Personal über die Gefahren vor allem durch Netzspannungen entsprechend unterwiesen sein.

- Schalten Sie beim Anstecken der Messmodule das Messgerät aus.
- Die Messmodule sind je nach Typ dazu geeignet, Spannungen, Ströme oder Thermoelemente, bei Potentialen über 50V zu messen. Bei Betrieb und besonders beim Anschluss des Messmoduls ist sorgfältig darauf zu achten, dass keine hochspannungsführenden Teile berührt werden.
- Beim Messmodul für Thermoelemente müssen zum Anschluss des Temperaturfühlers die Betriebsspannungen der beteiligten Geräte abgeschaltet werden.
- Bei den Messmodulen für AC/DC-Signale verwenden Sie die mitgelieferten oder gleichwertigen berührungsgeschützten Prüfkabel.
- Bei den Messmodulen für Thermoelemente dürfen aus Gründen der Isolation keine mit Glasseide isolierten Leitungen verwendet werden.
- Das Messmodul für DC-Signale darf nur mit Gleichspannung bzw. Gleichstrom gemäß dem auf dem Typenschild angekreuzten Messbereich betrieben werden.
- Achten Sie besonders darauf, dass die Strommodule immer in Reihe zum Verbraucher, d.h. in eine Zuleitung, geschaltet werden und nicht unmittelbar an die Spannungsquelle angeschlossen werden dürfen.
- Messgerät und Messmodul darf nicht in nasser oder feuchter Umgebung betrieben werden.
- Das Kunststoffgehäuse ist vor offenem Feuer und heißen Oberflächen (z.B. Herdplatten) zu schützen.
- Das Messmodul darf nicht mehr verwendet werden, wenn es äußerlich beschädigt ist oder evtl. nach einem falschen Anschluss nicht mehr funktioniert.
- Wird das Messmodul zweckentfremdet oder falsch bedient, kann keine Haftung für eventuelle Schäden übernommen werden.

Sicherheitssymbole:



Achtung: Beachten Sie unbedingt alle entsprechend gekennzeichneten Hinweise in der Anleitung, um Verletzungen und Gefahr für Leib und Leben, sowie Schäden am Gerät zu vermeiden.



Warnung: Es besteht die Gefahr eines elektrischen Schlages durch Berühren hochspannungsführender Anschlüsse. Berühren Sie im Betrieb keine freiliegenden Teile oder Anschlüsse, um elektrische Schläge zu vermeiden.

4.5.1 Schnelles ALMEMO® DC-Messmodul

Messprinzip

Das ALMEMO® Messmodul ZA 9900/1-AB erfasst bei einem Gleichspannungs- oder Gleichstromsignal mit einer Abtastrate von 1 kHz Momentan-, Max-, Min- und Mittelwert und übergibt diese vier Werte bei jeder Messstellenabfrage an das ALMEMO® Gerät.

Die Übertragung der Daten zum Messgerät erfolgt rein digital. Der Anschluss ist im Modul mit 1kV auf Dauer

Anschluss von Fremdsensoren

galvanisch getrennt und überspannungsgesichert. Das Messmodul kann so an jeden ALMEMO® Messeingang angesteckt werden, d.h. auch mehrere an ein ALMEMO® Gerät. Dabei muss die Maximalbelegung des ALMEMO® Gerätes beachtet werden.

Auswahl, Produktübersicht

Artikelnummer	Messbereich	Auflösung	Überlastung	Innenwiderstand
Gleichspannung:				
ZA9900AB2	±2 V	0,001 V	±400 V	800 kΩ
ZA9900AB3	±20 V	0,01 V	±500 V	1 MΩ
ZA9900AB4	±200 V	0,1 V	±500 V	1 MΩ
ZA9900AB5	±400 V	1 V	±1000 V	4 MΩ
Gleichstrom:				
ZA9901AB1	±20 mA	0,01 mA	±0,1 A*	10 Ω
ZA9901AB2	±200 mA	0,1 mA	±1 A*	1 Ω
ZA9901AB3	±2 A	0,001 A	±10 A*	0,1 Ω
ZA9901AB4	±10 A	0,01 A	±20 A*	0,01 Ω
ZA9901AB5	±20 A	0,1 A	±30 A*	0,002 Ω
*ohne Sicherung, nur max. 1 min überlastbar				
Gleichstrom über externen Shunt:				
ZA9900AB1	±200 mV	0,1 mV	±40 V	6 kΩ

Alle Messmodule werden inklusive berührungsgeschütztes Anschlusskabel geliefert.

Hinweise zur Messung

Anschluss des Messmoduls



Achten Sie beim Anschluss des Messmoduls auf den Messbereich, der auf dem Typenschild angekreuzt ist.

Schalten Sie beim Anstecken der Messmodule das Messgerät aus.

Anschluss des Messmoduls an ein ALMEMO® Gerät

Der ALMEMO® Stecker des Messmoduls kann an jede Fühlerbuchse Mxx eines jeden ALMEMO® Messgerätes angesteckt werden. Die Stromversorgung des Messmoduls erfolgt durch das ALMEMO® Messgerät über einen DC/DC-Wandler (Isolationsspannung min. 4kV/1Sek., auf Dauer 1kV). Die Stromversorgung des Messgerätes wird dadurch mit ca. 40 mA belastet, d.h. für einen Langzeitbetrieb ist ein Netzteil erforderlich. Die Daten werden mit einer Refreshrate alle 0,1 Sekunden optoisoliert digital an das Messgerät übertragen.

Messwerterfassung

Das Messsignal wird laufend mit 1 kHz abgetastet und daraus der Maximalwert, der Minimalwert und der Mittelwert berechnet. Bei jeder Messstellenabfrage (bei V6-Geräten, MA710, MA809 und MA500 auch mit der Wandlungsrate, Refreshrate beachten) werden über die 4 Kanäle des ALMEMO® Steckers außer dem momentanen Messwert die Max-, Min- und Mittelwerte seit der letzten Messstellenabfrage ausgegeben und danach gelöscht.

Wenn man die Max-, Min- oder Mittelwerte über einen längeren Zeitraum erhalten will, kann man auf diesen

Kanälen das Elementflag 4 (nur zyklische Abfrage, siehe Kapitel 6.10.3) und einen entsprechenden Zyklus programmieren. So lassen sich Momentanwerte mit der Wandlungsrate und die Max-, Min- oder Mittelwerte mit manuellen oder zyklischen Abfragen aufzeichnen.

Liegen mehr als 100 Messwerte nacheinander außerhalb des Messbereichs, dann erscheint der Messwert zur Kennzeichnung der Messbereichsüberschreitung blinkend.

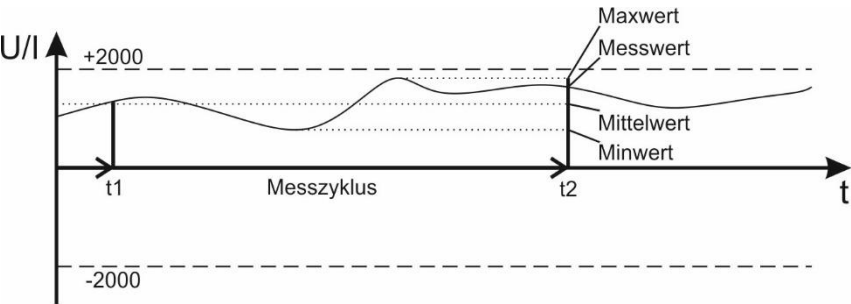


Abb. 4.1 Strom/Spannung aufgetragen gegen die Zeit. Veranschaulichung des Messwerts, sowie des Maximum-, Minimum- und Mittelwerts

4.5.1.1 Messmodul ZA 9900-AB für Gleichspannung

Eigenschaften des Moduls

Ausstattung

Das Messmodul wird mit ALMEMO® Anschlusskabel, zwei Prüfkabeln mit berührungssicheren Bananensteckern und einer Bedienungsanleitung geliefert.



Programmierung

Abb. 4.2 Messmodul ZA9900AB für Gleichspannung

Programmierung des ALMEMO® Steckers:

Kanal	Messfunktion	Bereich	Auflösung	Verriegelung
1. Kanal	Messwert	DIGI	1/2000 v.Mb.	5
2. Kanal	Maximalwert	DIGI	1/2000 v.Mb.	5
3. Kanal	Minimalwert	DIGI	1/2000 v.Mb.	5
4. Kanal	Mittelwert	DIGI	1/20000 v.Mb.	5

Technische Daten

Messbereich	siehe Kapitel 4.5.1, Auswahl, Produktübersicht
Auflösung	siehe Kapitel 4.5.1, Auswahl, Produktübersicht
Genauigkeit	0,1% v. Ew. ± 2 Digit für Gleichstrom 20 A: ±4 Digit
Abtastrate	1 kHz
Auflösung	12 bit, ± 2048 Digit

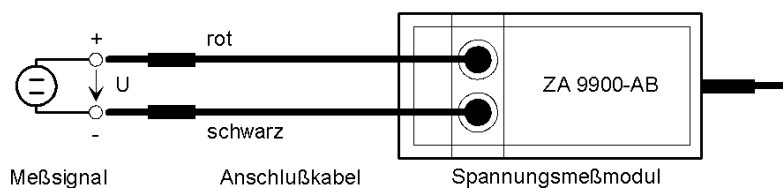
Anschluss von Fremdsensoren

Refreshrate	0,1 s
Messzyklus maximal	14 h
Galvanische Trennung	1 kV dauernd, 4 kV für 1 Sek.
Nennbedingungen	23°C ± 2 K, 10 bis 90% rH (nicht kondensierend)
Gehäuse	Polystyrol, Maße L100 x B54 x H31 mm
Buchsen	berührungssicher, Ø 4 mm
Betriebsspannung	6 bis 14 V über ALMEMO® Gerät
Stromverbrauch	< 40 mA (Stecker und Modul)

Handhabung

Vorbereitung

Die Eingangsbuchsen des Messmoduls werden mit Hilfe der mitgelieferten berührungsgeschützten Anschlusskabel direkt mit den Anschlüssen der Spannungsquelle verbunden.



Warnung! Bei Messspannungen von über 50V ist unbedingt darauf zu achten, dass die Verkabelung im spannungsfreien Zustand erfolgt und erst danach die Spannung eingeschaltet wird. Berühren Sie im Betrieb keine freiliegenden Teile oder Anschlüsse, um elektrische Schläge zu vermeiden.

Fühlerschutz

Der Abgleich des Messbereichs ist in der Steigungskorrektur abgelegt. Bevor die Verriegelung unter 4 eingestellt wird, sollten Sie sich unbedingt den Abgleichwert notieren, damit Sie ihn wieder eingeben können, falls er bei einer Programmierung oder Fehlbedienung gelöscht wird.

4.5.1.2 Messmodul ZA 9901-AB für Gleichstrom

Eigenschaften des Moduls

Ausstattung

Das Messmodul wird mit ALMEMO® Anschlusskabel, zwei Prüfkabeln mit berührungssicheren Bananensteckern und einer Bedienungsanleitung geliefert.

Programmierung

Siehe Kapitel 4.5.1.1.

Technische Daten

Siehe Kapitel 4.5.1.1.

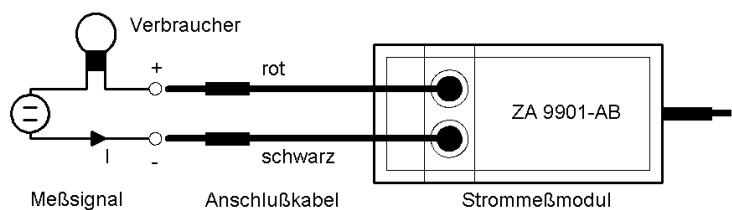


Abb. 4.3 Messmodul ZA9901AB für Gleichstrom

Handhabung

Vorbereitung

Das Strom-Messmodul wird mit Hilfe der mitgelieferten berührungsgeschützten Anschlusskabel in die Anschlussleitung eines Verbrauchers geschaltet.



Warnung! Bei Messspannungen von über 50V ist unbedingt darauf zu achten, dass die Verkabelung im spannungsfreien Zustand erfolgt und erst danach die Spannung eingeschaltet wird. Berühren Sie im Betrieb keine freiliegenden Teile oder Anschlüsse, um elektrische Schläge zu vermeiden.



Achtung! Schließen Sie das Strommessmodul nicht ohne Verbraucher direkt an die Spannungsquelle an, weil dadurch das Modul zerstört werden kann und eine Gefahr durch Überhitzung entsteht. Die Strombereiche sind zwar kurzfristig überlastbar, haben aber keine Sicherung.

4.5.2 ALMEMO® AC-Messmodule für Wechselspannung und Wechselstrom

Messprinzip

Die ALMEMO® AC-Messmodule ZA 9903-AB und ZA 9904-AB erfassen selbstständig voll digital den Echt-Effektivwert einer Wechselstromgröße, d.h. das Messsignal mit beliebiger Kurvenform wird mit 1kHz digitalisiert und der echte Effektivwert berechnet.

Auf dem 2. Kanal kann die Frequenz abgerufen werden. Die Übertragung zum Messgerät erfolgt rein digital. Der Anschluss im Modul ist auf Dauer mit 1kV galvanisch getrennt und überspannungsgesichert. Das Messmodul kann so an jeden Messeingang eines beliebigen ALMEMO® Messgerätes angesteckt werden, d.h. auch mehrere an ein Gerät. Dabei muss die Maximalbelegung des ALMEMO® Gerätes beachtet werden.

Auswahl, Produktübersicht

Artikelnummer	Messbereich	Auflösung	Spitzenwert	Überlastung	Innenwiderstand
Wechselspannung:	U_{eff} sinus		U_{SS}	U_{SS}	R_i
ZA9903AB1 ¹⁾	130 mV	0,1 mV	$\pm 0,2$ V	± 400 V	0,5 M Ω
ZA9903AB2	1,3 V	1 mV	± 2 V	± 400 V	0,8 M Ω
ZA9903AB3	13 V	10 mV	± 20 V	± 500 V	1 M Ω
ZA9903AB4	130 V	0,1 V	± 200 V	± 500 V	1 M Ω
ZA9903AB5	400 V	1 V	± 1000 V	± 1000 V	4 M Ω

¹⁾ Bei Verwendung des Messmoduls zur Strommessung mit externem Shunt muss der Shunt in den Nullleiter (nicht in die Phase) eingeschleift werden.

Wechselstrom:	I_{eff} sinus		I_{SS}	I_{SS}	R_i
ZA9904AB1	1 A	1 mA ²⁾	± 2 A	± 10 A	0,10 Ω
ZA9904AB2	10 A	10 mA ²⁾	± 20 A	± 20 A	0,01 Ω
ZA9904AB3	20 A	0,1 A ²⁾	± 30 A	± 30 A	0,002 Ω

²⁾ ohne Sicherung, nur max. 1 min überlastbar

Alle Messmodule werden inklusive berührungsgeschütztes Anschlusskabel geliefert.

Hinweise zur Messung

Anschluss des Messmoduls



Achten Sie beim Anschluss des Messmoduls auf den Messbereich, der auf dem Typenschild angekreuzt ist.

Schalten Sie beim Anstecken der Messmodule das Messgerät aus.

Der ALMEMO® Stecker des Messmoduls kann an jede Fühlerbuchse Mxx eines jeden ALMEMO® Messgerätes angesteckt werden. Die Daten werden alle 0.5 Sekunden optoisoliert digital an das Messgerät übertragen.

Die Stromversorgung des Messmoduls erfolgt durch das ALMEMO® Messgerät über einen DC/DC-Wandler (Isolationsspannung min. 4kV/1Sek., auf Dauer 1kV). Die Stromversorgung des Messgerätes wird dadurch mit ca. 40 mA belastet, d.h. für einen Langzeitbetrieb ist ein Netzteil erforderlich.

Echt-Effektivwert- Messung

Das Wechselspannungssignal wird laufend mit 1kHz abgetastet und alle 0.5 Sekunden der Gesamteffektivwert aus Gleich- und Wechselspannungsanteil errechnet.

$$U_{\text{eff}} = \sqrt{U_{\text{AC}}^2 + U_{\text{DC}}^2}$$

Bei einem Messbereich von 1300 Digit für sinusförmige Signale beträgt der Gesamtmessbereichsumfang ± 2000 Digit.

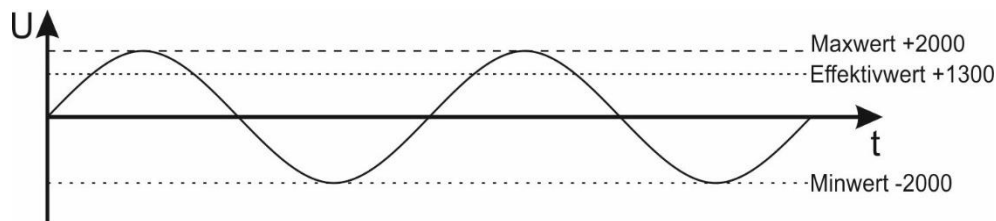


Abb. 4.4 Wechselspannung gegen die Zeit aufgetragen. Veranschaulichung von Effektivwert, Maximum- und Minimumwert.

Liegen von den 500 Messwerten mehr als 10 außerhalb des Messbereichs, dann erscheint der Messwert zur Kennzeichnung der Messbereichüberschreitung blinkend. Zur Erfassung der Frequenz muss die Amplitude mindestens 10% des Endwertes aufweisen.

4.5.2.1 Messmodul ZA 9903-AB für Wechselspannung

Eigenschaften des Moduls

Ausstattung

Das Messmodul wird mit ALMEMO® Anschlusskabel und zwei Prüfkabeln mit berührungssicheren Bananensteckern geliefert.



Abb. 4.5 Messmodul ZA9903AB für Wechselspannung

Programmierung

Programmierung des ALMEMO® Steckers

Kanal	Messfunktion	Bereich	Dim.	Auflösung	Verriegelung
1. Kanal	AC-Effektivwert	DIGI	V~	1/1300 v.Mb.	5
2. Kanal	Frequenz	DIGI	Hz	0.1 Hz	5

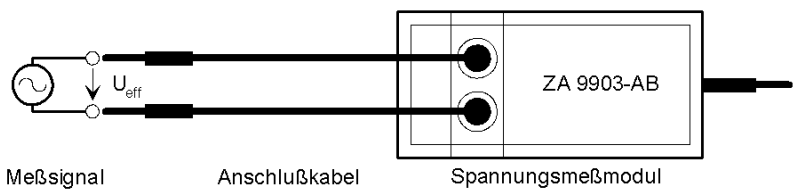
Technische Daten

Messbereich	siehe Kapitel 4.5.2 Auswahl, Produktübersicht	
Auflösung	siehe Kapitel 4.5.2 Auswahl, Produktübersicht	
Genauigkeit	TRMS 0,1% v. Ew. ± 2 Digit	Frequenz ± 0,1 Hz
Abtastrate	1 kHz	1 kHz
Auflösung	12 bit, ± 2048 Digit für U _{ss}	0,1 Hz
Empfindlichkeit	-	10% v. Ew.
Frequenzbereich	20,0 bis 250 Hz	20,0 bis 250 Hz
Messdauer/Einschwingzeit	0,5 s	0,5 s
Galvanische Trennung	1 kV dauernd, 4 kV für 1 Sek.	
Nennbedingungen	23°C ± 2 K, 10 bis 90% rH (nicht kondensierend)	
Gehäuse	Polystyrol, Masse L100 x B54 x H31 mm	
Buchsen	berührungssicher, Ø 4 mm	
Betriebsspannung	6 bis 14 V über ALMEMO® Gerät	
Stromverbrauch	< 40 mA (Stecker und Modul)	

Handhabung

Vorbereitung

Die Eingangsbuchsen des Messmoduls werden mit Hilfe der mitgelieferten berührungsgeschützten Anschlusskabel direkt mit den Anschlüssen der Spannungsquelle verbunden.



Warnung! Bei Messspannungen von über 50V ist unbedingt darauf zu achten, dass die Verkabelung im spannungsfreien Zustand erfolgt und erst danach die Spannung eingeschaltet wird. Berühren Sie im Betrieb keine freiliegenden Teile oder Anschlüsse, um elektrische Schläge zu vermeiden.

Fühlerschutz

Der Abgleich des Messbereichs ist in der Steigungskorrektur abgelegt. Bevor die Verriegelung unter 4 eingestellt wird, sollten Sie sich unbedingt den Abgleichwert notieren, damit Sie ihn wieder eingeben können, falls er bei einer Programmierung oder Fehlbedienung gelöscht wird.

4.5.2.2 Messmodul ZA 9904-AB für Wechselstrom

Eigenschaften des Moduls

Ausstattung

Das Messmodul wird mit ALMEMO® Anschlusskabel und zwei Prüfkabeln mit berührungssicheren Bananensteckern geliefert.



Abb. 4.6 Messmodul ZA9904AB für Wechselstrom

Programmierung

Siehe Kapitel 4.5.2.1.

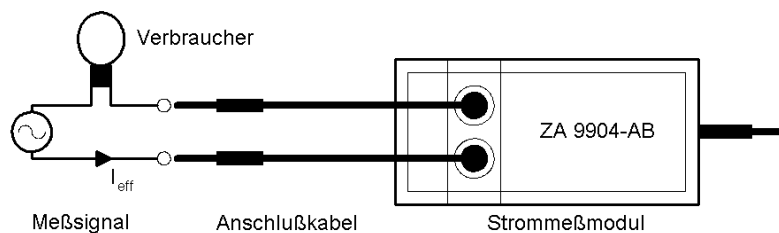
Technische Daten

Siehe Kapitel 4.5.2.1.

Handhabung

Vorbereitung

Das Messmodul wird mit Hilfe der mitgelieferten berührungsgeschützten Anschlusskabel in die Anschlussleitung eines Verbrauchers geschaltet.



Warnung! Bei Messspannungen von über 50V ist unbedingt darauf zu achten, dass die Verkabelung im spannungs-freien Zustand erfolgt und erst danach die Spannung eingeschaltet wird. Berühren Sie im Betrieb keine freiliegenden Teile oder Anschlüsse, um elektrische Schläge zu vermeiden.



Achtung! Schließen Sie das Strommessmodul nicht ohne Verbraucher direkt an die Spannungsquelle an, weil dadurch das Modul zerstört werden kann und eine Gefahr durch Überhitzung entsteht. Die Strombereiche sind zwar kurzfristig überlastbar, haben aber keine Sicherung.



Fühlerschutz

Der Abgleich des Messbereichs ist in der Steigungskorrektur abgelegt. Bevor die Verriegelung unter 4 eingestellt wird, sollten Sie sich unbedingt den Abgleichwert notieren, damit Sie ihn wieder eingeben können, falls er bei einer Programmierung oder Fehlbedienung gelöscht wird.

4.5.3 Messmodul für Thermoelemente

Messprinzip

Sollen Temperaturen auf hohem Potential bis 1000V gemessen werden, können die digitalen ALMEMO® Messmodule ZAD950-ABK, J, T (Typ K, J, T) verwendet werden. Sie erfassen galvanisch getrennt die Temperatur eines Thermoelementes (besonders für blanke Thermodrähte) und übergeben den Messwert laufend digital an das ALMEMO® Gerät. Das Messmodul kann an jeden ALMEMO® Messeingang angesteckt werden, d.h. auch mehrere an ein ALMEMO® Gerät. Dabei muss die Maximalbelegung des ALMEMO® Gerätes beachtet werden.

Auswahl, Produktübersicht

Artikelnummer	Messbereich	Auflösung
ZAD950ABK	-200 bis +1370°C	0,1 K
ZAD950ABJ	-200 bis +1000°C	0,1 K
ZAD950ABT	-200 bis +400°C	0,1 K

Hinweise zur Messung

Anschluss des Messmoduls



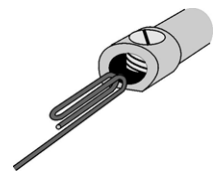
Vorsicht Hochspannung!

Bei Potentialen von über 50 V ist unbedingt darauf zu achten, dass die Verkabelung im spannungsfreien Zustand erfolgt und erst danach die Spannung eingeschaltet wird. Das Messmodul darf nur außerhalb des berührungsgefährlichen Bereiches betrieben werden. Die sicherheitstechnische Verantwortung liegt ab den Fühleranschlüssen bei dem Anwender.

Achten Sie darauf, dass zum Fühleranschluss die mitgelieferten berührungssicheren Hochspannungsstecker verwendet werden! Bei Drahtstärken unter einem Millimeter muss der Draht u.U. mehrfach umgebogen werden, um einen sicheren Halt in der Schraubklemme zu gewährleisten.

Der ALMEMO® Stecker des Messmoduls kann an jede Fühlerbuchse Mxx eines jeden ALMEMO® Messgerätes angesteckt werden. Die Daten werden mit einer Messrate von 2,5 Hz optoisoliert digital an das Messgerät übertragen.

Die Stromversorgung des Messmoduls erfolgt durch das ALMEMO® Messgerät über einen DC/DC-Wandler (Isolationsspannung min. 4kV/1Sek., auf Dauer 1kV). Das Messgerät muss eine Fühlerversorgung von 7 bis 12V, ca. 30 mA bereitstellen, d.h. meistens ist ein Netzteil erforderlich.



4.5.3.1 Messmodule ZAD 950 AB für Thermoelemente, galvanisch getrennt bis 1000V

Eigenschaften der Module

Ausstattung

Das Messmodul besitzt ein Anschlusskabel mit ALMEMO® Stecker.



Abb. 4.7 Messmodul ZAD950AB für Thermoelemente, galvanisch getrennt

Programmierung

Programmierung des ALMEMO® Steckers

Kanal	Messfunktion	Bereich	Dim.	Auflösung	Verriegelung
1. Kanal	Temperatur	DIGI	°C	0,1 K	5

Technische Daten

Messfühler	Thermoelement
Messbereiche	ZAD 950 ABK: NiCr-Ni (K) -200,0 bis 1370,0°C ZAD 950 ABJ: Fe-CuNi (J) -200,0 bis 1000,0°C ZAD 950 ABT: Cu-CuNi (T) -200,0 bis 400,0°C
Auflösung	0,1 K
Messrate	2,5 M/s
Linearisierungsgenauigkeit	± 0,05 K ± 0,05% v.Mw.
Systemgenauigkeit	0,1% v.Mw. ± 4 Digit, 0,01%/K
Präzisionsklasse	C siehe Kapitel 2
Galvanische Trennung	1kV DC/AC dauernd, 4 kV für 1 Sekunde
Gehäuse	ABS, L127 x B83 x H38 mm
Fühleranschluss	4 mm Sicherheitsbuchsen und -stecker (mit Schraubklemmen)
Anschlusskabel	1,5 m mit ALMEMO® Stecker
Spannungsversorgung	6 bis 13 V DC über ALMEMO® Gerät, Netzteil empfohlen
Stromverbrauch	ca. 30 mA

4.6 Frequenz / Impulse / Drehzahl

4.6.1 ALMEMO® Adapterkabel ZA9909-AKxU für Frequenz- und Impulssignale

Messprinzip

Das Adapterkabel für Frequenzsignale ZA 9909-AKxU dient der Erfassung digitaler Impulse. Es zählt im Fühlerstecker mit einem eigenen kleinen Mikrocontroller Impulse und übergibt diese auf Befehl an das Messgerät. Da auf diese Weise auch Signale berücksichtigt werden, wenn der Messkanal nicht angewählt ist, können sogar mehrere Adapterkabel an einem Gerät angesteckt und über Messstellenabfragen erfasst werden.

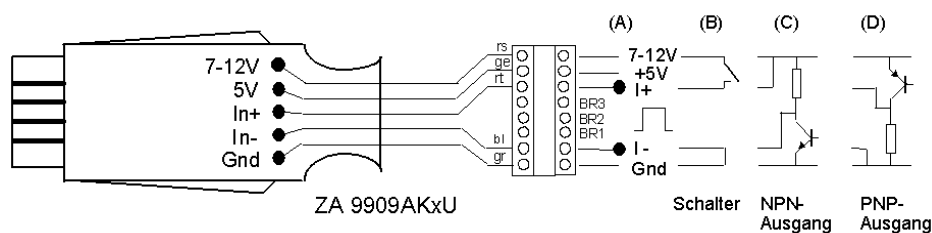
Auswahl, Produktübersicht

Artikel	Typ	Messbereich	Auflösung	programmierter Bereich
ZA9909-AK1U	Frequenz	0 bis 15000 Hz oder 0 bis 3200 Hz	1 Hz 0,1 Hz	Freq
ZA9909-AK2U	Impuls	0 bis 65000 Imp	1 Imp	Puls
ZA9909-AK4U	Drehzahl	8 bis 32000 UpM		Freq

Hinweise zur Messung

Es gibt vier verschiedene Möglichkeiten, das Adapterkabel zu beschalten (siehe Abbildung unten):

- (A) Das Adapterkabel kann direkt mit aktiven Spannungssignalen von 6 bis 40 V angesteuert werden und wird dann auf „Input +“ und „Input -“, angeschlossen. Optokoppler im Eingang sorgen in diesem Fall für galvanische Trennung.
- (B) Passive potentialfreie Schaltkontakte können über die Versorgungsspannung des Messgerätes zur Übermittlung von Impulsen herangezogen werden.
- (C/D) Turbinen oder photoelektrische Impulsgeber können vom Adapterkabel versorgt werden (max. 50mA). Je nach Ausgangstreiber ist der Optokoppler entsprechend zu beschalten (NPN:C) oder (PNP:D). Reicht die Gerätespannung nicht aus, ist der Stecker auch mit Spannungswandler auf $13,5V \pm 0,5 V$ erhältlich (Option OA9909V12).



Durch Programmierung des Messbereiches ist wahlweise Frequenz- oder Impulsmessung möglich. Zur Drehzahlmessung ist ein Adapterkabel mit eigener Programmierung erforderlich.

4.6.1.1 Adapterkabel ZA9909-AK1U zur Frequenzmessung

Messprinzip

Das Adapterkabel zur Frequenzmessung zählt die Impulse pro Sekunde und gibt diesen Frequenzwert kontinuierlich aus.

Eigenschaften des Adapterkabels

Ausstattung

Das Adapterkabel bietet eine Fühlerversorgung von 5 V. Die Fühler können aber auch direkt über ‚7 – 12 V‘ aus dem Gerät versorgt werden. Je nach Gerätespannung (siehe Datenblätter der Geräte) liegen dann 6, 9 oder 12 Volt an. Reicht diese Versorgung nicht aus, kann das Adapterkabel über die Option OA9909V12 mit einer Versorgungsspannung von 13,5 V auf dem Anschluss für die Gerätespannung ausgestattet werden.

Technische Daten

Frequenzbereich	0 bis 15000 Hz (Aufl.: 1Hz), Torzeit 4 mal 0,5 s 0 bis 3200,0 Hz (0.1Hz), Torzeit 0,5 s + 1Flanke
Impulslänge	> 50 µs (5ms mit Kontaktentprellung)
Eingangsspannungsbereich	6 bis 40 V Rechteck über Optokoppler
Kabellänge	1,5 m
Fühlerversorgung	direkt aus dem ALMEMO® Gerät (6, 9 oder 12V)
Option OA9909V12	
Fühlerversorgung	13,5 V ± 0,5 V
Ausgangsstrom	100 mA bei Gerätespannung 12 V 50 mA bei Gerätespannung 9 V
Stromverbrauch	3 mA
Temperaturbereich	-10 bis +60°C

Handhabung

Vorbereitung

Ausgeliefert wird das Adapterkabel ZA9909-AK1U mit einer Auflösung von 1 Hz und einem Messbereich von 0 bis 15000 Hz (siehe oben).

Wird eine höhere Auflösung gewünscht, kann eine Drahtbrücke von Klemme BR1 zur Klemme +5V angebracht werden. Die Auflösung wird dadurch auf 0.1 Hz erhöht, wohingegen sich der Messbereich auf 0 bis 3200.0 Hz ändert. Nach Setzen der Drahtbrücke muss eine Kommaverschiebung programmiert werden (Exponent: -1).

4.6.1.2 Adapterkabel ZA9909-AK2U zur Impulsmessung

Messprinzip

Das Adapterkabel zählt die Impulse zwischen zwei Messstellenabfragen (manuell oder zyklisch) und gibt die Impulszahl nur bei der Messstellenabfrage aus.

Eigenschaften des Adapterkabels

Ausstattung

Siehe Kapitel 4.6.1.1.

Technische Daten

Max. Impulszahl	65000
Impulslänge	> 50 µs (5ms mit Kontaktentprellung)
Eingangsspannungsbereich	6 bis 40 V Rechteck über Optokoppler
Kabellänge	1,5 m
Fühlerversorgung	direkt aus dem ALMEMO® Gerät (6, 9 oder 12V)
Option OA9909V12	
Fühlerversorgung	13,5 V ± 0,5 V
Ausgangsstrom	100 mA bei Gerätespannung 12 V
	50 mA bei Gerätespannung 9 V
Stromverbrauch	3 mA
Temperaturbereich	-10 bis +60°C

Handhabung**Vorbereitung**

Die Impulsmessung ist für Signale mit niedriger Wiederholrate gedacht, die in einem längeren Zeitraum erfasst werden sollen. Das Adapterkabel zählt deshalb die Impulse zwischen zwei Messstellenabfragen (manuell oder zyklisch) und gibt die Impulszahl nur bei der Messstellenabfrage aus, d.h. während des Zyklus ändert sich der angezeigte Wert nicht.

Programmiert man einen Messzyklus von 1 Minute, wird jede Minute die Anzahl der Impulse/Minute angezeigt. Durch Summierung über den Druckzyklus mit dem Funktionskanal S(P) kann zusätzlich auch die Impulszahl über einen größeren Zeitraum (z.B. 1 Stunde) bestimmt werden.

Prellende Kontakte können digital mit einer Zeitkonstanten von 5ms unterdrückt werden, wenn man Klemme BR1, Klemme BR2 und Klemme +5V mit Drahtbrücken verbindet.

4.6.1.3 Adapterkabel ZA9909-AK4U zur Drehzahlmessung**Messprinzip**

Das Adapterkabel zur Drehzahlmessung misst die Zeit zwischen zwei Impulsen und errechnet daraus die Drehzahl pro Minute.

Eigenschaften des Adapterkabels**Ausstattung**

Siehe Kapitel 4.6.1.1.

Technische Daten

Drehzahlbereich	8 bis 32000 Upm (Auflösung: 1Upm)
Impulslänge	> 50 µs (5ms mit Kontaktentprellung)
Eingangsspannungsbereich	6 bis 40 V Rechteck
Kabellänge	1,5 m
Fühlerversorgung	direkt aus dem ALMEMO® Gerät (6, 9 oder 12 V)
Option OA9909V12	
Fühlerversorgung	13,5 V ± 0,5 V
Ausgangsstrom	100 mA bei Gerätespannung 12 V
	50 mA bei Gerätespannung 9 V
Stromverbrauch	3 mA
Temperaturbereich	-10 bis +60°C

4.7 Verschiedene Stecker und Anschlusskabel

4.7.1 Digitaleingangskabel

Auswahl, Produktübersicht

Artikel	Typ	Eingänge	Eigenschaften
ZA9000ES2	für potentialfreie Kontakte	3 Digitaleingänge	potentialfreie Kontakte, Hilfsspannung 5 V herausgeführt, Optokoppler, mit 1,5 m langem Kabel
ZA9000EK2	für externe Spannung 4 bis 30 V	4 Digitaleingänge	galvanisch getrennt (Optokoppler), mit 1,5 m langem Kabel

4.7.1.1 ALMEMO® Adapterkabel ZA9000ES2 für digitale Eingangssignale

Messprinzip

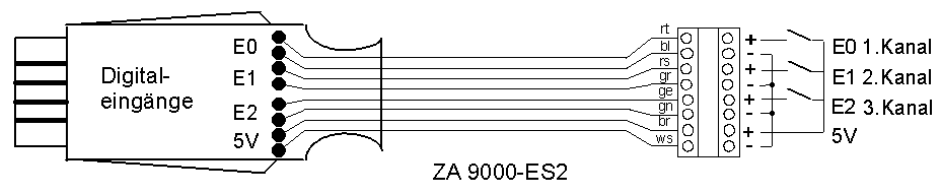
Mit dem Digitaleingangskabel ZA 9000-ES2 können pro Messeingang 3 digitale Zustände (potentialfreie Kontakte) erfasst und überwacht werden.

Bei potentialfreien Kontakten sind entsprechende externe Spannungen vorzusehen. Das Digitaleingangskabel ZA 9000-ES2 stellt hierfür eine Hilfsspannung von 5V zur Verfügung.

Handhabung

Vorbereitung

Die Kontakte müssen dem Schaltbild entsprechend mit den 5V so verschaltet werden, dass sie die Optokoppler ansteuern.



4.7.1.2 ALMEMO® Adapterkabel ZA9000EK2 für digitale Eingangssignale

Messprinzip

Mit dem Digitaleingangskabel ZA 9000-EK2 können pro Messeingang eines ALMEMO® Messgeräts 4 digitale Zustände (elektrische Spannungspegel) erfasst und überwacht werden.

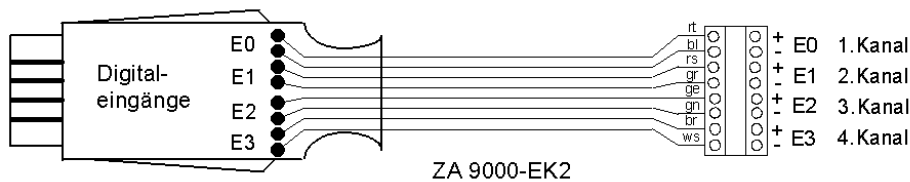
Handhabung

Vorbereitung

Jeder Eingang wird als Kanal mit dem Bereich 'Inp' programmiert, und der Zustand erscheint bei jeder Messstellenabfrage in der Datenausgabe mit 0,00% oder 100,00%. Durch Eingabe eines Grenzwertes von z.B. 50,00 % ist auch eine Ausgabe von Störwerten realisierbar.

Wenn das prozentuale Verhältnis des Ein-Aus-Zustandes über einen zyklischen Zeitraum oder die gesamte Messung dokumentiert werden soll, ist diese Größe über die Mittelwertbildung (zyklisch oder kontinuierlich) zu erfassen (siehe Kapitel 6.7.4).

Die höchste Auflösung erhält man mit der kontinuierlichen Messstellenabfrage.



Die Digitaleingänge sind Optokoppler, die beim Anlegen einer Spannung von ca. 4 bis 30 V DC vom LO-Zustand (0% = 0 bis 1V DC) in den Hi-Zustand (100% = 4 bis 30V DC) gehen.

4.7.2 Stecker oder Kabel zur Anpassung von speziellen Fühlern an das ALMEMO® System

4.7.2.1 Schnittstellenadapterkabel ZAD 919-AKxx für Fremdgeräte

Messprinzip

Viele Sensoren oder externe Messgeräte besitzen keinen Analogausgang sondern haben eine digitale Schnittstelle. Um diese in die Datenerfassung mit ALMEMO® Geräten einbinden zu können, gibt es das Schnittstellenadapterkabel ZAD 919-AKxx. Das Gerätetypenprotokoll wird passend zur Ausgangsschnittstelle des externen Gerätes programmiert und dessen Schnittstellenkabel mit dem passenden ALMEMO® Stecker versehen.

Für die Schnittstellenprogrammierung muss eine detaillierte Beschreibung der Ausgangsschnittstelle des anzubindenden Gerätes, ein passendes Kabel oder ein Stecker mit Belegungsplan vorliegen. Für Test und Prüfung muss auch das anzubindende Fremdgerät zur Verfügung stehen.

Grundlagen

Anwendungsbereiche

- Waagen und Wägeeinrichtungen
- Messuhren und Wegaufnehmer
- Multimeter
- Inkrementale Weggeber
- Chemische Analysegeräte
- Digitale Sensoren

Eigenschaften des Adapterkabels

Ausstattung

Das Schnittstellenadapterkabel ZAD 919-AKxx ermöglicht die Einbindung von max. 4 Messwerten eines beliebigen Fremdgerätes mit serieller Schnittstelle (RS232, RS485, Modbus o.ä.) in die Messwerterfassung eines beliebigen ALMEMO® Gerätes.

Der Digitalstecker des Adapterkabels stellt eine galvanisch getrennte serielle Schnittstelle zur Verfügung und enthält einen Interface-Prozessor zur Protokollwandlung. Mehrere Adapter können gleichzeitig an einem ALMEMO® Gerät eingesetzt werden.

Programmierung

Bereich: DIGI

Technische Daten

Anzeigeumfang	± 65000 Digit
Schnittstelle	asynchron 7/8 bit Daten, 1/2 Stoppbit, galvanisch getrennt

4.7.2.2 D7 pH- und Redox Stecker ZYD7 x0-AKx

Eigenschaften des Steckers

Ausstattung

Der D7 pH- und Redox Stecker ZYD7x0-AKx erfasst mit einem eigenen 24-Bit AD-Wandler die Spannung der pH- oder Redox-Elektrode mit höchster Präzision und stellt diese in den Bereichen 0,00 bis 14,00 pH oder -1100,00 bis +1100,00 mV (Redox) dar.

Der Stecker besitzt eine integrierte galvanische Trennung, wodurch auch das gleichzeitige Messen mit verschiedenen Sonden an einem Messgerät ermöglicht wird.



Abb. 4.8 D7 pH- und Redox-Kabel ZYD710AKx (links) und pH-Kabel mit NTC Fühler ZYD740AK4 (rechts)

Ausführungen

Artikelnummer	Art der Sonde	mit NTC-Sensor	Verfügbare Längen
ZYD710AK4	pH	-	2 und 5 m
ZYD740AK4	pH	✗	2 m
ZYD710AK5	Redox	-	2 und 5 m

Programmierung

Konfigurierbare Messbereiche

Bezeichnung	Messbereich	Dimension	Auflösung	Befehl	Bereich
*pH, pH	0 bis 14	pH	0,01	B-01	DIGI
Redox, mV	-1100 bis +1100	mV	0,1	B-02	DIGI
Temperatur, °C	-50 bis +125	°C	0,01	B-03	DIGI

*Auslieferungszustand

Außer dem Bereich werden alle fühlerspezifischen Parameter, wie z.B. Dimension, Kommentar, Fühlerversorgung und Verriegelung automatisch programmiert.

Technische Daten

Messbereiche

pH	0,00 bis 14,00 pH
Redox	-1100,00 bis +1100,00 mV
Temperatur	-50,00 bis +125,00°C
AD-Wandler	Delta-Sigma

Genauigkeit

pH/Redox	0,02% v. Mw. ± 2 Digit
Temperatur	$\pm 0,05$ K im Bereich -50,00 bis +100,00°C
Temperaturdrift	max. 40 ppm/K
Nenntemperatur	23°C ± 2 K
Einsatzbereich	-10° bis +60°C
	10% bis 90% rH (nicht kondensierend)
Refreshrate	0,8 s
Versorgungsspannung	6, 9, 12 V aus dem ALMEMO® Messgerät
Stromverbrauch	ca. 8 mA
Steckerfarben	Gehäuse rubinrot, schwarze Hebel

Handhabung

Messgenauigkeit erhöhen

The screenshot shows the 'Sensor-Menü' for the ZYD7x0-AK sensor. The menu includes the following settings:

- 0.0 Bereich:** D7 PH pH
- 0.0 Messwert:** 15.00 pH
- TempKomp. PH:** Manuell
- Wert:** 25.00 °C
- Temp. auf Kanal 1:** Off
- Sollwert PH:** 10.00 pH
- CLR** and **ADJ** buttons are visible at the bottom.

Die Kalibrierung von pH- und Redox-Sonden erfolgt mit Referenzlösungen entweder durch manuelle Eingabe des Sollwertes oder durch automatische Erkennung bei PH 4, 7 oder 10 über das im Sensor integrierte Sensormenü mittels der Taste ADJ. Bei manueller Kalibrierung muss der Sollwert im Feld ‚Sollwert PH‘ eingegeben werden. Auch können die Kalibrierwerte nach Aufheben der Steckerverriegelung über die Taste CLR gelöscht werden.

Darüber hinaus besitzt der Stecker eine externe NTC-Anschlussmöglichkeit, die es erlaubt, neben der manuellen Temperaturkompensation mit Festwert auch eine Temperaturkompensation über den externen NTC- Fühler vorzunehmen.

Da der Abgleich im ALMEMO® Stecker erhalten bleibt, kann die Sonde auch an anderen ALMEMO® Geräten betrieben werden.

4.7.3 Mehrfachstecker

4.7.3.1 ALMEMO® 10fach-MU-Stecker ZA 5690 MU

Eigenschaften des Steckers

Ausstattung

Die ALMEMO® Messanlagen MA500 und MA5690 besitzen verschiedene Eingangskarten, darunter auch die Eingangskarte ES5690xMU/ES500MMU mit einer 64-poligen Buchsenleiste. Der Anschluss von Fühlern an diese Buchsenleiste erfolgt über den Mehrfachstecker ZA5690-MU. Er besitzt in seinem Inneren zehn Anschlussblöcke, die jeweils Einzelsteckern entsprechen, d.h. jeder dieser Anschlussblöcke ist mit jeweils 4 Schraubklemmen A, B, C und D versehen. Die in den analogen Standardsteckern vorhandenen Anschlüsse U- und U+ fehlen allerdings, sodass Fühler, die eine Stromversorgung benötigen, nicht angeschlossen werden können. Auch Fühler, die eine Elektronik zur Anpassung erfordern (wie Feuchtefühler oder Flügelräder) sind für diese Art Mehrfachstecker ungeeignet.

Die Programmierung ist für alle angeschlossenen Fühler individuell möglich und wird in einem gemeinsamen EEPROM im Stecker gespeichert.

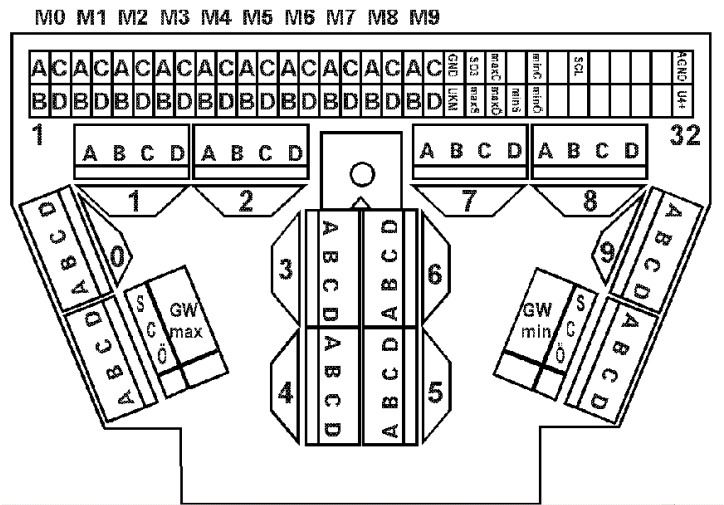
Programmierung

Programmierbare Bereiche (siehe Kapitel 7.4) für diese Stecker:

physikali- sche Größe	Art der Fühler	programmierte Bereiche
Temperatur	Thermoelemente	NiCr-Ni, Fe-CuNi (L, J), Cu-CuNi (U, T), PtRh-Pt (S, R, B)
	Pt100 / Ni100	Pt100-1, Pt100-2, Ni100
	Pt1000/Ni1000	Pt100-1, Pt100-2, Ni100, alle mit Elementflag 01:I2*
	NTC	Ntc
Spannung		2,6 V, 26 mV, 55 mV, 260 mV
Widerstand		Ohm

*Umschaltung auf 1/10-Messstrom mit Elementflag, siehe Kapitel 6.10.3

Anschlussbelegung



5 ALMEMO® Ausgangsmodule

Einleitung

Messgeräte müssen mit ihrer Umgebung in Verbindung treten können, d.h. ihre Messdaten an analoge oder digitale Peripheriegeräte übergeben, Befehle von einem Rechner ausführen, Alarm auslösen oder auch auf Schaltimpulse reagieren. Um alle Möglichkeiten zu erfüllen, aber den Hardwareaufwand zu minimieren, wurden alle dazu nötigen Schnittstellen in ALMEMO® Ausgangsstecker oder -module eingebaut.

Dieses Konzept lässt dem Anwender bei der digitalen Datenübertragung je nach Aufgabe die freie Wahl zwischen Drahtverbindung (z.B. USB, RS232, RS485, Ethernet), Funk (u. A. WLAN) sowie Lichtwellenleiter.

Zum Anschluss der Module haben fast alle ALMEMO® Geräte zwei Ausgangsbuchsen A1 und A2, die zusätzlich auch noch eine digitale Vernetzung der Geräte erlauben. Die Ausgangsmodule werden wie die Fühler automatisch erkannt, sodass standardmäßig keine Programmierung erforderlich ist.

5.1 Zubehör zur Steuerung und Signalweitergabe

Funktionsweise

Zur Analogausgabe geben die meisten ALMEMO® Geräte auf den Buchsen A1 und A2 ein PWM-Signal aus. Dazu gibt es Analogausgangskabel oder -module, die das Digitalsignal in Analogwerte 0-2V, 0-10V, 0-20mA umsetzen.

Die Ausgangsmodule RTA3, RTA4 und RTA5 besitzen eigene DA-Wandler, sodass auch mehrere Analogausgänge bereitgestellt werden können. Zum Teil ist es möglich, je nach Anwendung den Ausgangstyp auf 0-10V oder 0-20mA umzuschalten. Die neuen Module enthalten bis zu 10 Interfaceelemente und neben den Analogausgängen auch Relais und Triggereingänge. Alle sind in ihrer Funktion einzeln konfigurierbar.

Auswahl, Einsatz

Zur Steuerung und Signalweitergabe sind Module mit folgenden Funktionen erhältlich:

- Relais
- Trigger
- Analogausgang

In manchen Modulen sind zwei oder auch alle drei Funktionen vereint.

5.1.1 Trigger- und Relaiskabel

Auswahl, Produktübersicht

Für Alarmmeldungen bei Grenzwertüberschreitungen (siehe Kapitel 6.3.9) und zum Ansteuern von Peripheriegeräten (siehe Kapitel 6.10.8) stehen Kabel mit eingebauten Halbleiterrelais zur Verfügung. Zur Fernsteuerung der Geräte (siehe Kapitel 6.6.4) gibt es Triggerkabel sowie die Kombination von beiden.

Art	Artikelnummer	Trigger/Relais	Eigenschaften
Triggerkabel	ZA1006ET	1 Triggereingang	mit Taste
Triggerkabel	ZA1006EK2	2 Triggereingänge	für externe Kontakte oder Spannungen, mit Klemmstecker
Trigger-/ Relaiskabel	ZA1006EKG	2 Triggereingänge 2 Schließerkontakte	Triggereingänge für externe Spannungen
Trigger-/ Relaiskabel	ZA1006ETG	2 Triggereingänge 2 Schließerkontakte	Triggereingänge für externe potentialfreie Kontakte
Relaiskabel	ZA1006GK	1 Schließerkontakt	mit zwei Bananensteckern

5.1.1.1 ALMEMO® Triggerkabel ZA 1006 ET und ZA 1006 EK2

Eigenschaften

Ausstattung

Das ZA 1006 EK2 besitzt jeweils zwei Triggereingänge für externe potentialfreie Kontakte und zwei Triggereingänge für externe Spannungen. Sie können beide getrennt, auch mit Makros, programmiert werden (siehe Kapitel 6.6.4).

Das ZA 1006 ET besitzt einen Triggereingang über eine Taste. Triggervarianten sind programmierbar.

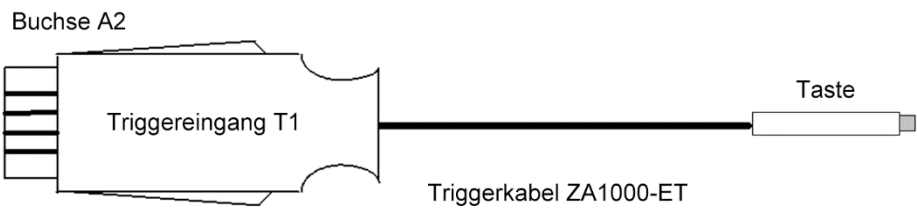


Abb. 5.1 Triggerkabel ZA 1000 ET

Technische Daten

Triggereingang ZA1006ET ZA1006EK2	mit Taste, Triggervarianten programmierbar <ul style="list-style-type: none">für externen potentialfreien Kontakt ($R_i > 50\text{ k}\Omega$, nicht galvanisch getrennt)für externe Spannung 4 bis 30 V DC (Optokoppler), Triggervarianten programmierbar
Stromverbrauch	ca. 3 mA
Kabellänge	1,5 m
Anschluss	mit Klemmstecker (ZA1006EK2)

5.1.1.2 ALMEMO® Trigger-/ Relaiskabel ZA 1006 EKG / ETG

Eigenschaften

Ausstattung

Die Trigger-/Relaiskabel besitzen zwei eigenständige Triggereingänge, ZA1006EKG für externe Spannungen und ZA1006ETG für externe potentialfreie Kontakte. Sie können beide getrennt, auch mit Makros, programmiert werden (siehe Kapitel 6.6.4).

Beide Kabel sind mit jeweils zwei Relais ausgestattet, die einzeln konfigurierbar sind (siehe Kapitel 6.10.9), z.B. invers oder PC-gesteuert.

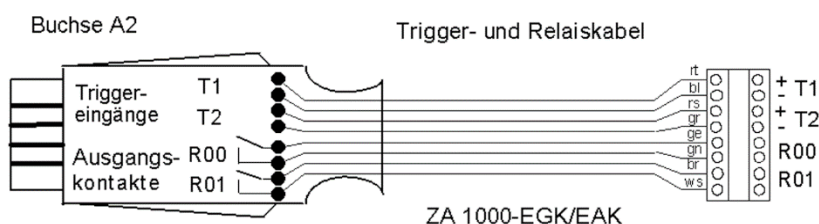


Abb. 5.2 Trigger-/ Relaiskabel ZA 1006 EKG/ETG

Technische Daten

Triggereingang	für externen potentialfreien Kontakt ($R_i > 50 \text{ k}\Omega$, nicht galvanisch getrennt) oder für externe Spannung 4 bis 30 V DC (Optokoppler), Triggervarianten programmierbar
Relais	Schließerkontakt (Halbleiterrelais), auch invers programmierbar, Belastbarkeit: 50 V DC, 0,5 A, 1 Ω (ohne Polarität)
Stromverbrauch	ca. 3 mA
Kabellänge	1,5 m
Anschluss	mit Klemmstecker

5.1.1.3 ALMEMO® Relaiskabel ZA 1006 GK

Eigenschaften

Ausstattung

Das Relais-Kabel (ZA1000-GK) kann zum Schalten von netzbetriebenen Geräten mit dem Relaisadapter ZB 2280-RA betrieben werden. Er wird zwischen Steckdose und Alarmgerät gesteckt und vom Relais-Kabel (ZA1000-GK) angesteuert, d.h. bei Alarm eingeschaltet.

Technische Daten:

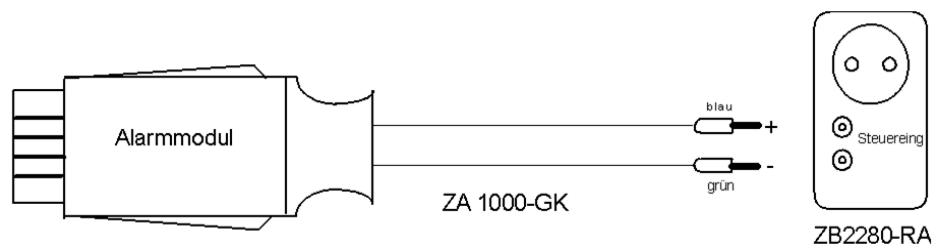


Abb. 5.3 Relaiskabel ZA1006GK und Steckdosen-Relaisadapter ZB2280RA

Technische Daten

Relaiskabel ZA1006GK	
Relais	Schließerkontakt (Halbleiterrelais), auch invers programmierbar, Belastbarkeit: 50 V DC, 0,5 A, 1 Ω (ohne Polarität)
Stromverbrauch	ca. 3 mA
Kabellänge	1,5 m
Anschluss	Büschelstecker
Steckdosen-Relaisadapter ZB2280RA	
Steuereingang	für Optokopplerausgang oder Schaltkontakt R < 10 kΩ
Ausgang	Schuko-Steckdose, Mechanisches Relais, Belastbarkeit: 230 V, 6 A
Schaltzustand	Ruhe AUS; Alarm EIN

5.1.2 Relais-Trigger-Analog-Adapter

Auswahl, Produktübersicht

Artikelnummer	Ausgänge	Eigenschaften
ZA8006RTA3	Relais, Trigger, Analogausgänge	ansteckbar an ALMEMO® Geräte
ZA8006RTA4	Relais, Trigger, Analogausgänge	Interface Modul im ALMEMO® Netz
ES5690RTA5	Relais, Trigger, Analogausgänge	Einschub für alle Messwerterfassungsanlagen MA5690

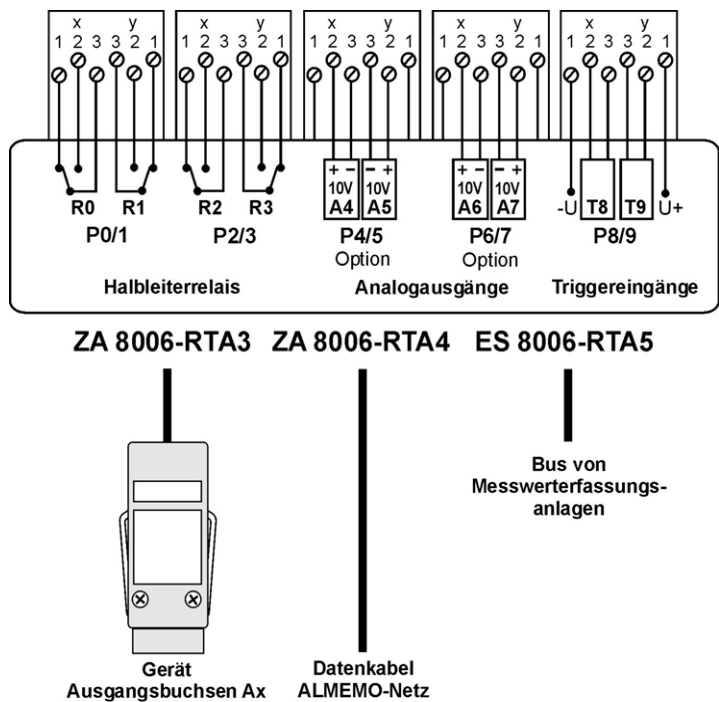


Abb. 5.4 ALMEMO® Module für Relais, Trigger und Analogausgänge

Hinweise zu den Adaptern

Alle Adapter verfügen über maximal 10 Schnittstellen (Halbleiterrelais, Analogausgänge und Triggereingänge). Diese sogenannten Ports sind einzeln adressier- und konfigurierbar (siehe Kapitel 6.10.9.2). Die Ansteuerung der Ausgangsrelais über die Schnittstelle ist in Kapitel 6.10.10 beschrieben, die Ansteuerung der Analogausgänge in Kapitel 6.10.7.

Angeschlossen werden alle Elemente über orangene ALMEMO® Klemmstecker.

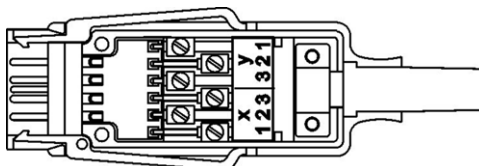


Abb. 5.5 Innenansicht des Klemmsteckers für die Relais-Trigger-Analog Adapter

Die genaue Bestückung, die Konfiguration und der Zustand der Module wird entweder durch die Darstellung auf dem Grafikdisplay oder durch Abfrage über die Schnittstelle ersichtlich (siehe Kapitel 6.10.9.2). Genauere Angaben finden Sie in den einzelnen Anleitungen.

5.1.2.1 ALMEMO® Trigger-Ausgabe-Interface ZA 8006 RTA3

Eigenschaften

Ausführungen

Trigger-Ausgabe-Interface ZA8006RTA3 ist ein Adapter zum Anschluss an die Ausgangsbuchsen der ALMEMO® Geräte.

Technische Daten

Triggereingänge	Optokoppler 4 bis 30 V, $R_i > 3 \text{ k}\Omega$, Eingangsstrom 2 mA
Relais	Halbleiterrelais 1 Ω , Belastbarkeit 50 V, 0,5 A
Analogausgänge	wahlweise über die Option OA 8006-R02 bestellbar Doppelanalogausgang galvanisch getrennt, max. 50 V 10 V oder 20 mA, programmierbar 16 bit DAC 0,0 bis 10,0 V 0,5 mV / Digit, Bürde $> 100 \text{ k}\Omega$ 0,0 bis 20,0 mA 0,1 mA / Digit, Bürde $< 500 \Omega$ Genauigkeit 0,1% v.Mw. + 0,1% v.Ew. Temperaturdrift 10 ppm/K Zeitkonstante 100 μs
Spannungsversorgung	über ALMEMO® Gerät oder über Netzadapter ZA1312NA10 (zu empfehlen bei Option Analogausgang)
Stromverbrauch bei 9V-Versorgung	ca. 10 mA, Beleuchtung ca. 15 mA mit zwei Analogausgängen: ca. 30 mA + $1,6 \cdot I_{\text{Out}}$
Display	Grafik 128 x 64 (55 x 30 mm) Beleuchtung: 2 weiße LED
Tastatur	7 Silikontasten (4 Softkeys)
Gehäuse	ABS (max. 70°C), 290 g

Abmessungen

Länge: 127 mm

Breite: 83 mm

Höhe: 42 mm

5.1.2.2 ALMEMO® Trigger-Ausgabe-Interface ES 5690 RTA5

Eigenschaften

Ausführungen

Trigger-Ausgabe-Interface ES5690RTA5 ist ein Einschub für die Messwerterfassungsanlagen ALMEMO® 5690.

Technische Daten

Triggereingänge	Optokoppler 4 bis 30 V, $R_i > 3 \text{ k}\Omega$, Eingangsstrom 2 mA
Relais	Halbleiterrelais 1 Ω , Belastbarkeit 50 V, 0,5 A
Analogausgänge	wahlweise über die Option OA 8006-R02 bestellbar Doppelanalogausgang galvanisch getrennt (max. 50 V) 10 V oder 20 mA, programmierbar 16 bit DAC
0,0 bis 10,0 V	0,5 mV / Digit, Bürde $> 100 \text{ k}\Omega$
0,0 bis 20,0 mA	0,1 mA / Digit, Bürde $< 500 \Omega$
Genauigkeit	0,1% v.Mw. + 0,1% v.Ew.
Temperaturdrift	10 ppm/K
Zeitkonstante	100 μs
Spannungsversorgung	über ALMEMO® Messanlage
Stromverbrauch	Standard: ca. 10 bis 20 mA mit zwei Analogausgängen: ca. $15 \text{ mA} + 1,8 \cdot I_{\text{Out}}$
Einschub	19“ 8TE (2 Steckplätze)

5.1.3 Analogausgangskabel

5.1.3.1 Analogausgangskabel ZA 1601-RK

Funktionsweise

Zur Messwertregistrierung mit einem Schreiber oder ähnlichen Ausgabeeinheiten kann an die Buchse A1 oder A2 das Analogausgangsmodul ZA 1601-RK angesteckt werden. Im Stecker ist ein Wandler eingebaut, der das PWM-Signal vom Messgerät in eine Spannung (-1,25 bis +2,0 V) umsetzt, die dem linearisierten Messwert des angewählten Kanals entspricht. Die Ausgangsspannung entspricht 0,1 mV/Digit. Wenn eine hohe Ansprechgeschwindigkeit erreicht werden soll, so ist eine höhere Wandlungsrate einzustellen.

Eigenschaften

Technische Daten

Ausgangsspannung	-1,250 bis 2,000 V nicht galvanisch getrennt
Steigung	0,1 mV/Digit
Restwelligkeit	$< 2 \text{ Digit}$
Bürde	$> 100 \text{ k}\Omega$
Genauigkeit	$\pm 0,1\% \pm 6 \text{ Digit}$
Temperaturdrift	1 Digit / K
Zeitkonstante	100 ms
Stromverbrauch	ca. 3 mA
Kabellänge	1,5 m

Handhabung

Vorbereitung

Das Ausgangssignal ist über Analoganfang und -ende beliebig skalierbar (siehe Kapitel 6.10.7), wenn der Umfang mehr als 100 Digit beträgt (z.B. 0 – 2 V für -30,0 bis 120,0°C).

Messen

Während einer zyklischen Messstellenabfrage behält der Analogausgang den letzten Wert des angewählten Kanals. Bei Fühlerbruch geht die Ausgangsspannung auf null.

Bei echten Doppelfühlern oder kontinuierlicher Messstellenabfrage können bei den Handgeräten an den beiden Buchsen A1 und A2 zwei Analogausgangsmodule betrieben und zwei verschiedene Kanäle ausgegeben werden. Normalerweise ist dies der 1. Kanal und der angewählte Messkanal in einem Fühler. Statt des Messkanals kann auch ein beliebiger anderer Kanal programmiert werden (siehe Kapitel 6.10.7).

Für eine hohe Ansprechgeschwindigkeit ist im ALMEMO® Gerät eine Wandlungsrate von 10 Messungen pro Sekunde einstellbar.

5.2 Kommunikation mit Messgeräten und Sensoren

5.2.1 Datenkabel

Auswahl, Produktübersicht

Zur Datenübertragung von einem ALMEMO® Gerät zum Rechner bzw. an ein Peripheriegerät gibt es diverse Schnittstellenkabel/-module, die das jeweils nötige Interface im Stecker eingebaut haben.

Art	Artikelnummer	Einsatz	maximale Länge	Verwendung
USB-Datenkabel	ZA1919DKU	zwischen Gerät und PC	5 m	Datenübertragung, Übermittlung von Befehlen, Programmierung von Geräten und auf Geräten steckenden Sensoren
RS232-Datenkabel	ZA1909DK5	zwischen Gerät und PC	15 m	
RS232-Datenkabel mit Lichtwellenleiter	ZA1909DKL	zwischen Gerät und PC	50 m	
Ethernet Datenkabel	ZA1945DK	zwischen Gerät und Firmennetzwerk	1,5 m + max. 100 m Verlängerung über Ethernet-Kabel	
USB Adapterkabel	ZA1919AKUV	zwischen Sensor und PC	1,5 m	Programmierung von Sensoren mit D6 und D7 Steckern
USB Adapterkabel	ZA1919AKUVW	zwischen WLAN-Modul und PC	1,5 m	Programmierung des WLAN-Moduls ZA1719WL

Hinweise

Die Schnittstellenkabel, die das ALMEMO® Gerät mit dem PC oder dem Netzwerk verbinden, werden an die Ausgangsbuchse A1 angesteckt und vom Messgerät vollautomatisch erkannt, da in den Anschlusssteckern alle Übertragungsparameter gespeichert sind.

5.2.1.1 USB-Datenkabel ZA 1919 DKU

Eigenschaften

Ausstattung

Das USB-Datenkabel ZA 1919-DKU enthält einen Konverter von USB auf RS232. Eine Installationsanleitung und den nötigen Windows-Treiber für die virtuelle COM-Schnittstelle findet man auf der mitgelieferten ALMEMO® CD. Das Kabel kann nicht verlängert werden.

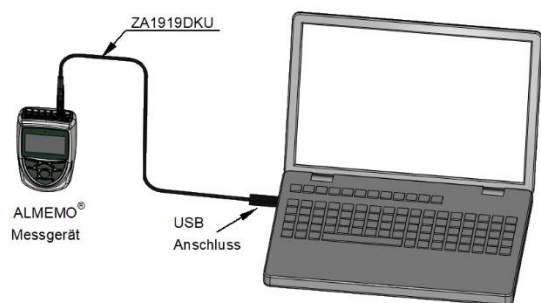


Abb. 5.6 USB Datenkabel ZA1919-DKU

Ausführungen

ZA1919DKU mit 1,5 m Länge
ZA1919DKU-05 mit 5 m Länge

Technische Daten

elektrische Eigenschaften	galvanisch getrennt
max. Baudrate	115,2 kBd (bei V7-Geräten 921,6 kBd)

5.2.1.2 RS232-Datenkabel ZA 1909 DK5

Eigenschaften

Allgemein

Computer mit 9-poliger DSUB-Buchse werden über das galvanisch getrennte Schnittstellenkabel ZA 1909-DK5 direkt an das Messgerät angeschlossen.

Der Stromverbrauch liegt bei 1 mA, die maximale Baudrate bei 115,2 kBd. Der Hardware-Handshake wird nicht mehr unterstützt, nur XON-XOFF.

Ausführungen

ZA1909DK5 mit 1,5 m Länge
ZA1909DK5-05/-10/-15 mit je 5 m, 10 m oder 15 m Länge

Technische Daten

elektrische Eigenschaften	galvanisch getrennt
max. Baudrate	115,2 kBd
Stromverbrauch	ca. 1 mA

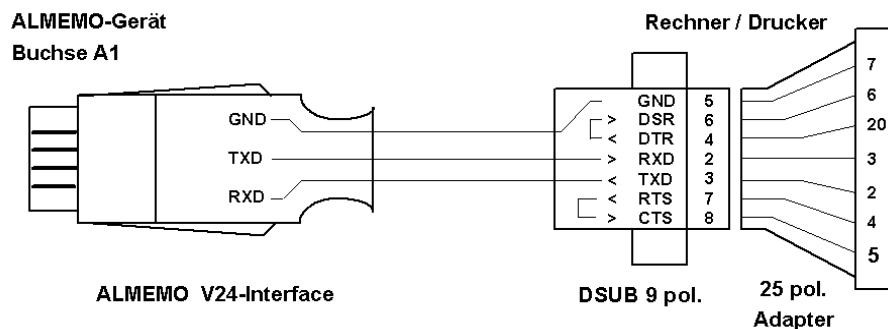


Abb. 5.7 Schaltung des RS232- Schnittstellenkabels ZA 1909-DK5

5.2.1.3 RS232-Datenkabel mit Lichtwellenleiter ZA 1909 DKL

Grundlagen

Die Übertragung digitaler Daten über Lichtwellenleiter (LWL) bietet eine Reihe wichtiger Vorteile gegenüber der drahtgebundenen Übertragung. Es gibt keinerlei EMV-Probleme, da elektrische oder magnetische Felder die Verkabelung nicht beeinflussen, d.h. auch in einer industriellen Umgebung mit starken elektromagnetischen Störungen ist eine sichere Datenübertragung möglich. Durch die absolute galvanische Trennung der einzelnen Geräte können auch größere Potentialdifferenzen überbrückt werden. Es wird sogar ein weitgehender Blitzschutz erreicht.

Eigenschaften

Allgemein

Entsprechend dem RS232-Datenkabel ZA 1909-DK5 gibt es das LWL-Datenkabel ZA 1909-DKL. Mit diesem Kabel ist eine Übertragung über eine Länge von bis zu 50 m bei einer Baudrate bis zu 115.2 kBd möglich (soweit dies die Geräte erlauben). Der Hardware-Handshake wird nicht unterstützt.

Ausstattung

Das LWL-Datenkabel ZA 1909-DKL wird mit einer Länge von 1,5 m ausgeliefert, ist aber auch mit einem längeren Lichtwellenleiter (bis 50 m) für Innenräume erhältlich, Duplex Kunststoff 2,2 x 4,3 mm.

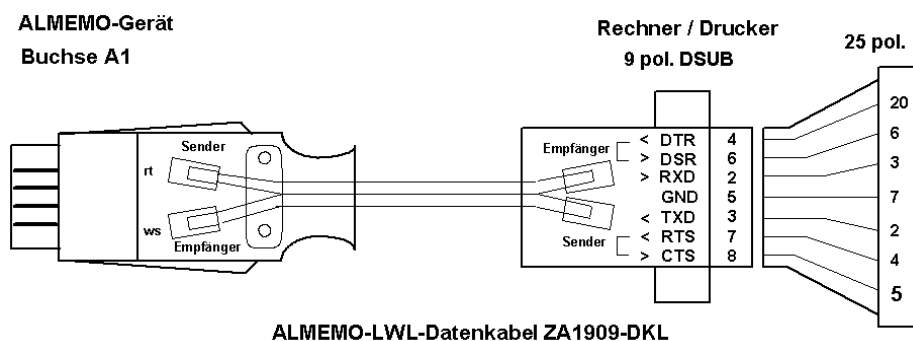


Abb. 5.8 ALMEMO®
LWL-Datenkabel ZA
1909-DKL

Technische Daten

elektrische Eigenschaften	galvanisch getrennt
max. Baudrate	115,2 kBd
Kabellänge	1,5 m (auch länger möglich)

5.2.1.4 Ethernet Datenkabel ZA 1945-DK

Eigenschaften

Allgemein

Das Ethernet-ALMEMO® Datenkabel ZA 1945-DK ermöglicht es, ALMEMO® Messgeräte über eine RJ45-Buchse direkt an ein Ethernet-Netzwerk anzuschließen. Auf diese Weise ist auch eine Anbindung an das Internet möglich.

Eine Messwerterfassung über mehrere Ethernet-Module ist mit der Software WinControl (Version SW5600WC2 oder höher) möglich.

Technische Daten

Ethernet	Anschlussbuchse RJ45 (10/100BASE-T), Umschaltung automatisch 10/100 Mbit/s
Anbindung an ALMEMO®	ALMEMO® Stecker für Buchse A1, Baudrate: Standard 9600 Bd, max. 115,2 kBd (Änderung über Device-Installer und Browser)
Stromversorgung	12V DC über Messgerät (entsprechendes Netzteil empfohlen)
Stromverbrauch	ca. 60 mA (10 Mbit/s), < 90 mA (100 Mbit/s)

Handhabung

Vorbereitung

Einstellen der IP-Adresse

Man kann das Datenkabel ZA1945DK über ein Ethernet-Kabel direkt oder über einen Switch in einem Firmennetz mit einem PC verbinden. Bei älteren PCs kann für die direkte Verbindung ein Crossover-Kabel nötig sein.



Abb. 5.9 Ethernet Datenkabel ZA 1945-DK

Das Ethernet-Datenkabel wird als DHCP-Client ausgeliefert. Nach dem Verbinden mit einem Netzwerk wird dem Kabel eine IP-Adresse vom DHCP-Server zugewiesen. In Netzwerken ohne DHCP-Server ist es erforderlich dem Ethernet-Datenkabel eine feste IP-Adresse manuell zuzuordnen.

Überprüfung

Kontroll-LED's

Zur Kontrolle der Ethernet-Verbindung sind zusätzlich 2 LED's vorhanden:

Linke LED:	Verbindung	Rechte LED:	Datenübertragung
Aus:	keine	Aus:	keine
Orange:	10 MHz	Orange:	Halb-Duplex
Grün:	100 MHz	Grün:	Voll-Duplex

5.2.2 Drahtlose Datenverbindungen

Auswahl, Produktübersicht

Art	Artikelnummer	maximale Reichweite	Verwendung
Funk	ZA1719BPVU	300 m im Freifeld	Datenübertragung, Übermittlung von Befehlen, Programmierung von Geräten und auf Geräten steckenden Fühlern
WLAN	ZA1719WL	400 m im Freifeld	
Mobilfunkmodem	ZA1709GPRS	unbegrenzt	

5.2.2.1 Drahtlose PC-Verbindungen mit Funk

Grundlagen

Vorzüge der ALMEMO® Verbindungen mit Funk

- Die Funktechnik ist als Industriestandard gemäß IEEE 802.15.1 festgelegt und bietet prinzipiell eine hohe Übertragungssicherheit.
- Durch das verwendete Frequenzsprungverfahren wird eine hohe Robustheit gegenüber Störungen erreicht.
- Die eindeutige, sichere Identifikation der Funk-Teilnehmer erfolgt mit einem mehrstelligen PIN-Code.
- Die einmal konfigurierten Verbindungen werden beim Einschalten bzw. beim Abbruch einer Verbindung automatisch (wieder)hergestellt.
- Die neuen leistungsstarken Funkmodule mit eingebauter aktiver Antenne bieten eine besonders hohe Reichweite, bis 300 m im Freifeld; zusätzliche Aufsteckantennen entfallen.

Eigenschaften

Allgemein

Mit dem Funk-USB-CPU-Modul ZA 1719-CPU ist eine drahtlose Verbindung von einem PC mit ALMEMO® Geräten möglich.

Die Funk-Verbindungen werden gepaart ausgeliefert, d.h. betriebsbereit konfiguriert.

Bei Unterbrechung der Funk-Verbindung bleibt im PC die USB/COM-Schnittstelle für die Software erhalten. Für Dauerüberwachung ergibt sich so eine hohe Übertragungssicherheit. Hinweis: Die in Laptops/PCs eingebauten Funk-Verbindungen sind hier nicht verwendbar, da nach einem Verbindungsabbriss die COM-Schnittstelle vom Betriebssystem deaktiviert und immer wieder neu manuell aktiviert werden muss.

Es sind beliebige ALMEMO® Messgeräte mit einem aufgesteckten Funk-Slave-Modul einsetzbar.

Das Aufsteckmodul in der Ausführung mit 1 m Kabel zwischen ALMEMO® Stecker und Modul (Option OA1719BK) kann zur Optimierung der Funkverbindung vom Messgerät abgesetzt und ausgerichtet werden (mit Klettbandbefestigung).

Die vollständige Konfiguration aller (Mehrfach-)Verbindungen erfolgt einfach über die Software ALMEMO®-Control.

Die Suche und die Auswahl aller möglichen Funk-Slave-Partner erfolgt einfach durch Eingabe der entsprechenden PIN-Codes.



Abb. 5.10 PC-Verbindung mit Funk

Ausführungen

Artikelnummer	Art	
ZA1719BCU	Funk-CPU-Modul mit USB-Anschluss	Aufsteckbar auf USB-Buchse des Computers
ZA1719BT1XS	Slave-Aufsteckmodul	Aufsteckbar auf Buchse A1 eines ALMEMO® Gerätes

Artikel ZA1719BCU und ZA1719BT1XS sind zusammen betriebsbereit konfiguriert unter der Artikelnummer ZA1719BPVU erhältlich.

Technische Daten

Funk	Klasse 1 mit aktiver Antenne
Protokoll	SPP (Verschlüsselung 128 bit)
Reichweite	300 m Freifeld (nimmt in Gebäuden deutlich ab)
ALMEMO® Datenrate	1200 Bd bis 115,2 kBd
Modulgehäuse	Polystyrol (-10° bis +70°C)
Kabellänge	Aufsteckmodul ZA1719-BT1XS: Länge 0 m, mit Option OA1719BK: Länge 1 m ZA1719BCU: Länge 1,5 m
Spannungsversorgung	
ZA1719BCU	über USB-Schnittstelle des PC
ZA1719BT1XS	über ALMEMO® Messgerät, ca. 35 mA (9 V)

Abmessungen

Modulgehäuse

Länge:	61 mm
Breite:	30 mm
Höhe:	12 mm

Handhabung

Vorbereitung

Die Konfiguration der Funk-Module erfolgt über den PC mit der Software ALMEMO®-Control.
Bei Unterbrechungen durch Stromausfall oder Reichweitenüberschreitung, werden nach Beseitigung der Probleme die Verbindungen automatisch wiederhergestellt.

Inbetriebnahme der Funkverbindungen

Vor dem Anstecken eines USB-Kabels am Rechner mit beiliegender CD den USB-Treiber installieren.
Dann Funk-Module, wie oben beschrieben, auf die entsprechenden Buchsen aufstecken.
Ist die Stromversorgung in Ordnung, leuchten die grünen LED's der Module. Wenn die Funkverbindung steht, leuchten bei Klasse 1 Modulen außerdem die gelben LED's. Sollten die LED's nicht an- oder ausgehen, dann ist die Reichweite (siehe Technische Daten) überschritten. Es muss beachtet werden, dass die Reichweite innerhalb von Gebäuden durch Mauern oder andere Hindernisse stark abnehmen kann. Bringt man beide Module wieder näher zusammen, wird die Funkverbindung automatisch wieder aufgenommen.
Zur Messwerterfassung aller vernetzten Geräte steht die Software WinControl zur Verfügung. Vor dem Starten der Messung müssen alle Geräte auf unterschiedliche Adressen eingestellt werden.

5.2.2.2 Drahtlose PC-Verbindung mit WLAN-Modul ZA 1719-WL

Eigenschaften

Allgemein

Das WLAN-Modul ZA 1719-WL mit aktiver interner Antenne kann anstelle eines Datenkabels auf die A1-Buchse jedes ALMEMO® Messgerätes aufgesteckt werden, um mit einem lokalen WLAN-Funknetz verbunden zu werden.
Die Kommunikation zwischen PC und WLAN-Modul ist mit einer Reichweite bis zu 400 m im Freifeld möglich. In Gebäuden nimmt die Reichweite deutlich ab.
Stromversorgung und Datenverkehr wird mit LEDs angezeigt, alle gängigen Verschlüsselungsmodi sind konfigurierbar.
Das Modul wird über das USB-Adapterkabel ZA 1919-AKUVW am PC mit einer speziellen Software konfiguriert.
Eine Einbindung in die Messwerterfassungssoftware WinControl ist über den Ethernet-Port möglich.



Abb. 5.11
WLAN-Modul
ZA1719-WL

Ausstattung

Folgendes Zubehör zum WLAN-Modul ZA 1719-WL steht zur Verfügung:

Artikelnummer	Zubehör/Option
ZA 1919-AKUVW	USB-Adapterkabel zur Konfiguration eines ALMEMO® WLAN-Moduls ZA1719-WL
OA 1719-BK	Kabel zwischen ALMEMO® Stecker und Modul, Länge 1 m

Technische Daten

Standards	WLAN 802,11a/b/g/e/i/h/j
Frequenzband	2,4 GHz, Kanäle 1 – 13, (U-NII band 1, 2, 2e, 3)
Ausgangsleistung	100 mW (20dBm)
Durchsatz	500 kb/s
Reichweite	400 m Freifeld
Verschlüsselung	WPA-PSK, WPA2-PSK, PEAP, LEAP WEP64/128, TKIP, AES (CCMP)
Protokoll	TCP/UDP
Ethernet-Port	10001 (default)
Spannungsversorgung	über ALMEMO® Gerät
Stromverbrauch	ca. 70 mA bei 9V-Versorgung
Modulgehäuse	ABS PC GF (-20 bis +70°C)
ALMEMO® Datenrate	1200 Bd bis 115,2 kBd

Abmessungen**Modulgehäuse**

Länge:	61 mm
Breite:	30 mm
Höhe:	12 mm

5.2.2.3 Mobilfunkmodem ZA 1709 GPRS**Eigenschaften****Allgemein**

Zur Fernabfrage und Fernkonfiguration von ALMEMO® Geräten über das mobile Internet steht das Mobilfunkmodem ZA1709-GPRS zur Verfügung. Für den Betrieb sind eine geeignete SIM-Karte und ein VPN-Zugang erforderlich. Beides kann über die Firma akrobit® software GmbH bezogen werden.

Das Mobilfunkmodem ist deutschlandweit, europaweit oder weltweit einsetzbar. Bei Einsatz des Modems außerhalb von Europa ist die Bereitstellung der SIM-Karte durch den Kunden erforderlich.

Für den eigenen direkten Zugang muss auf dem Auswerterechner eine VPN-Client-Software installiert werden, die im Lieferumfang kostenlos enthalten ist. Für das automatische Speicherauslesen wird zur Software WinControl das Zusatzmodul SW5600WCZM9 'Automatisches ALMEMO® Speicherauslesen' benötigt.

Alternativ kann man die Messdaten über den Cloud-Service der Firma akrobit® software GmbH beziehen und auch über einen gesicherten Internetzugang online visualisieren.

Ausstattung

Der Lieferumfang des Mobilfunkmodems ZA 1709-GPRS umfasst folgende Artikel.

- Mobilfunkmodem (GPRS/UMTS) incl. Datenkabel ZA1909DK5
- Adapterstecker ZA1709AS
- 12V-Netzteil 110 bis 240 V AC
- Dokumentation
- Antenne mit Magnetfuß (Kabel ca. 2,5 m)

Zusätzlich bestellbar:

Artikelnummer	Zubehör/Option
SW 5600-WCZM9	Zusatz-Protokoll „Automatisches Speicherauslesen“ zu WinControl (SW5600WC1/2/3/4)
ZB 1709EK	Spannungsversorgungskabel mit Stecker zum Modem und freien Enden für externe Spannung 10 bis 30 V DC, mindestens 1,2 A bei 12 V DC

Technische Daten

Frequenzbereich	GPRS: 850/900/1800/1900 MHz UMTS: 800/850/900/1900/2100 MHz
Anschlüsse	RS232 (9600 Baud, 9-polig, Sub-D-Buchse), FME Antennenanschluss (male), Stromversorgung, SIM Kartenleser
Stromversorgung	10 bis 30 V, über mitgeliefertes Netzteil oder über Kabel für externe Spannung
Stromverbrauch	max. 1,2 A bei 12 V
Betriebstemperatur	-30 bis 75°C (Netzteil 0 bis 40°C)
Gewicht	ca. 110 g
Netzteil	Eingangsspannung: 110 bis 240 V AC, Ausgangsspannung: 10,5 bis 13,5 V DC, Betriebstemperatur: 0 bis 40°C

Abmessungen

Modulgehäuse

Länge:	65 mm
Breite:	74 mm
Höhe:	33 mm

5.3 Vernetzung von Messgeräten untereinander

Funktionsweise

Vernetzung von ALMEMO® Messgeräten untereinander ermöglicht eine dezentrale Erfassung der Messdaten vor Ort und dadurch relativ kurze Fühlerleitungen und kleine modulare Messgeräte. Die Messgeräte sind über stör-sichere Digitalleitungen vernetzt und können zentral von einem Rechner ausgewertet werden. Dieses Konzept minimiert sowohl den Verdrahtungsaufwand als auch EMV-bedingte Übertragungsprobleme. Der Einsatz an Gerätetechnik lässt sich ganz flexibel an die jeweilige Messaufgabe anpassen.

Alle ALMEMO®-Geräte sind adressierbar und voll netzwerkfähig (mit ALMEMO® Control (alle Versionen) oder WinControl (ab Version 8)). Die Datenleitungen werden jeweils durchgeschleift, sodass an jedes Gerät mit einem Datenkabel ein weiteres angesteckt werden kann. Auf diese Weise sind maximal 100 Geräte an eine serielle Schnittstelle eines Rechners anschließbar.

Alternativ können stör-sichere Lichtwellenleiterkabel eingesetzt werden. Bei Installationen über größere Entfernungen verwendet man dagegen besser eine Übertragung mit RS422/RS485-Interfaces. Dafür gibt es eigene Treiber und galvanisch getrennte Verteiler für jedes Gerät.

Das Protokoll beruht auf einer einfachen ASCII-Kommunikation, sodass man über ein Terminal die Daten jedes Messgeräts im Klartext abrufen kann. Eine Datenflusskontrolle ist nur noch durch Software-Handshake (XON/XOFF) möglich. Selbstverständlich gibt es auch Softwarepakete, die die Messstellenabfrage stör-sicher über CRC im Netzwerk automatisieren, die Messdaten graphisch darstellen und auswerten.

Hinweise zur Messung

Vor jedem Netzbetrieb müssen alle Messgeräte auf unterschiedliche Geräteadressen eingestellt werden. Bei Anzeigegeräten geschieht dies über die Tastatur, bei Transmittern und Einschüben über Kodierschalter (siehe Geräteanleitungen). Die Anordnung der Geräte und die Reihenfolge der Adressen sind prinzipiell beliebig, aber es dürfen keine Lücken vorhanden sein.

Im Netzbetrieb sollten nur aufeinanderfolgende Adressen zwischen 01 und 99 eingegeben werden, damit das Gerät 00 bei einer Stromunterbrechung nicht ungerechtfertigt adressiert wird.

Bei der Verwendung von Verbindungen wie Ethernet, GPRS, WLAN und Funk können nicht unerhebliche Signalverzögerungen auftreten. Die Geschwindigkeit der Verbindungen hängt ab von der Qualität der Funkverbindung, von eventuellen Kanalstörungen und von den Wiederverbindungszeiten nach Verbindungsabbruch.

Besonders lange Laufzeiten können bei den Funk-"Netzwerkkabeln" auftreten. Hier multiplizieren sich die Zeiten durch die Kaskadierung und den Vor- und Rücklauf. In solchen Fällen könnten Antworten von verschiedenen Geräten gleichzeitig zum Empfänger gelangen. Um Datenkollisionen zu vermeiden, müssen bei der Geräteumschaltung entsprechende Zeitverzögerungen vorgesehen werden. Bei der Datenerfassungssoftware WinControl dient dazu der Parameter Umschaltverzögerung.

5.3.1 Kabelgebundene Vernetzung von Messgeräten

Auswahl, Produktübersicht

Artikelnummer	Kabel	maximale Länge	Anzahl der vernetzbaren Geräte	Bemerkungen
ZA1999NK5	vieradriges Kabel	50 m	100	Kann mit Netzwerksteckern ZA1999FS5 selbst hergestellt werden.
ZA1999NKL	Lichtwellenleiter	50 m	10 (bei 9600 Bd)	Kann mit Netzwerksteckern ZA1999FSL selbst hergestellt werden.

Anwendungsbereiche

- ZA1999NK5 Besonders geeignet für kurze Entfernungen und mobile Messanordnungen.
ZA1999NKL Besonders geeignet für die sichere Datenübertragung in EMV kritischen Umgebungen.

5.3.1.1 ALMEMO®-Netzwerk-Interfacekabel ZA 1999 NK5

Funktionsweise

Eine RS232-Schnittstelle ZA1909-DK5 oder eine Ethernet-Schnittstelle ZA1945DK, die an der Buchse A1 des ALMEMO® Messgerätes steckt, kann mit Netzwerkinterfacekabeln (ZA1999NK5) an Buchse A2 kaskadiert werden, sodass an das erste Messgerät bis zu 99 weitere ALMEMO® Geräte angeschlossen werden können.

Die Befehle an das erste Gerät werden gepuffert auch an alle anderen übertragen. Die Antworten von diesen sind andererseits ODER-verknüpft und erscheinen daher auch am Ausgang des ersten Gerätes.

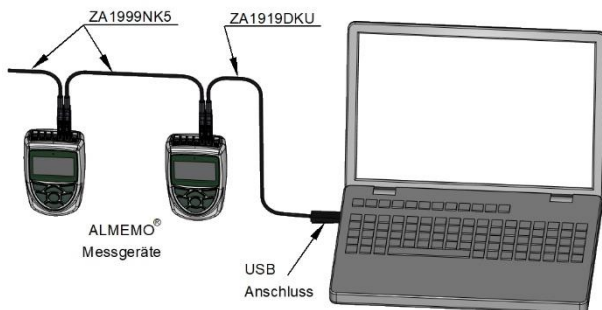


Abb. 5.12 Vernetzung von Geräten mit dem Netzwerk-Interface-Kabel ZA1999NK5 untereinander und zum Rechner hin mit dem Datenkabel ZA1909DK5.

Eigenschaften

Allgemein

Geräte sind durch dieses Kabel einfach und schnell zusammensteckbar. Ohne zusätzliche Stromversorgung hat es einen geringen Stromverbrauch (ca. 1 mA).

Das Netzkabel ZA1999NK5 kann fertig bestellt oder aus einzelnen Netzwerksteckern ZA1999FS5 (ein Paar) und einem vieradrigen Kabel bis zu 50 m Länge selbst hergestellt werden.

Beachtet werden muss, dass bei Ausfall eines der Messgeräte das Netz blockiert wird und dass weitere Peripheriegeräte wie Module für Analogausgang, Alarmrelais, usw. durch die Belegung der Buchse A2 nicht angeschlossen werden können.

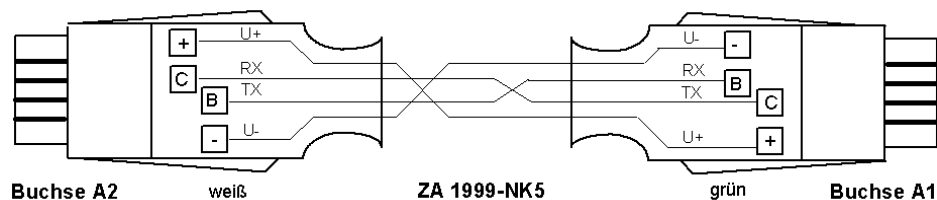


Abb. 5.13 Anschlussbelegung im Netzwerk-Interface-Kabel ZA1999NK5

Das Netzkabel ZA1999NK5 ist für Baudraten bis zu 115,2 kBd geeignet, es ist galvanisch getrennt.

5.3.1.2 Netzkabel mit Lichtwellenleiter

Funktionsweise

Das Netzkabel ist auch in Lichtwellenleitertechnik als ZA 1999-NKL erhältlich. Es besteht aus zwei ALMEMO® LWL-Wandlern ZA 1999-FSL und 1,5m Duplex-Kunststoff-Lichtwellenleiter-Kabel (2,2 x 4,3 mm, bestellbar unter LL2243L). Das LWL-Kabel kann Längen bis zu 50 m annehmen und die Wandler können problemlos selbst angeschlossen werden. Die Stromversorgung erfolgt über die angeschlossenen Geräte.

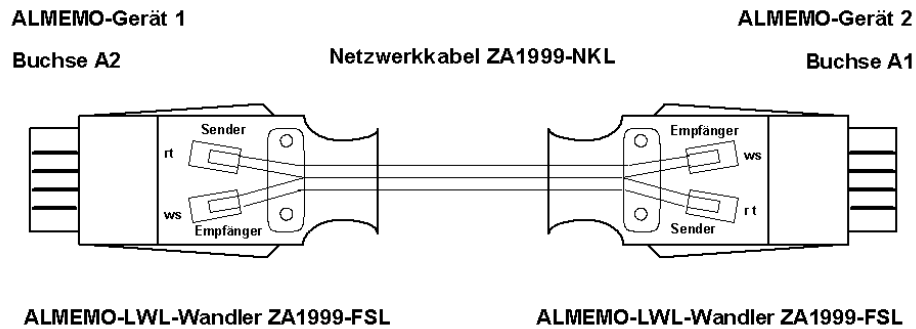


Abb. 5.14 Anschlussbelegung im Netzwerk-Interface-Kabel ZA1999NK5

Eigenschaften

Allgemein

Bis zu 10 ALMEMO®-Geräte sind vernetzbar (bei 9600 Bd), die doppelte Anzahl bei Halbierung der Übertragungsrate.

Vorteile dieser Art der Geräteverbindung sind die unproblematische Einrichtung des Gerätenetzes, die hohe Störsicherheit und die galvanische Trennung der Geräte. EMV-Probleme treten nicht auf. Eine zusätzliche Spannungsversorgung ist nicht nötig.

Weitere Peripheriegeräte wie Module für Analogausgang, Alarmrelais, usw. können nicht angeschlossen werden.

Handhabung

Vorbereitung

Montage der Lichtwellenleiter

Zur Konfektionierung eines Datenkabels wird das Lichtwellenleiter-Kabel mit einem scharfen Messer möglichst rechtwinklig auf die gewünschte Länge zugeschnitten (keinen Seitenschneider verwenden). Dann wird die Doppelleitung an beiden Enden auf einer Länge von 1 bis 2 cm in Einzeladern aufgetrennt.

Bei den ALMEMO® Wandlern werden die beiden Adern nach Abnehmen des Deckels in die beiden Photoelemente eingesteckt und mit der Zugentlastung gesichert. Beim Anschluss des zweiten Wandlers ist darauf zu achten, dass die Adern jeweils vom Sender zum Empfänger geführt werden. Da die Übertragung der Daten mit sichtbarem rotem Licht erfolgt, kann die Sendeader bei Datenfluss leicht identifiziert werden.

5.3.2 Drahtlose Vernetzung von Messgeräten untereinander oder Fühlern mit Messgeräten

Auswahl, Produktübersicht

Artikelnummer	maximale Länge	maximale Anzahl der Verbindungen	Bemerkungen
ZA1719BNV	300 m (Freifeld)	7	Funk Geräteverbindung
MA2790BTFV	300 m (Freifeld)	beliebig viele	Funk Fühlerverbindung

5.3.2.1 Drahtlose Geräteverbindung mit Funk Modul ZA 1719-BNV

Grundlagen

Siehe Kapitel 5.2.2.1.

Eigenschaften

Allgemein

Die Funk-Verbindungen werden gepaart ausgeliefert, d.h. betriebsbereit konfiguriert.

Bei Unterbrechung der Funk-Verbindung bleibt im PC die USB/COM-Schnittstelle für die Software erhalten. Für Dauerüberwachung ergibt sich so eine hohe Übertragungssicherheit. Hinweis: Die in Laptops/PCs eingebauten Funk-Verbindungen sind hier nicht verwendbar, da nach einem Verbindungsabbriss die COM-Schnittstelle vom Betriebssystem deaktiviert und immer wieder neu manuell aktiviert werden muss.

Beliebige ALMEMO® Messgeräte mit einem aufgesteckten Funk-Slave-Modul sind einsetzbar.

Die Suche und die Auswahl aller möglichen Funk-Slave-Partner erfolgt einfach durch Eingabe der entsprechenden PIN-Codes.



Abb. 5.15 Funk Modul ZA 1719-BNV

Ausstattung

Die drahtlose Geräteverbindung ZA 1719-BNV besteht aus zwei Modulen, dem Master-Modul ZA 1719-BC und dem Slave-Modul ZA 1719-BT1XS. Die Module können auf zwei verschiedene Arten vernetzt werden:

1. Sternförmig: Ein Master-Modul ZA 1719-BC steckt auf einem ALMEMO® Gerät, das in Verbindung mit dem Computer steht, während mehrere Slave-Module ZA 1719-BT1XS mit diesem einen Master-Modul verbunden sind. Ein Messgerät mit Funk-CPU kann mit 1 bis 7 ALMEMO® Messgeräten mit Funk-Slaves verbunden werden.
2. In Serie: Ein Master-Modul ZA 1719-BC steckt auf einem ALMEMO® Gerät, das in Verbindung mit dem Computer steht, ein Slave-Modul ZA 1719-BT1XS steckt auf einem zweiten Gerät (A1-Buchse), auf dem wiederum auf der A2-Buchse ein Master-Modul ZA 1719-BC platziert ist, das mit dem Slave-Modul eines dritten Gerätes verbunden ist, usw.

Artikelnummer	Funktion	Position im Netz	Buchse
ZA1719BC	CPU-Modul, Master	Sitzt auf dem Gerät, das mit dem PC verbunden ist, bei in Reihe geschalteten Geräten sitzt es auf dem Gerät, das dem PC näher ist.	A2
ZA1719BT1XS	Slave	Sitzt auf dem Gerät, das jeweils vom PC weiter entfernt ist.	A1

Die vollständige Konfiguration aller (Mehrfach-)Verbindungen erfolgt einfach über die Software ALMEMO® Control.

Das Aufsteckmodul in der Ausführung mit 1 m Kabel zwischen ALMEMO® Stecker und Modul (Option OA1719BK) kann zur Optimierung der Funkverbindung vom Messgerät abgesetzt und ausgerichtet werden (mit Klettbandbefestigung).

Technische Daten

Funk	Klasse 1 mit aktiver Antenne
Protokoll	SPP (Verschlüsselung 128 bit)
Reichweite	300 m Freifeld (nimmt in Gebäuden deutlich ab)
ALMEMO® Datenrate	1200 Bd bis 115,2 kBd
Modulgehäuse	Polystyrol (-10° bis +70°C)
Kabellänge	bei Aufsteckmodul ZA1719-BT1XS mit Option OA1719BK: Länge 1 m
Spannungsversorgung	
ZA1719BC	über ALMEMO® Messgerät, ca. 20 mA (9 V)
ZA1719BT1XS	über ALMEMO® Messgerät, ca. 35 mA (9 V)

Abmessungen

Modulgehäuse

Länge:	61 mm
Breite:	30 mm
Höhe:	12 mm

Handhabung

Siehe Kapitel 5.2.2.1.

5.3.2.2 Drahtlose Fühlerverbindung mit Funk-Messgerät MA 2790-BTFV

Grundlagen

Siehe Kapitel 5.2.2.1.

Eigenschaften

Allgemein

Auf das Messgerät MA2790-BTFM wird ein ALMEMO® Fühler mit einem Standard- oder D6-Stecker (kein D7-Stecker) gesteckt. Das Aufsteckmodul ZA 1729-BTFS wird an die Eingangsbuchse Mxx eines beliebigen ALMEMO® Gerätes gesteckt. Das MA2790-BTFM sendet die Messwerte des aufgesteckten Fühlers an das Aufsteckmodul ZA1729-BTFS. Dieses Modul übergibt die Messwerte an das Messgerät, auf dem es steckt. Das Messgerät zeigt die Messwerte an oder speichert sie als würde der Fühler selbst an der Eingangsbuchse Mxx sitzen. Bis zu 4 Messkanäle je Verbindung können übertragen werden. Es können beliebig viele Fühlerverbindungen parallel arbeiten. Siehe auch Kapitel 5.3.2.1.

Ausstattung

Die Funk-Fühlerverbindung MA2790-BTFV besteht aus einem Messgerät MA2790BTFM und einem Aufsteckmodul ZA1729BTFS.

Das Messgerät MA2790BTFM besitzt einen Messeingang für ALMEMO® Fühler (mit Standard- oder D6 Stecker, nicht aber mit D7-Steckern).

Optional ist es erhältlich mit einem eingebauten digitalen Fühler für Feuchte, Temperatur, Luftdruck (OA2790RHA). Dieser Fühler ist steckbar, austauschbar und einzeln kalibrierbar (ohne Messgerät).

Stromversorgung erfolgt durch 3 NiMH-Mignon-Akkus, Akkuladung ist im Gerät möglich (Netzteil bitte gesondert bestellen).

Das Gehäuse des MA 2790-BTFM ist auch für Hutschienmontage geeignet. Es besitzt eine große zweizeilige statische 7/16-Segmentanzeige.

Luftdruckkompensation ist im Gerät möglich.



Abb. 5.16 Fühlerverbindung mit Funk-Messgerät

Artikelnummer	Typ	Funktion
MA2790-BTFM	Messgerät	Besitzt eine Buchse für einen Fühler, sendet Daten dieses Fühlers an Aufsteckmodul ZA1729-BTFS.
ZA1729-BTFS	Aufsteckmodul	Stecker mit Funk-Modul, gibt die empfangenen Daten an das ALMEMO® Messgerät weiter, auf dem es angesteckt ist.
MAxxxx (z.B. MA2590, MA2890)	beliebiges ALMEMO® Messgerät	Zeigt die ihm vom Aufsteckmodul ZA1729-BTFS übergebenen Daten an, zeichnet sie auf.

Technische Daten

MA 2790-BTFM

Messeingang	1 ALMEMO® Eingangsbuchse
AD-Wandler, Messbereiche, Ausstattung, Gehäuse:	wie ALMEMO® 2490-1, siehe Ahlborn Gesamtkatalog Seite 01.18, jedoch:
Fühlerversorgung	6 / 9 / 12 V (je nach programmierter minimaler Fühlerversorgungsspannung im ALMEMO® Stecker), max. 150 mA
Spannungsversorgung Akku	5 bis 13 V DC nicht galvanisch getrennt 3 NiMH-Mignon-Akkus, Ladeschaltung eingebaut
Stromverbrauch	ca. 14 mA mit Funk (ohne Fühler)
ALMEMO® Buchse DC	für Netzteil / Schnittstelle
Funk-Verbindung	Master-Modul eingebaut

ZA1729-BTFS

Funk	Klasse 1 mit aktiver Antenne
Protokoll	SPP (Verschlüsselung 128 bit)
Reichweite	300 m Freifeld (nimmt in Gebäuden deutlich ab)
ALMEMO® Datenrate	1200 Bd bis 115,2 kBd
Modulgehäuse	Polystyrol (-10° bis +70°C)
Spannungsversorgung	über ALMEMO® Messgerät, ca. 25 mA (9V)
Modulgehäuse	ALMEMO® Stecker, ABS

Abmessungen

MA 2790-BTFM

Länge: 127 mm

Breite: 83 mm

Höhe: 42 mm

ZA 1729-BTFS

Länge: 61 mm

Breite: 20 mm

Höhe: 8 mm

Handhabung

Messen

Das ALMEMO® Funk-Messgerät MA 2790-BTFM und das Fühler-Aufsteckmodul ZA 1729-BTFS sind werkseitig gepaart, siehe Bedienungsanleitung.

Um Strom zu sparen kann das Messgerät MA 2790-BTFM im Sleepmodus (Speicherzyklus ab 1 Minute) betrieben werden. Die Betriebszeit je Akkuladung beträgt dann ca. 240 Stunden mit Speicherzyklus 1 Minute bzw. circa 1 Jahr mit Speicherzyklus 1 Stunde.

6 Bedienung über serielle Schnittstelle

Über die serielle Schnittstelle der ALMEMO® Messgeräte kann man alle Messwerte einzeln oder automatisch ausgeben, Gerät und Fühlerstecker vollständig programmieren und die Programmierwerte abfragen. Die Befehle können über ein Terminal oder ein Datenkommunikationsprogramm gesendet werden. Sie bestehen immer aus einem Buchstaben, evtl. Minuszeichen und 0 bis 6 Zahlen. Nur die Daten und Kommandos, die das erlaubte Format haben, werden vom Messgerät angenommen und an das Kommunikationsgerät zurückgesendet.

Ein angefangener Befehl wird bei Eingabe eines neuen abgebrochen. Falsche Eingaben werden mit der Meldung "ERROR" quittiert. An jeden Befehl und jede Ausgabe wird automatisch ein Zeilenvorschub angehängt. Befehlsfolgen sind in dieser Anleitung durch Leerzeichen getrennt dargestellt, die jedoch nicht eingegeben werden sollen.

Die Protokoll-Änderungen für die neuen V7-Messgeräte finden Sie in Kapitel 8.

6.1 Bedienung über Software ALMEMO®-Control

Besonders einfach und problemlos wird die Bedienung und Programmierung der ALMEMO®-Geräte durch die Software ALMEMO®-Control (vorher AMR-Control) für alle WINDOWS®-Versionen ab 98. Damit werden sowohl alle Geräteparameter, als auch alle Fühlerparameter übersichtlich dargestellt und können verändert werden. Außerdem lassen sich online Messdaten aufnehmen, die Speicher der Datenlogger auslesen und die Messdaten in Dateien ablegen. Für die Online-Bedienung der Ahlborn-Geräte ist zusätzlich ein Terminal integriert.

6.1.1 Konfiguration der Schnittstelle

1. Programm ALMEMO-Control starten
2. Im Eingangsverteiler "**Schnittstelle**" wählen.
3. Dort COM-Anschluss auswählen, an dem das Messgerät angeschlossen ist.
4. Bei "**Baudrate**" die im ALMEMO® Datenkabel programmierte Baudrate einstellen.
5. Konfiguration mit "**OK**" beenden. Diese Konfiguration wird gespeichert und auch beim nächsten Start der ALMEMO-Control wieder verwendet.
6. Wenn Sie danach "**Angeschlossene Geräte suchen**", kommen Sie ins "**Hauptmenü**".

6.1.2 Programmieren und Speicherauslesen über Menüs

Über die Menüs "**Gerät**", "**Messstellen**" und "**Ausgangsmodule**" können alle ALMEMO® Funktionen komfortabel programmiert werden. Im Menü "**Messstellen**" unter dem Punkt "**Messwerte**" können aktuelle Messwerte eingelesen und bearbeitet werden, im Menü "**Geräte**" unter dem Punkt "**Messwertspeicher**" ist es möglich, sowohl eine Messdatenaufnahme vollständig zu konfigurieren und zu starten, als auch später die gespeicherten Messwerte wieder auszulesen und in eine Datei zu schreiben.

6.1.3 Bedienung über Terminal

In der ALMEMO-Control ist ein Terminal verfügbar, mit dem alle Ahlborn-Geräte über Schnittstellenbefehle bedient bzw. die Ausgaben des Messgerätes auf dem Bildschirm dargestellt werden können.

Dazu das Menü "**Datei**" anklicken, Menüpunkt "**Terminal**" auswählen. Das Terminal-Fenster wird geöffnet.

Eine Liste aller möglichen Befehle ist über die "**Befehlsliste**" zugänglich. Die Befehle werden im Terminalfenster einfach über die Tastatur eingegeben. Zur leichteren Bedienung sind verschiedene Befehlstasten bereits vorprogrammiert (Beschriftung und Schnittstellenbefehle können jederzeit mit rechter Maustaste geändert werden).

Alle Daten, die in das Terminal übertragen werden, auch z.B. der Speicherinhalt des Datenloggers, können mit

der folgenden Bedienung auch in einer Datei gespeichert werden:

Im Terminal-Fenster Menü **"Datei"** anklicken, Menüpunkt **"Terminal-Mitschnitt starten"** auswählen.

Im Fenster **"Terminal-Mitschnitt speichern unter:"** gewünschten Dateinamen eingeben, dann mit **"Speichern"** abschließen. Jetzt werden alle Daten, die im Terminal auf dem Bildschirm erzeugt werden, in der obigen Datei gespeichert.

Soll z.B. der Speicher im Tabellenformat (für z.B. Excel) ausgelesen werden, dann:

1. Im Terminal-Fenster Befehlstaste Tabellenform anklicken (N2)
2. Befehlstaste **"Speicher"** anklicken (P04)
3. Warten, bis alle Daten (auf dem Bildschirm sichtbar) übertragen wurden.

Beenden der Speicherung: Im Fenster Terminal Menü **"Datei"** anklicken, dann Menüpunkt **"Terminal-Mitschnitt schließen"** anklicken.

Terminal-Programm beenden im Menü **"Datei"** mit **"Beenden"**

6.1.4 Datei in Tabellenkalkulation einlesen

Tabellenkalkulationsprogramm z.B. Excel aufrufen.

1. Menü **"Datei"** anklicken, Menüpunkt **"Öffnen..."** auswählen.
2. Gespeicherte TXT-Datei auswählen.
3. In Excel erscheint der Textkonvertierungsassistent:
4. Dateityp "getrennt" auswählen, dann **"Weiter"** anklicken.
5. Trennzeichen "Semikolon" und Texterkennung " einstellen, dann **"Weiter"** anklicken.
6. Datenformat "Standard" auswählen und **"Fertig stellen"** anklicken.

Jetzt sind Datum, Zeit und die Messstellen getrennt in Spalten angeordnet. Die Zeile über den Messdaten kann als Legende dienen.

6.2 Geräteprogrammierung

Im Folgenden ist die Bedienung aller ALMEMO®-Geräte über die serielle Schnittstelle z.B. mit einem Terminal (siehe Kapitel 6.1.3) beschrieben.

6.2.1 Anwahl eines Messgerätes

In einem Netzwerk ist nach dem Einschalten das Messgerät mit der Adresse 00 aktiv und auf alle Datenausgabe-Befehle reagiert nur das Gerät mit der Adresse 00, soweit vorhanden. Die Anwahl eines anderen Gerätes erfolgt mit dem Befehl Gxx.

Befehl	G01
Antwort Gerät Nr. 00	G0
Antwort Gerät Nr. 01	1

6.2.2 Ausgabe der Programmierung

Einen Überblick über die **gesamte Einstellung des Gerätes** und die angeschlossenen Fühler erhält man am besten durch Ausgabe der Programmierung mit dem Befehl P15. Im Ausgabeformat unter- oder nebeneinander (siehe Kapitel 6.5.5) erhält man folgendes Bild:

Befehl	P15
Antwort	Druckkopf Überschrift Fühlerprogramm Zyklen
	ALMEMO 8590-9 MS BER. GW-MAX GW-MIN BASIW D FAKTOR EXP MITTEL KOMMENTAR 01:Ntc +035.00 - - - - - °C 1.0350 E+0 - - - T Aussen 02:NiCr - - - +0018.0 - - - °C - - - E+0 - - - T Innen 11:D2.6 - - - - - V - - - E+0 - - - MESSZYKLUS: 00:00:00 S S0500.3 F0104.7 A W010 C-SU- DRUCKZYKLUS: 00:00:00 Un 9600 bd

Nach einem Zeilenvorschub wird der Kopf mit der Gerätebezeichnung ausgegeben. Diese Bezeichnung kann vom Benutzer individuell gestaltet werden (siehe Kapitel 6.2.3). In den nächsten Zeilen erscheinen nach einer Überschrift die wichtigsten Parameter der angesteckten Fühler mit den aktiven Messkanälen.

Der Messzyklus ist ab Geräten Generation V6 nicht mehr verfügbar. Bei Datenloggern steht dahinter der verfügbare Messwertspeicher (S...) und der freie Speicherplatz (F...) in kB, bei einer Speichercard in MB. Dann folgen die Einstellung der Wandlungsrate und die Schalter für die kontinuierliche Abfrage. Hinter dem DRUCKZYKLUS sieht man noch die Speicheraktivierung, das Ausgabeformat und die verwendete Baudrate.

6.2.3 Individueller Druckkopf / Gerätebezeichnung

Über die serielle Schnittstelle kann ein individueller Druckkopf von max. 40 Zeichen programmiert werden. Dieser Text erscheint im Programmkopf anstelle der Typenbezeichnung "ALMEMO TYP-X". Bei der Vernetzung mehrerer Geräte kann der Druckkopf als Gerätekennzeichnung dienen.

Programmierung	Befehl	Antwort
Druckkopf eingeben	f4 \$ABC Prüffeld CR	
Druckkopf löschen	f4 \$ CR	
Druckkopf ausgeben	f1 t0	ABC Prüffeld
Programmierung ausgeben	P15	

Ausdruck	ABC Prüffeld
	MS BER. GW-MAX GW-MIN BASIS D FAKTOR EXP MITTEL KOMMENTAR
	01:Ntc +035.00 - - - - - °C 1.0350 E+0 - - - T Aussen
	02:NiCr - - - +0018.0 - - - °C - - - E+0 - - - T Innen
	05:D2.6 - - - - - V - - - E+0 - - -
	MESSZYKLUS: 00:00:30 S S0500.3 F0130.4 AR W010 C-SU-
	DRUCKZYKLUS: 00:01:30 U 9600 bd

6.2.4 Ausgabe der Gerätekonfiguration

Einen Überblick über die momentane Gerätekonfiguration, Einstellungen und Ausgangsmodule erhält man mit dem Befehl P19:

Befehl	P19
Antwort	GERAET: G00 M20 A08 P10/mm/uu Adresse, Kanäle möglich, aktiv, primär
	LUFTDRUCK: +01013. mb Luftdruck siehe 6.2.5
	VK-TEMP: +0023.5 °C Vergleichsstellentemperatur
	U-SENSOR: ! 12.5 V LoBat und Fühlerspannung
	HYSTERESE: 10 Hysterese siehe 6.2.6
	KONFIG: FCRDAS-8 -L-- B01 Konfiguration siehe 6.10.13, 6.10.7
	ALARM: -1-3 Alarmzustand der Relais 0..3 siehe 6.10.8
	A1: DKO Un Ausgangsmodul auf A1 siehe 6.10.9
	A2: AA Ausgangsmodul auf A2

Die Zeile GERAET liefert außer der Geräteadresse Gxx auch die Anzahl der möglichen Messkanäle (Mxx) und die Anzahl der gegenwärtig aktiven (Axx).

Danach folgt bei Messwerterfassungsanlagen die Konfiguration der Einschübe:

Ppp/mm/uu:mm/uu/uu. uu, uu;	pp = Primärkanäle
	mm = Kanäle der Messkreiskarte
	uu = Kanäle der Umschalterkarten

Nach dem Doppelpunkt sind alle Einschübe mit Kanalzahl und Typ dargestellt. Der Typ ergibt sich aus dem folgenden Zeichen:

ALMEMO® Buchsen	/
10fach-MU-Stecker	. (max. 40Kanäle)
Mini-Thermostecker	,
Klemmstecker	;

Weitere Befehle, die die Geräteparameter detailliert darstellen (siehe 7.5.1):

	Befehl
Ausgabe aller fixen Geräteparameter:	f1 P19
Ausgabe aller variablen Geräteparameter:	f2 P19
Darstellung aller Ports der Ausgabemodule:	f3 P19
Reset zum Initialisieren der Variablen:	f1 C19
Wiederherstellung des Auslieferungszustandes:	f2 C19

6.2.5 Luftdruck- und Temperaturkompensation

Luftdruckkompensation

Einige Messgrößen hängen vom umgebenden Luftdruck ab (siehe 6.3.3 Messbereichsliste 'm. LK'), sodass bei größerer Abweichung vom Normaldruck 1013 mbar entsprechende Messfehler auftreten:

z.B. Fehler pro 100 mbar:		Kompensationsbereich:
Rel. Feuchte Psychrometer	ca. 2%	500 bis 1500 mbar
Mischungsverhältnis kap.	ca. 10%	Dampfdruck VP bis 8 bar
Staudruck	ca. 5%	800 bis 1250 mbar (Fehler < 2%)
O ₂ -Sättigung	ca. 10%	500 bis 1500 mbar

Insbesondere beim Einsatz in entsprechender Meereshöhe sollte deshalb der Luftdruck berücksichtigt werden (ca. -11 mbar/100 m ü.N.N.). Er ist entweder programmierbar oder kann mit einem Sensor automatisch gemessen werden.

Funktion	Befehl	Antwort
Luftdruck eingeben in mbar z.B. 1013 mbar	g xxxxx g 01013	
Luftdruck ausgeben in mbar	P43 oder P19	LUFTDRUCK: +01013. mb

Zur Luftdruckmessung wird ein Luftdrucksensor (z.B. FDAD 12-SA) als Referenz definiert, indem man den Kommentar auf '*P' programmiert (siehe Kapitel 6.7.2). Bei automatischen Abfragen sollte der Luftdrucksensor in der Messstellenreihenfolge vor den Feuchtefühlern angeordnet werden.

Funktion	Befehl
Luftdrucksensor als Referenz definieren	f2 \$*P CR

Temperaturkompensation

Fühler, deren Messwert stark von der **Temperatur** des Messmediums abhängt, sind meistens mit einem eigenen Temperaturfühler versehen, und das Gerät führt automatisch eine Temperaturkompensation durch (siehe Messbereichsliste 6.3.3 'm. TK'). Staudruck- und pH-Sonden sind aber auch ohne Temperaturfühler erhältlich. Bei Abweichung der Mediumtemperatur von 25°C treten folgende Messfehler auf:

z.B. Fehler pro 10°C:	Kompensationsbereich:	Fühler:
Staudruck: ca. 1,6%	-50 bis 700°C	NiCr-Ni
pH-Sonde: ca. 3,3%	0 bis 100°C	NTC oder Pt100

Zur Kompensation kann auch ein externer Temperaturfühler als Referenz definiert werden, indem man den Kommentar auf '*T' (siehe Kapitel 6.3.6) oder explizit den Bezugskanal (siehe Kapitel 6.3.4) programmiert.

Die Kompensationstemperatur lässt sich aber auch eingeben:

Funktion	Kompensationstemperatur eingeben in 0,1°C
Befehl	f1 gxxxxx (f1 g02500 = 250.0° C)

6.2.6 Hysterese

Der Alarmzustand bei einer Grenzwertüberschreitung bleibt solange bestehen, bis der Messwert den Grenzwert um die Hysterese (normalerweise 10 Digit) wieder unterschritten hat, um ein Flattern der Relais am Schalterpunkt zu verhindern. Je nach Auflösung des Messbereiches ist es wünschenswert, die Hysterese anzupassen. Die Hysterese des Alarmzustandes ist deshalb in einem Bereich von 00 bis 99 Digit programmierbar:

Funktion	Befehl	Antwort
Hysterese eingeben in Digit	Y xx	
Hysterese ausgeben	P19	HYSTERESE: 10

6.2.7 Uhrzeit und Datum

Zur Protokollierung der Messzeit ist in jedem ALMEMO®-Gerät eine Uhr eingebaut, die auf Echtzeit und Datum eingestellt werden kann. Aber nur bei den Datenloggern ist die Zeit batteriegepuffert und bleibt beim Ausschalten erhalten. Bei den übrigen Geräten steht die Uhr nach dem Einschalten auf 00:00:00 und startet bei der ersten Messstellenabfrage.

Geräteprogrammierung

Datum	Befehl	Antwort	
programmieren	dtmmjj		
löschen	C13		
ausgeben	P13	DATUM:	01. 02. 05
Uhrzeit			
programmieren	Uhhmss		
stoppen und nullsetzen	C10		
ausgeben	P10	UHRZEIT:	12:34:00
Messzeit			
seit Start ausgeben	P46	MESSZEIT:	01:23:45. 67

6.3 Fühlerprogrammierung

Im Gegensatz zu konventionellen Messgeräten werden bei Geräten mit dem ALMEMO®-Stecker-System alle Fühlerparameter nicht im Messgerät, sondern in einem Datenspeicher des Anschlusssteckers gespeichert. Bei konfektionierten Fühlern und ab Werk programmierten Steckern sind der Messbereich und die Dimension bereits im Stecker gespeichert und eine Programmierung ist normalerweise nicht erforderlich.

Von dem 10-fach-Stecker ZA 5590-MU gibt es jedoch nur einige Ausführungen mit Programmierungen für jeweils 10 gleiche Fühler, obwohl jede Messstelle ohne weiteres individuell mit allen hier angeführten Parametern programmiert werden kann.

Beim Programmieren von Korrekturwerten, Skalierungen oder Grenzwerten ist zu beachten, dass ab Werk programmierte Parameter mit dem Verriegelungsmodus vor unbeabsichtigtem Ändern geschützt sind und bei gewünschter Änderung die Verriegelungsstufe erst entsprechend erniedrigt werden muss (siehe Kapitel 6.3.12). Ansonsten können alle Parameter leicht eingegeben bzw. geändert werden, sofern der entsprechende Fühlerstecker angesteckt ist.

Die Größe des Steckerspeichers wurde inzwischen auf 4 kbit verdoppelt (Kennung E4). Damit werden die Mehrpunktkalibrierungen, eigene Linearisierungen oder Stecker mit Sondermessbereichen unterstützt (siehe Kapitel 6.3.13).

6.3.1 Eingabekanal anwählen

Mit dem Eingabekanal ist es möglich Messstellen zu programmieren oder die Mess- und Programmierwerte auszugeben ohne den angewählten Messkanal zu beeinflussen. Wird eine Messstelle oder ein Eingabekanal festgelegt, so beziehen sich alle nachfolgenden Operationen auf den damit festgelegten Kanal.

Funktion	Befehl
Eingabekanal 2 anwählen	E02

6.3.2 Programmierung ausgeben

Einen Überblick über die Programmierung des angewählten Kanals erhält man mit dem Befehl P00. Damit wird wie beim Ausdruck der gesamten Programmierung mit P15 (siehe Kapitel 6.2.2) Messstelle, Bereich, Grenzw. Max, Grenzw. Min, Basiswert, Dimension, Faktor, Mittelungsmodus und Messstellenbezeichnung ausgegeben:

Befehl:	P00
Antwort:	1: NiCr +0100.0 -0020.0 +0000.0°C 1.0000 E-1 - - - Bez.

Wie die restlichen Spezialparameter einer Messstelle abzufragen sind, finden Sie in Kapitel 6.10.1.

6.3.3 Messbereichswahl

Für jeden Fühler gibt es einen mit Messbereich und Dimension programmierten Stecker. Wenn Sie die Stecker selbst programmieren wollen oder den Messbereich häufig wechseln, dann ist bei einigen Messwertgebern auf eine spezielle Steckerausführung zu achten (Thermo, Shunt, Teiler, Frequenz etc.). Bei der Programmierung muss der Fühler angesteckt sein, da alle Fühlerparameter im Stecker abgelegt werden.

Die neuen autarken D6- und D7-Fühler lassen sich nur über ein USB-Schnittstellenkabel ZA1919-AKUV oder ein V7-Messgerät konfigurieren (siehe Kapitel 3.1.2 und 3.1.3).

Bereich		Stecker	Befehl	Druck	Dim
Pt100-1 4Ltr. ITS 90	-200.. 850°C	ZA 9000-FS	B01	P104	°C
Pt100-2 4Ltr. ITS 90	-200.. 400°C / 300°C*	ZA 9000-FS	B03	P204	°C
Pt100-3 4Ltr. ITS 90	-8.. 65,000°C*	ZA 9000-FS	B00	P304	°C
Pt1000-1 4Ltr. mit Elementflag 1	-200.. 850°C	ZA 9000-FS	B01	P104	°C
Pt1000-2 4Ltr. mit Elementflag 1	-200.. 400°C / 300°C*	ZA 9000-FS	B03	P204	°C
Ni100 4Ltr.	-60.. 240°C	ZA 9000-FS	B63	N104	°C
Ni1000 4Ltr. mit Elementflag 1	-60.. 240°C	ZA 9000-FS	B63	N104	°C
NiCr-Ni (K) ITS 90	-200.. 1370°C	ZA 9020-FS	B04	NiCr	°C

Fühlerprogrammierung

Bereich		Stecker	Befehl	Druck	Dim
NiCrSiI-NiSiI (N) ITS 90	-200.. 1300°C	ZA 9020-FS	B34	NiSi	°C
Fe-CuNi (L)	-200.. 900°C	ZA 9021-FSL	B05	FeCo	°C
Fe-CuNi (J) ITS 90	-200.. 1000°C	ZA 9021-FSJ	B35	IrCo	°C
Cu-CuNi (U)	-200.. 600°C	ZA 9000-FS	B06	CuCo	°C
Cu-CuNi (T) ITS 90	-200.. 400°C	ZA 9021-FST	B36	CoCo	°C
PtRh10-Pt (S) ITS 90	0.. 1760°C	ZA 9000-FS	B07	Pt10	°C
PtRh13-Pt (R) ITS 90	0.. 1760°C	ZA 9000-FS	B37	Pt13	°C
PtRh30-PtRh6 (B) ITS 90	+400.. 1800°C	ZA 9000-FS	B08	El18	°C
AuFe-Cr	-270.. 60°C	ZA 9000-FS	B38	AuFe	°C
Ntc Typ N	-50.. 125°C	ZA 9000-FS	B09	Ntc	°C
Millivolt	-10.. 55 mV	ZA 9000-FS	B10	mV	mV
Millivolt 1	-26.. 26 mV	ZA 9000-FS	B27	mV 1	mV
Millivolt 2	-260.. 260 mV	ZA 9000-FS	B28	mV 2	mV
Volt	-2.6.. 2,6 V	ZA 9000-FS	B11	Volt	V
Differenz-Millivolt	-10.. 55 mV	ZA 9000-FS	B50	D 55	mV
Differenz-Millivolt 1	-26.. 26 mV	ZA 9000-FS	B51	D 26	mV
Differenz-Millivolt 2	-260.. 260 mV	ZA 9000-FS	B52	D260	mV
Differenz-Volt	-2,6..2,6V /-2,0..2,6V*	ZA 9000-FS	B53	D2.6	V
Milliampere	-32..32mA/-26..26mA*	ZA 9601-FS	B12	mA	mA
Prozent	4-20 mA	ZA 9601-FS	B13	%	%
Batterie	0.. 25 V	ZA 9000-FS	B14	Batt	V
Ohm	0.. 500 W	ZA 9000-FS	B15	Ohm	Ω
Ohm mit Elementflag 1	0.. 5000 W	ZA 9000-FS	B15	Ohm	Ω
Frequenz	0.. 15000	ZA 9909-AK	B29	Freq	Hz
Impulse	0.. 65000	ZA 9909-AK	B54	Puls	
Digitale Schnittstelle	-65000.. +65000	ZA 9919-AKx	B55	DIGI	
Digitaleingang	0.. 100%	ZA 9000-EK2	B70	Inp	%
Flügelrad Normal	0,3.. 20 m/s	ZA 9915-AK	B30	S120	ms
Flügelrad Normal	0,4.. 40 m/s	ZA 9915-AK	B31	S140	ms
Flügelrad Mikro	0,5.. 20 m/s	ZA 9915-AK	B32	S220	ms
Flügelrad Mikro	0,6.. 40 m/s	ZA 9915-AK	B33	S240	ms
Flügelrad Makro	0,1.. 20 m/s	ZA 9915-AK	B24	L420	ms
Wasserturbine Mikro	0... 5 m/s	ZA 9915-AK	B25	L605	ms
Staudruck 40 m/s TK, LK	0,5.. 40 m/s	ZA 9612-AK	B40	L840	ms
Staudruck 90 m/s TK, LK	0.. 90 m/s	ZA 9612-AK	B41	L890	ms
Rel. Feuchte kap.	0.. 100%	ZA 9000-FS	B16	% rH	%H
Rel. Feuchte kap. m. TK	0.. 100%	FH A646-C	B42	HcrH	%H
Rel. Feuchte kap. m. TK	0.. 100%	FH A646-R	B56	H rH	%H
Feuchttemperatur	-30.. 125°C	FN A846	B45	P HT	°C
Leitfähigkeit m. TK	0.. 20mS	FY A641-LF	B60	LF	mS
CO2-Konzentration	0.. 2,5%	FY A600-C02	B64	CO2	%
O2-Sättigung m. TK u. LK	0.. 260%	FY A640-O2	B65	O2-S	%
O2-Konzentration m. TK	0.. 40 mg/l	FY A640-O2	B66	O2-C	mg
Temperatur digital intern*	-20.. +80°C	FH 0D46	B68	D °C	°C
Rel. Feuchte digital intern*	0.. 100%	FH 0D46	B69	D %H	%H
Funktionskanäle					
Mischungsverh. kap. m. LK	0.. 500 g/kg	FH A646	B43	H AH	gK
Taupunkt kap.	-25.. 100°C	FH A646	B44	H DT	°C
Dampfdruck kap.	0.. 1050 mbar	FH A646	B59	H VP	mb
Enthalpie kap. m. LK	0.. 400 kJ/kg	FH A646	B58	H En	kJ
Rel. Feuchte psychr. m.LK	0.. 100%	FN A846	B46	P RH	%H
Mischungsverh. psychr. m.LK	0.. 500 g/kg	FN A846	B47	P AH	gK
Taupunkt psychr. m. LK	-25.. 100°C	FN A846	B48	P DT	°C
Dampfdruck psychr. m. LK	0.. 1050 mbar	FN A846	B49	P VP	mb
Enthalpie psychr. m. LK	0.. 400 kJ/kg	FN A846	B57	P En	kJ
Differenz	(Mb1-Mb2)	beliebig	B71	Diff	f(Mb1)
Maximalwert	(Mb1)	beliebig	B72	Max	f(Mb1)
Minimalwert	(Mb1)	beliebig	B73	Min	f(Mb1)
Mittelwert über Zeit M(t)	(Mb1)	beliebig	B74	M(t)	f(Mb1)
Mittelwert über Messst.	(Mb2..Mb1)	beliebig	B75	M(n)	f(Mb1)
Summe über Messst.	(Mb2..Mb1)	beliebig	B76	S(n)	f(Mb1)
Gesamtpulszahl	(Mb1)	ZA 9909-AK2	B77	S(t)	

Bereich		Stecker	Befehl	Druck	Dim
Pulszahl/Druckzyklus	(Mb1)	ZA 9909-AK2	B78	S(P)	
Wärmeoeffizient *	$\dot{M}(q)/\dot{M}(M01-M00)$	ZA 9000-FS	B79	q/dt	Wm
Wet-Bulb-Globe-Temp. *	$0.1TT+0.7HT+0.2GT$	ZA 9000-FS	B02	WBGT	°C
Alarmwert	(Mb1)	beliebig	B80	Alrm	%
Messwert*	(Mb1)	beliebig	B81	Mess	f(Mb1)
Vergleichsstellentemperatur*		beliebig	B82	CJ	°C
Anzahl gemittelter Werte*	(Mb1)	beliebig	B83	n(t)	
Volumenstrom m ³ /h*	$\dot{M}(Mb1) * Q$	beliebig	B84	Flow	mh
Timer*	0..60000/6000,0 s	beliebig	B85	Time	s
Luftdruck im Gerät* (Option AP)	300..1100 mb	beliebig	B86	AP	mb

TK=Temperaturkompensation, LK=Luftdruckkompensation, b1/b2=Bezugskanäle

* Bereich je nach Gerätetyp und -version verfügbar

Kanal De-/Aktivieren	Befehl
Programmierten Messkanal deaktivieren	C00
Programmierten Messkanal wieder aktivieren	o00

6.3.4 Funktionskanäle

Um im Messprotokoll auf dem Drucker oder im Rechner nicht nur die aktuellen Messwerte der Messwertgeber ausgeben zu können, sondern auch Rechenergebnisse, wie Feuchtegrößen, Max-, Min-, Mittelwerte oder Differenzen von bestimmten Kanälen, wurde die Möglichkeit geschaffen, Messstellen mit solchen Rechenfunktionen zu programmieren.

Alle Programmierwerte wie Grenzwert, Basiswert, Faktor und Dimensionsänderung sind auf die Funktionskanäle ebenso anwendbar, wie Max-, Min- und Mittelwertbildung sowie Messwertspeicherung. Die Aktualisierung der Messwerte erfolgt bei jeder Messstellenabfrage. Dabei sollte man auf die Reihenfolge der Messkanäle achten, damit zuerst die Messwerte erfasst werden, aus denen eine Funktion berechnet wird.

Anwahl der Rechenfunktion

Die Rechenfunktion wird genau wie ein Messbereich in der Funktion BEREICH auf den 2ten (Mxx₂), 3ten (Mxx₃) oder 4ten (Mxx₄) Kanal eines Fühlersteckers programmiert. Die Verriegelung des 1. Kanals Mxx₁ muss dazu aufgehoben werden.

Bezugsmessstellen

Die Rechenfunktion bezieht sich standardmäßig auf den 1. Kanal des entsprechenden Fühlersteckers Mxx₁ (Bezugskanal b1). Die Berechnung der Differenz erfolgt zwischen dem 1. Kanal des Fühlersteckers (Bezugskanal b1) und der Messstelle M00 (Bezugskanal b2), bei Mittelwert und Summe über n Messstellen werden die Kanäle M00 bzw. Bezugskanal b2 bis Mxx₁ (Bezugskanal b1) berücksichtigt. Die Bestimmung der Wet-Bulb-Globe-Temperatur oder des Wärmeoeffizienten erfordert eine ganz bestimmte Fühlerkonfiguration (siehe Kapitel 3.2.4 und 3.3).

Die beiden Bezugskanäle Mb1 und Mb2 können aber auch explizit programmiert werden, und zwar entweder absolut auf einen Messkanal Mb1 oder relativ bezogen zum Rechenkanal (z.B. f1 E-01 bezieht sich auf den vorherigen Kanal):

Programmierung	Befehle
Zuerst Rechenkanal anwählen	Exx
Rechenfunktion programmieren	Bxx (Bezugskanäle Mxx ₁ , M00)
Bezugskanal 1 Mb1 absolut festlegen	f1 E b1
Bezugskanal 1 M-b1 relativ festlegen	f1 E-b1
Bezugskanal 1 Mb1 löschen	f1 E-00
Bezugskanal 2 Mb2 absolut festlegen	f2 E b2
Bezugskanal 2 M-b2 relativ festlegen	f2 E-b2
Bezugskanal 2 Mb2 löschen	f2 E-00

Fühlerprogrammierung

Über die Bezugsmessstelle Mb1 kann auch pH-Sensoren oder Staudruckaufnehmern ein Temperaturfühler zur Temperaturkompensation zugeordnet werden. Temperaturfühler bei pH: Ntc oder Pt100 mit 0,01°C, bei Staudruck: NiCr-Ni mit 0,1°C!

6.3.5 Dimensionsänderung

Als Dimension können zwei beliebige Groß- und Kleinbuchstaben, sowie die Sonderzeichen [,], %, Ω, °, -, =, ~ verwendet werden.

Programmierung	Befehle
Eingabekanal festlegen	Exx
Dimension 'xy' programmieren	f1 \$xy CR

Umrechnung von Dimensionen

°F	Durch Programmierung der Dimension °F wird eine Temperatur automatisch von °C in °F umgerechnet ($^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 9/5 + 32$).
K	Zur Umrechnung von °C in abs. Temperatur K ist ein Basiswert von -273.15 einzugeben.
FM	Zur Umrechnung einer Strömungsgeschwindigkeit von m/s mit 2 Dezimalstellen in Feet per Minute (FpM = $\text{m/s} \times 3.281 \times 60$) muss ein Faktor von 1.9686 mit Exponent +2 programmiert werden.
!C	Ausschalten der Vergleichsstellenkompensation bei Thermoelementen

6.3.6 Messstellenbezeichnung

Über die serielle Schnittstelle ist es möglich, eine Messstellenbezeichnung von 10 Zeichen zur Identifizierung der Kanäle einzugeben. Dieser Name erscheint im Programmkopf und bei Messstellenabfragen als Kommentar hinter der Messbereichsbezeichnung.

Eingabekanal mit Befehl Mxx oder Exx festlegen.

Funktion	Befehl
Messstellenbezeichnung eingeben	f2 \$z. B. Raum1 CR

Funktionskürzel

Es gibt ein paar Kürzel auf den ersten 2 Zeichen des Kommentars, die Sonderfunktionen des Fühlers bewirken. Diese müssen erhalten bleiben, die restlichen 8 Zeichen dürfen aber weiterhin frei verwendet werden:

*J	Definition eines Temperaturfühlers zur ext. Vergleichsstellenkompensation aller folgenden Thermoelemente (siehe Kapitel 6.7.3)
#J	Kennzeichnung eines Thermoelementes mit eigenem Temperaturfühler zur Vergleichsstellenkompensation über den Bezugskanal (siehe Kapitel 6.7.3)
#N	bewirkt bei einem Strömungssensor die Umrechnung auf Normbedingungen (siehe Kapitel 6.7.5)
*P	Definition eines Luftdrucksensors zur Luftdruckkompensation (siehe Kapitel 6.2.5)
*T	Definition eines Temperatursensors zur Temp.-kompensation (siehe Kapitel 6.2.5)
....!	Ein !-Zeichen am Ende weist auf einen Sonderstecker mit Linearisierung hin (siehe Kapitel 6.3.13).

6.3.7 Mittelungsmodus

Für jede Messstelle ist eine Mittelwertbildung über die Messwerte der Messstellenabfragen programmierbar. Je nach Programmierung ist die Mittelwertbildung über Einzelmessungen, über die gesamte Messzeit oder über den Zyklus möglich (siehe Kapitel 6.7.4). Um Mittelwerte auch speichern oder auf die Schnittstelle ausgegeben zu können, müssen entsprechende Funktionskanäle M(t) programmiert werden (siehe Kapitel 6.3.4). Wird nur der

Mittelwert anstelle des Messwertes benötigt, kann die Ausgabefunktion M(t) (siehe Kapitel 6.10.4) verwendet werden. Die Art der Mittelwertbildung wird über den Mittelungsmodus bestimmt:

Mittelwertbildung	Ausdruck	Befehl
keine Mittelwertbildung	- - -	m0
Mittelwert über Zeit oder Einzelmessungen	CONT	m1
Mittelwert über den Zyklus	CYCL	m2

6.3.8 Programmierwerte eingeben

Programmierwerte werden nach dem Befehlsbuchstaben entweder mit Dezimalpunkt und RETURN oder fünfstellig mit Vornull und Kommastellen ohne Dezimalpunkt eingegeben. Die Stellung des Dezimalpunktes ergibt sich letztlich aus dem Messbereich und evtl. einer Kommaverschiebung. Die Eingabe eines Vorzeichens ist nur bei negativen Programmierwerten nötig.

Beispiel:

Grenzwert Max.	+100,0 °C	H100 CR	oder	H01000
Faktor	1,035	F1.035 CR	oder	F10350

6.3.9 Grenzwerte

Zu jedem Messkanal sind zwei Grenzwerte (MAX und MIN) programmierbar. Das Überschreiten der Grenzwerte wird wie das Überschreiten der Messbereichsgrenzen und Fühlerbruch als Störung behandelt.

Zur Aktivierung einer Alarmschaltung kann ein dafür geeignetes Ausgangskabel ZA 1006-GK (siehe Kapitel 5.1.1.3) mit einem Halbleiterrelais oder der Relais-Adapter ZA 8006-RTA (siehe Kapitel 5.1.2.1) an die Ausgangsbuchse A2 angeschlossen werden. Das Alarmrelais wird geschlossen, wenn einer der Messkanäle gestört ist. Die Störung ist erst beendet, wenn alle Messwerte den Grenzwert um 10 Digit unterschritten haben (Hysteresis). Die Hysteresis ist bei Bedarf auch änderbar (siehe Kapitel 6.2.6). Eine selektive Zuordnung von Relais zu Grenzwerten ist in Kapitel 6.10.8 beschrieben.

Außerdem können von Grenzwertüberschreitungen Aktionen in der Ablaufsteuerung bewirkt werden (siehe Kapitel 6.3.3).

Funktion	Befehle	Antwort
Kanal festlegen	Exx	
Grenzwert Max (Hi)		
programmieren	H-xxxxx	
löschen	C08	
ausgeben	P08	GRENZW. MAX: 01: +0050.0 ° C
Grenzwert Min (Lo)		
programmieren	L-xxxxx	
löschen	C09	
ausgeben	P09	GRENZW. MIN: 01: +0010.0 ° C

6.3.10 Korrekturwerte

Jeder Messwert kann mit den Korrekturwerten NULLPUNKT und STEIGUNG zunächst in Nullpunkt und Steigung korrigiert und danach zusätzlich mit BASISWERT und FAKTOR skaliert werden. Der angezeigte Messwert errechnet sich damit folgendermaßen:

$$\text{Korrigierter Messwert} = (\text{Messwert} - \text{NULLPUNKT}) \times \text{STEIGUNG}$$

$$\text{Angezeigter Messwert} = (\text{Korrigierter Messwert} - \text{BASISWERT}) \times \text{FAKTOR}$$

Wenn keine Skalierung erforderlich ist, sind die Funktionen BASIS und FAKTOR auch zur Messwertkorrektur verwendbar (siehe Kapitel 6.3.11).

Auch Mehrpunktkalibrationen und Linearisierungen im Stecker sind möglich (siehe Kapitel 6.3.13).

Fühlerprogrammierung

Nullpunktabgleich

Physikalische Messgröße zu Null machen (z.B. Temperaturmessfühler im Eiswasser, Spannung kurzschließen oder Druckaufnehmer drucklos machen, etc.).

Der angezeigte Messwert ist als Nullpunktkorrekturwert zu programmieren. Dieser Vorgang lässt sich durch einen **Nullabgleich** des Messwertes automatisieren.

Die Prozedur Nullabgleich hat bei einigen Sensoren eine besondere Funktion:

Bei Staudruckströmungssensoren (Bereich L840 und L890 oder Dimension Pa) wird der Offsetwert als Eichoffset vor der Linearisierung eingetragen, aber nicht im EEPROM gespeichert, d.h. beim Ausschalten geht der Abgleich verloren.

Bei pH-Sonden (Dimension pH oder PH), Leitfähigkeits- und O₂-Sonden kann beim Eintauchen in die entsprechenden Kalibrierlösungen mit dem gleichen Befehl sowohl der Nullabgleich als auch ein automatischer Steigungsabgleich durchgeführt werden.

Steigungsabgleich

Physikalische Größe auf einen genau definierten Sollwert bringen (z.B. Temperaturfühler in kochendes Wasser, Kalibrierspannung anlegen etc.).

Istwert in der Funktion MESSWERT bestimmen.

Der Korrekturfaktor errechnet sich aus Sollwert/Istwert.

Funktion	Befehle	Antwort
Nullpunktabgleich	f1 C01	
Nullpunktkorrektur programmieren	f1 0-xxxxx	
Nullpunktkorrektur löschen	f1 C06	
Nullpunktkorrektur ausgeben	f1 P06	NULLPUNKT: 01: -0001.1 ° C
Steigungskorrektur programmieren	f1 F-xxxxx	
Steigungskorrektur löschen	f1 C07	
Steigungskorrektur ausgeben	f1 P07	STEIGUNG: 01: 1.0123

Bei einer Änderung des Messbereiches werden die Korrekturwerte gelöscht.

6.3.11 Bezugswert, Skalierung, Dezimalpunkteinstellung

Eine nützliche Funktion ist es, an bestimmten Orten oder zu bestimmten Zeiten den Messwert nullsetzen zu können, um dann nur die Abweichung von diesem Bezugswert zu beobachten.

Bei Transmittern mit Normausgang (z.B. 0/4-20 mA) sind zur Skalierung in der physikalischen Größe fast immer eine Nullpunktverschiebung und eine Multiplikation mit einem Faktor nötig, um die eigentliche Messgröße richtig anzuzeigen.

Angezeigter Wert = (korrigierter Messwert - BASISWERT) x FAKTOR (siehe Kapitel 6.3.10)

Der FAKTOR ist im Bereich -2.0000 bis +2.0000 programmierbar. Für Faktoren über 2.0 oder unter 0.2 ist eine entsprechende Kommaverschiebung durch Eingabe des EXPONENTEN vorzusehen.

Kommaverschiebung

Wenn Messwerte neu skaliert werden, ist außer der Korrektur mit dem FAKTOR häufig auch eine Kommaverschiebung nötig, um die Größen richtig zu dimensionieren. Hierzu kann der FAKTOR mit einem EXPONENTEN versehen werden, der das Komma soweit verschiebbar macht, wie es auf dem Display und Drucker darstellbar ist. Eine Exponentialdarstellung der Messwerte ist nicht möglich.

Kommaverschiebung um 1 Stelle nach rechts: EXPONENT = +1

Kommaverschiebung um 1 Stelle nach links: EXPONENT = -1

Ist der Messwert bereits serienmäßig mit einem Exponenten versehen, dann ist dieser zu berücksichtigen.

Beispiel:

An das Messgerät soll ein Temperaturtransmitter mit 4-20mA Ausgangssignal für den Bereich -100°C bis +400°C angeschlossen und die Temperatur angezeigt werden. Bei 4-20mA-Signalen verwendet man vorzugsweise den

Messbereich 'Prozent', der das Messsignal zunächst in Werte von 0.00 bis 100.00% umwandelt. Die DIMENSION wird gemäß Kapitel 6.3.5 auf '°C' geändert. Die Anpassung an die Temperatursollwerte geschieht durch Einstellung des Dezimalpunktes mit dem EXPONENT und Berechnung der Korrekturwerte BASISWERT und FAKTOR:

Istwerte: Anfang $A_I = 0,00 \%$ Ende $E_I = 100,00 \%$

Sollwerte: Anfang $A_S = -100,0 \text{ °C}$ Ende $E_S = +400,0 \text{ °C}$

Am besten korrigiert man zuerst den Dezimalpunkt entsprechend der gewünschten Auflösung. Die Istwerte haben in unserem Beispiel 2 Kommastellen, die Sollwerte nur eine, deshalb muss das Komma mit dem EXPONENT +1 um eine Stelle nach rechts geschoben werden.

Nach Dimensionsänderung und Kommaverschiebung ergeben sich neue Istwerte:

EXPONENT = +1 Dimension = °C

Istwerte: Anfang $A_I = 0,0 \text{ °C}$ Ende $E_I = 1000,0 \text{ °C}$

Jetzt kann man die Skalierwerte mit folgenden Formeln leicht berechnen:

$$\text{FAKTOR} = \frac{E_S - A_S}{E_I - A_I} = \frac{400,0\text{°C} - (-100,0\text{°C})}{1000,0\text{°C}} = 0,5000$$

$$\text{BASISWERT} = \frac{-A_S}{\text{FAKTOR}} + A_I = \frac{-(-100,0\text{°C})}{0,5} = 200,0 \text{ °C}$$

Ergibt sich ein Faktor von über 2.0, muss die Auflösung verringert werden, liegt er unter 0.2, könnte sie noch erhöht werden.

Wird der Basiswert inklusiv der Kommastellen größer als 65000, hilft entweder auch eine Verringerung der Auflösung, oder man setzt den FAKTOR als STEIGUNGSKORREKTUR (siehe Kapitel 6.3.10) ein.

Der BASISWERT verändert sich damit auf: $\text{BASISWERT} = A_I - A_S$

Funktion	Befehle	Antwort
Kanal festlegen	Exx	
Dimension ändern	Dx	
Kommaverschiebung		
1 Stelle nach rechts	V1	
2 Stellen nach links	V-2	
Basiswert		
Messwert nullsetzen	C01	
programmieren	0-xxxxx	
löschen	C06	
ausgeben	P06	BASISWERT: 01: -0001.1 ° C
Faktor		
programmieren	F-xxxxx	
löschen	C07	
ausgeben	P07	FAKTOR: 01: 1. 0123

Bei einer Änderung des Messbereiches werden die Skalierwerte auch gelöscht.

6.3.12 Fühlerverriegelung

Sollen die programmierten Werte vor ungewolltem Ändern geschützt werden, kann bei jedem Messkanal ein Verriegelungsmodus programmiert werden, der Funktionen bis zu einer bestimmten Verriegelungsstufe vor einer Umprogrammierung sichert.

Standardfühler sind ab Werk mit Stufe 5 versehen, d.h. Messbereich, Dimension, Korrekturwerte und Skalierung sind geschützt, nur die Grenzwerte können noch verändert werden. Mit Verriegelungsstufe 7 wären auch die Grenzwerte geschützt. Zum Ändern geschützter Funktionen muss der Verriegelungsmodus entsprechend verrin-

gert werden, zum Ändern des Messbereiches oder auch zum Programmieren eines Zusatzkanals muss die Verriegelung gelöscht, d.h. auf 0 gesetzt werden. Ist der Verriegelungsmodus mit einem Punkt versehen, dann ist eine Änderung nicht möglich.

Verriegelungsstufe	Verriegelte Funktionen
0	keine
1	Messbereich + Elementflags
2	Messbereich + Nullpunkt- und Steigungskorrektur
3	Messbereich + Dimension
4	+ Nullpunkt- und Steigungskorrektur
5	+ Basiswert, Faktor, Exponent
6	+ Analogausgang-Anfang-Ende + temp. Nullsetzen
7	+ Grenzwerte Max und Min

Im Verriegelungsmodus 5 ist bei neuen Geräten das Nullsetzen des Messwertes temporär möglich, d.h. nach dem Ausschalten des Gerätes erscheint wieder der ursprüngliche Messwert. Um das Nullsetzen gänzlich zu verhindern ist der Verriegelungsmodus 6 zu programmieren.

Funktionen	Befehle	Antwort
Kanal festlegen	Exx	
Verriegelungsstufe x programmieren	f1 kx	
abfragen	f1 P00	VERRIEGELUNG:4
oder	f1 P15	siehe Kapitel 6.10.1

6.3.13 Sondermessbereiche, Linearisierung, Mehrpunktkalibration

Mit Hilfe der ALMEMO® Stecker (Kennung E4) lassen sich folgende Aufgaben realisieren:

1. Bereitstellung von Sondermessbereichen mit Kennlinie im Stecker (siehe Kapitel 2.2)
2. Linearisierung von Spannungs-, Strom-, Widerstands- oder Frequenz-Signalen durch den Anwender.
3. Mehrpunktkalibration aller Fühler.

Mit der Option KL ist es möglich, Messsignale gemäß einer Kennlinie von bis zu 30 Stützwerten in entsprechende Anzeigewerte umzusetzen. Die Stützpunkte werden über die Software ALMEMO®-Control in das EEPROM des ALMEMO®-Steckers programmiert. Bei der Messung werden die Messwerte dazwischen linear interpoliert. Bei der Korrektur von nichtlinearen Fühlern (z.B. bei Pt100- oder Thermoelementfühlern) werden zunächst die ursprünglichen Kennlinien berücksichtigt und dann nur die Abweichungen linear interpoliert hinzugefügt.

Stecker mit einer Kennlinie können von allen ALMEMO®-Geräten ab 2390-5 serienmäßig verarbeitet werden (2390-5/8 ab V6.23, 2690 ab V6.21, Update möglich). Nur zum Programmieren der Kennlinien sind Geräte ab 2690-8 mit Option KL erforderlich. Zu beachten ist weiterhin, dass nur ALMEMO®-Stecker mit größerem EEPROM (Kennung E4) damit programmiert werden können.

Programmierung einer Mehrpunktkennlinie in den ALMEMO® Stecker:

Fühler an eine Eingangsbuchse, Datenkabel an Buchse A1 des Meßgerätes sowie an die COM-Schnittstelle des PC's anschließen. Im PC die Software ALMEMO-Control (ab V. 5.7) aufrufen.

In Menü 'Messstellen'-Liste gewünschten Kanal auswählen und 'Messstelle programmieren'. Unter 'Messstelle' findet man die Menüs '**Mehrpunktkalibration**' und '**Sonderlinearisierung**'. Beide Menüs sind fast gleich, die 'Sonderlinearisierung' erlaubt nur zusätzlich noch eine Dimensionsänderung und eine Kommaverschiebung.

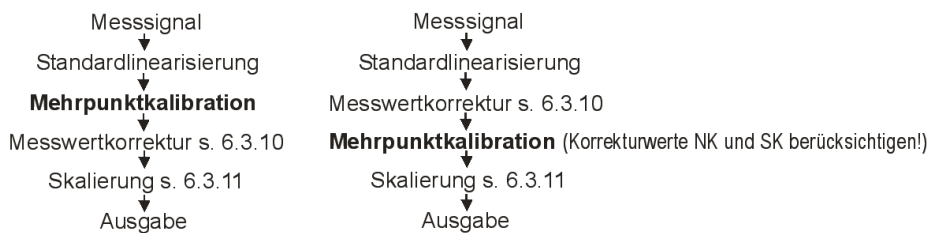
In jedem Fall erscheint eine Tabelle, in der man bis zu 35 Ist- und Sollwerte eintragen kann. Die Stützpunktzahl wird durch ein entsprechendes Eingabefeld oder durch Hinzufügen von Zeilen gewählt.

Pro Stecker kann nur 1 Kanal mit einer Kennlinie versehen werden.

Die anderen 3 Kanäle lassen sich normal verwenden.

Stützpunkt	Sollwert	Istwert
MB. Anfang	-50.00	-50.00
1.	0.00	0.17
2.	50.00	50.09
3.	100.00	99.94
MB. Ende	125.00	125.00

Messwertverarbeitung



Wurden Fühler bereits mit Nullpunkt oder Steigung korrigiert (z.B. DKD-Kalibration), dann können die Korrekturwerte durch Anklicken der Option '**Korrekturwerte Nullpunkt und Steigung berücksichtigen**' mit verwendet werden. Sollte zur Skalierung Basis oder Faktor programmiert sein, dann können sie in Nullpunkt oder Steigung verschoben werden, wenn diese noch nicht programmiert sind. Achtung, wenn das Komma der Istwerte nicht dem Meßbereich entspricht, dann muss die Kommaverschiebung bei der Eingabe berücksichtigt werden. Am besten ist es jedoch, die Kennlinie direkt aus nicht korrigierten Messwerten zu erstellen!

Die Option '**Mit Bereichsgrenzen**' im Menü 'Mehrpunktkalibration' sorgt für einen stufenlosen Übergang bis zu Meßbereichsanfang und -ende. '**Ohne Bereichsgrenzen**' steht nur der Meßbereich zwischen erstem und letztem Stützpunkt zur Verfügung. Außerhalb wird Meßbereichsüberschreitung signalisiert.

Mit Anklicken der Schaltfläche '**Programmieren**' wird die Linearisierungstabelle in das EEPROM des Fühlersteckers geschrieben.

Zum Einlesen der neuen Kennlinie muss entweder das Gerät aus- und wieder eingeschaltet oder der Stecker ab- und angesteckt werden.

Im **Schnittstellenprotokoll** des 'P15'-Befehls gibt es folgende Kennungen:

1. Geräte, die Sonderkennlinien verarbeiten können, zeigen in der Überschrift der Fühlerprogrammierung hinter 'KOMMENTAR' ein ' '.
2. Geräte mit Option KL, die Sonderkennlinien in Stecker schreiben können, zeigen an der gleichen Stelle ein '!'.
3. Alle Fühlerkanäle, die mit Sonderkennlinien programmiert sind, zeigen an der 10. Stelle des Kommentars ein '!'. Diese Kennung kann durch Programmierung des Kommentars nicht beeinflusst werden.

Fühlerprogrammierung

AMR ALMEMO 2690-8

1. MS	BER.	GW-MAX	GW-MIN	BASIS	D	FAKTOR	EXP	MITTEL	KOMMENTAR.
2. MS	BER.	GW-MAX	GW-MIN	BASIS	D	FAKTOR	EXP	MITTEL	KOMMENTAR!
3. 00:	NiCr	---	---	---	°C	---	E+0	---	Temperatu!

Wird ein Kanal mit Kennlinie deaktiviert oder mit einem anderen Bereich programmiert, dann ist die Kennlinie später wieder aktivierbar, indem man den Sonderbereich 'Lin' per Tastatur oder mit dem Befehl 'B99' wiederherstellt.

6.4 Messwerte erfassen

ALMEMO® Geräte bieten folgende Möglichkeiten der Messwernerfassung:

Kontinuierliche Messstellenabfrage aller Messstellen mit einstellbarer Wandlungsrate mit Ausgabe der Messwerte auf Anzeige und Analogausgang, sowie Grenzwertüberwachung und Spitzenwertspeicherung.

Einmalige (manuelle), zyklische oder kontinuierliche Messwertausgabe in den Gerätespeicher (Option), an einen Drucker oder Rechner.

6.4.1 Anwahl einer Messstelle

Mit dem Befehl Mxx schaltet das Gerät den Kanal Mxx auf den Messkreis. Die Messstelle kann programmiert oder die laufenden und gespeicherten Messwerte abgefragt werden. Der Messwert wird laufend an einen evtl. angesteckten Analogausgang ausgegeben. Nach einer Messstellenabfrage aller Kanäle wird diese Messstelle automatisch wieder angewählt.

Befehl	Befehl	Antwort
Messstelle 2 anwählen	M02	M02

6.4.2 Messwerte

Die Messwerte eines jeden Kanals sind auch einzeln abrufbar. Durch Übertragung des Messwertes in den BASISWERT (siehe Kapitel 6.3.11) oder die NULLPUNKTKORREKTUR (siehe Kapitel 6.3.10) lässt sich der Messwert der angewählten Messstelle auf null setzen.

Mit Hilfe eines programmierbaren Sollwertes ist auch die Steigung justierbar. Beim Abgleich wird der Korrekturfaktor berechnet und als FAKTOR im Stecker gespeichert.

Funktion	Befehl	Antwort
Messwert vom Messkanal ausgeben	p	01:+0023.5 °C
Messwert vom Eingabekanal ausgeben	P01	12:34:00 01:+0023.5 °C
Messwert nullsetzen (Basiswert)	C01	
Messwert abgleichen (Nullpunktkorrektur, bei pH, LF, O2 auch Steigungskorrektur)	f1 C01	
Kalibrierwiderstand ein-(aus)schalten	o(-) 01	(siehe 3.8.2)
Sollwert eingeben	f2 gxxxxx	
Sollwert abgleichen	f2 C01	
Sollwert ausgeben	P45	SOLLWERT: 01: 5.000 br

6.4.3 Spitzenwerte

Aus den Messwerten jeder angewählten Messstelle wird laufend der höchste und der niedrigste Wert bestimmt und abgespeichert. Die Maximal- und Minimalwerte eines jeden Kanals lassen sich einzeln oder alle als Liste ausgeben und löschen. Bei jeder Änderung des Messbereichs und, falls konfiguriert, beim Start einer Messstellenabfrage (siehe Kapitel 6.10.13) werden die Spitzenwerte ebenfalls gelöscht.

Auch Uhrzeit und Datum der Spitzenwerte werden erfasst und ausgegeben.

Funktion		Befehle	Antwort
MAXWERT	ausgeben	P02	MAXIMALWERT: 01: +0020.0 °C
	löschen	C02	
MAXZEIT/DATUM	ausgeben	P28	MAX-ZEIT: 01: 12:34 01.02.
MINWERT	ausgeben	P03	MINIMALWERT: 01: -0010.0 °C
	löschen	C03	
MINZEIT/DATUM	ausgeben	P29	MIN-ZEIT: 01: 12:34 01.02.

6.4.4 Messwertliste ausgeben

Die aktuellen Mess-, Max-, Min- und Mittelwerte mit der Anzahl der gemittelten Werte aller aktiven Messkanäle lassen sich gemeinsam abrufen und löschen:

Funktion	Befehle	Antwort
Messwertliste	P18	MS MESSWERT MAXWERT MINWERT MITTELW ANZAHL 00: +0012.0 +0045.1 +0009.0 - - - 00000 01: +0023.0 +0025.0 +0019.0 +0022.1 00025
Alle Messwerte löschen	C18	

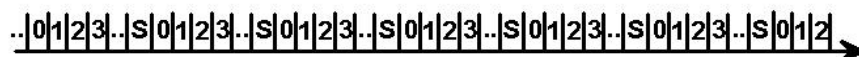
Alle Messwerte können auch automatisch bei jedem Start einer Messstellenabfrage gelöscht werden (siehe Kapitel 6.10.13.1).

6.5 Messstellenabfrage und Messwertausgabe

Prinzipiell gibt es drei verschiedene Arten der Messstellenabfrage:

Kontinuierliche Messstellenabfrage

Bei der kontinuierlichen Messstellenabfrage werden alle Messstellen durch Umschaltung der Halbleiterrelais gleichmäßig mit der Wandlungsrate erfasst, Max-Min-Mittelwerte gebildet und die Grenzwerte überwacht. Nach jedem Umlauf wird eine Sondermessung S für Nullpunktgleichheit, Vergleichsstellentemperatur, Messstrom-Kalibration oder Versorgungsspannungsmessung eingeschoben.



Vorteil dieser Abfrage ist die schnelle und gleichmäßige Erfassung aller Messstellen. Nachteil wird bei vielen Messkanälen u.U. die geringe Aktualisierungsrate der angewählten Messstelle. Deshalb wurde die halbkontinuierliche Abfrage eingeführt.

Halbkontinuierliche Messstellenabfrage

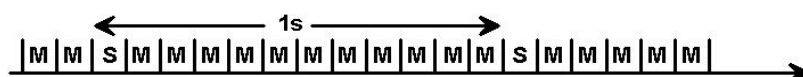
Bei der halbkontinuierlichen Abfrage (Einstellung 'nicht kontinuierlich') werden auch alle Messstellen laufend abgefragt, aber die angewählte Messstelle M wird bevorzugt und jede 2. Messung wieder erfasst. Bei Mittelwertbildung, Dämpfung oder Analogausgabe wird damit für diesen Kanal eine konstante Messrate von der halben Wandlungsrate erreicht. Die Sondermessung S wird durchgeführt, wenn der Abfragekanal X und die angewählte Messstelle M zusammenfallen.

M = 0



Sonderfall nur 1 aktive Messstelle

Ist nur eine Messstelle aktiv, dann wird die Sondermessung nur ca. einmal in der Sekunde durchgeführt und der Messwert extrapoliert. Dadurch wird praktisch die volle Messrate erreicht.



Grundeinstellung

Ab Werk oder nach einem Reset ist bei kleinen ALMEMO®-Geräten (weniger als 5 Buchsen) die halbkontinuierliche, bei den größeren die kontinuierliche Messstellenabfrage eingestellt.

6.5.1 Messwertausgabe/-speicherung

Zur Datenerfassung über die Schnittstelle oder in den Gerätespeicher dient in erster Linie der Zyklus. Aber für eine hohe Aufzeichnungsgeschwindigkeit kann auch die Wandlungsrate selbst verwendet werden.

Für Wandlungsrate und Zyklus kann getrennt festgelegt werden, ob die Messwerte auf die Schnittstelle ausgegeben oder bei Datenloggern auch gespeichert werden sollen. Dazu dienen die Parameter **Speicheraktivierung S** beim **Zyklus** (siehe Kapitel 6.5.2) und die **Softwareschalter C, S, U** (Kontinuierlich, Speicher, Schnittstelle) bei der **Wandlungsrate** (siehe Kapitel 6.5.4).

Mit dem **Ausgabeformat** wird das Druckbild für einen Drucker oder ein Tabellenformat zum Einlesen in Tabellenkalkulationen gewählt.

6.5.1.1 Einmalige Ausgabe / Speicherung aller Messstellen

Um Betriebszustände zu bestimmten unregelmäßigen Zeitpunkten zu erfassen, sind einmalige Messwertausgaben

Messstellenabfrage und Messwertausgabe

durchzuführen. Diese können über Tastatur, Schnittstelle oder externe Triggerung ausgelöst werden (siehe Kapitel 6.6). Auch rechnergesteuerte Abfragen mit eigener Ablaufsteuerung, vor allem in einem Netzwerk, verwenden die einmalige Messwertausgabe. Für die Schnittstellenbedienung steht ein eigener Befehl zur Verfügung, bei Tastengeräten meist die Taste MANUELL.

Funktion	Einmalige Messwertausgabe
Befehl	S1 oder s
Ausgabe	DATUM: 01. 02. 06 12:34:00 01: +0008. 9 °C NiCr Wasser. 02: +0023. 4 °C NiCr Luft

Ist ein Schnittstellenkabel angeschlossen, dann werden die Messwerte generell im gewählten Ausgabeformat ausgegeben. Sollen die Messwerte gespeichert werden, ist die Speicheraktivierung im Zyklus einzuschalten.

6.5.1.2 Zyklische Ausgabe / Speicherung aller Messstellen

Zur zyklischen Messwertausgabe dient der Zyklus (siehe Kapitel 6.5.2). Er ermöglicht die Ausgabe der Messwerte auf die Schnittstelle und in den Speicher, sowie eine zyklische Max-, Min-, Mittelwertberechnung und Ausgabe.

Ablaufdiagramm und Programmierung siehe Kapitel 6.5.1.3.

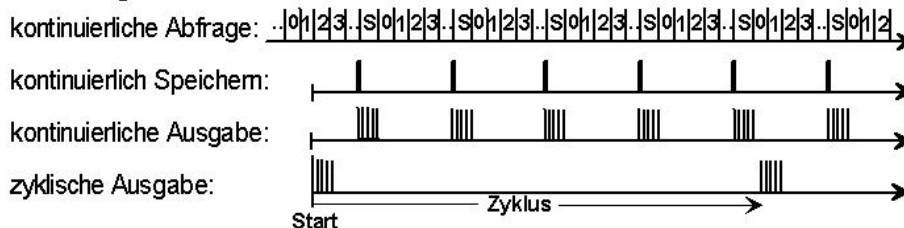
Funktion	Start zyklische Messwertausgabe
Befehl	S2
Ausgabe	DATUM: 01. 02. 06 12:34:00 01: +0008. 9 °C NiCr Wasser. 02: +0023. 4 °C NiCr Luft 12:44:00 01: +0009. 5 °C NiCr Wasser. 02: +0022. 1 °C NiCr Luft

6.5.1.3 Kontinuierliche Messwertausgabe / -speicherung

Die kontinuierliche Messstellenabfrage (siehe Kapitel 6.5) mit der Wandlungsrate (siehe Kapitel 6.5.4) ermöglicht gleichzeitig die Ausgabe und/oder Speicherung aller Messwerte. Ist nur ein Messkanal aktiv, so kann dieser mit der vollen Wandlungsrate gespeichert oder ausgegeben werden. Ansonsten muss zur Bestimmung der Messrate pro Messstelle berücksichtigt werden, dass nach jeder Messstellenabfrage eine Sondermessung eingeschoben wird:

$$\text{Messrate/Kanal} = \text{Wandlungsrate} / \text{Kanalzahl} + 1$$

Ablaufdiagramm:



Kontinuierliche Messwertausgabe	WR	Zyklus	AK
Abfrage kontinuierlich, Ausgabe zyklisch	C---	hh:mm:ss	U
dto. und Speichern zyklisch	C---	hh:mm:ss	S
Messstellenabfrage halbkontinuierlich	----	00:00:00	U
Messstellenabfrage kontinuierlich	C---	00:00:00	U
Ausgabe kontinuierlich	C-U	00:00:00	U
Speichern kontinuierlich	C-S-	00:00:00	U
Speichern u. Ausgabe kontinuierlich	C-SU	00:00:00	U
Speichern kontinuierlich, Ausgabe im Zyklus	C-S-	hh:mm:ss	U

Funktion Start kontinuierliche Messwertausgabe
Befehl S2
Ausgabe DATUM: 01. 02. 04
 12:34:01.00 01: +0008.9 ° C NiCr
 12:34:01.10 01: +0008.7 ° C NiCr
 12:34:01.20 01: +0008.5 ° C NiCr

Bei kontinuierlichen Ausgaben erhöht sich die Zeitauflösung auf 0.01s (siehe Kapitel 6.6.1).

6.5.2 Druckzyklus

Der Zyklus ermöglicht mit Hilfe des Zyklustimers zyklische Ausgaben der Messwerte auf die Schnittstelle. Die Zykluszeit kann zwischen 1 s und 59 h, 59 min und 59 s liegen. Der Zyklustimer zählt die Zeit herunter und fängt bei null wieder vorne an. Dauert die Messstellenabfrage länger als die Zykluszeit, dann fällt die entsprechende Abfrage aus.

Zyklus	Befehle	Antwort
programmieren	Zhmmss	
mit Speicheraktivierung	I+hhmmss	
ohne Speicheraktivierung	I-hhmmss	
Speicheraktivierung einschalten	f1 A4	
Speicheraktivierung ausschalten	f1 A-4	
stoppen und löschen	C11	
ausgeben	P11	DRUCKZYKLUS: 00:01:30
Zyklustimer ausgeben	f1 P11	DRUCKTIMER: 00:01:23
Sleepmode (aus) -einschalten	o (-) 11	

6.5.3 Messzyklus

Der Messzyklus wurde praktisch durch die kontinuierliche Messung ersetzt und wird in den heutigen Geräten nicht mehr unterstützt.

6.5.4 Wandlungsrate

Mit der Wandlungsrate und 3 Softwareschaltern für kontinuierlich scannen, speichern und ausgeben ist die kontinuierliche Messstellenabfrage konfigurierbar. Die Einstellung ist über die Gesamtprogrammierung (siehe Kapitel 6.2.2) abrufbar.

Funktion	Kennung	Befehle			
Wandlungsrate 2.5 M/s, Schalter CSU aus	003	f5	k0		
Wandlungsrate 10 M/s	010	f5	k1		
Wandlungsrate 50 M/s (je nach Typ)	050	f5	k7		
Wandlungsrate 100 M/s (je nach Typ)	100	f5	k8		
Wandlungsrate 400 M/s (je nach Typ, Option)	400	f5	k9		
		Ein		Aus	
Kontinuierlich Abfrage	C	f5	k2	f5	k-2
Kontinuierlich speichern	S	f5	k4	f5	k-4
Kontinuierlich ausgeben	U	f5	k5	f5	k-5

Wandlungsraten über 10 Messungen pro Sekunde

Die größeren Messgeräte ab ALMEMO® 2690-8 sind serienmäßig mit einem schnellen Messmodul ausgestattet, das höhere Wandlungsraten von 50 und 100 M/s erlaubt. Dabei ist zu beachten, dass mit steigender Messrate die Messqualität abnimmt, während sie mit niedriger am höchsten ist.

Einschränkungen:

Bei einer Wandlungsrate von über 10 Messungen/Sekunde sind durch die verkürzten Auswertezeiten folgende Einschränkungen zu beachten:

Messstellenabfrage und Messwertausgabe

1. Eine Netzbrummunterdrückung ist prinzipiell nicht mehr möglich, sodass die Genauigkeit durch Einstrahlungen in die Anschlussleitungen beeinträchtigt werden kann (möglichst verdrillen!).
2. Die Fühlerbruchererkennung ist teilweise nicht mehr gewährleistet.
3. 100 M/s lassen sich mit V6-Geräten nur mit einer SD-Card aufzeichnen.

Datenübertragung an einen Rechner mit Terminal (z.B. ALMEMO-Control):

Einstellung am ALMEMO® Gerät: z.B. Wandlungsrate 50, kontinuierlich scannen und ausgeben.

Bei der Wandlungsrate von 50 M/s mit kontinuierlicher Ausgabe können bei laufender Messung die Messwerte in eine Datei geschrieben werden (z.B. im Tabellenformat); die Datei kann dann nach der Messung ausgewertet werden (z.B. in EXCEL).

Mit der Messwerterfassungssoftware WIN-Control:

Einstellung am ALMEMO® Gerät: Wandlungsrate 50, kontinuierlich scannen

Einstellung in der WIN-Control: Messzyklus 00:00, schnelle Datenübertragung

Bei der Wandlungsrate von 50 M/s mit der Einstellung 'kontinuierlich' werden bei der Online-Messung mit der WIN-Control die Messwerte ununterbrochen abgeholt. Die WIN-Control erreicht bei einem Gerät (je nach Rechner-Hardware und Baudrate) ca. 40 bis 50 Abfragen pro Sekunde, relativ unabhängig von der Anzahl der Messstellen. D.h. bei **einer** Messstelle werden evtl. nur 15 Messwerte, bei 6 Messstellen jedoch schon ca. 90 Messwerte pro Sekunde erfasst.

6.5.5 Ausgabeform einstellen

Bei einer Messstellenabfrage können die Messwerte auf die Schnittstelle in drei verschiedenen Formaten ausgegeben werden. Der Befehl Nx wählt die Darstellungsweise untereinander, nebeneinander oder Tabellenformat (siehe Kapitel 6.6.1). Das Kürzel für die Ausgabeform erscheint im Programmierungskopf nach dem Druckzyklus. Im Tabellenformat abgespeicherte Dateien können von den üblichen Tabellenkalkulationsprogrammen direkt eingelesen werden (Feldtrennung mit Semicolon, Komma als Dezimalzeichen).

Ausgabeform	Kürzel	Befehl
Messwerte untereinander als Liste	U	N0
Messwerte nebeneinander in Kolonnenform	Un	N1
Messwerte im Tabellenformat	Ut	N2

6.6 Starten und Stoppen der Messung

Messungen mit zyklischen Messstellenabfragen können je nach Anwendung auf viele verschiedene Arten gestartet und gestoppt werden. Zunächst sind dafür die Tasten START/STOP vorgesehen. Zur automatischen Bedienung kann die serielle Schnittstelle, die Echtzeituhr mit Start- und Endezeit bzw. Messdauer oder die Grenzwertüberschreitung eines Messkanals dienen. Aber auch externe elektrische Signale lassen sich als Auslöser einsetzen. Alle Methoden sind alternativ einsetzbar.

6.6.1 Über Schnittstelle, Ausgabeprotokolle

In Abhängigkeit vom gewählten Ausgabeformat (siehe Kapitel 6.5.5) ergeben sich bei den verschiedenen Messstellenabfragen folgende Ausgabeprotokolle:

Einmalige Ausgabe aller aktiven Messstellen:

S1	12:34:00	01: +0008.9 °C NiCr Wasser. (. für Manuell)
		02: +0023.4 °C NiCr Luft

Start einer zyklischen Ausgabe ohne Ausgabe des Kopfes:

S2	DATUM:	01.02.17
	12:34:00	01: +0008.8 °C NiCr Wasser
		06: +0025.0 °C NiCr Luft
	12:44:00	01: +0021.0 °C NiCr Wasser
Fühlerbruch		06: - - - °C NiCr Luft

Start einer zyklischen Ausgabe mit Ausgabe des Kopfes:

S3	ALMEMO 8590-9
Programmierung	{S1} MS BER. GW-MAX GW-MIN BASIS D FAKTOR EXP MITTEL KOMMENTAR
	01:Ntc +035.00 - - - - - °C 1.0350 E+0 - - - T Aussen
	02:NiCr - - - +0018.0 - - - °C - - - E+0 - - - T Innen
	10:° o H - - - - - %H - - - E+0 - - - Feuchte
Zyklen	{DC2} MESSZYKLUS: 00:00:00 S S0500.3 F0118.5 AR W010 C-SU
	DRUCKZYKLUS: 00:01:30 U 9600 bd
Anfang/Ende	ANFANGSZEIT: 10:30:00
wenn programmiert	ENDEZEIT: 18:30:00
	ENDEDATUM: 15.01.98
Nummer	NUMMER: 12-001
Datum	DATUM: 01.02.94
	{S1} = 0FH = Schmalschrift, {DC2} = 12H = Normalschrift (für Drucker)

1. Listenformat untereinander:

Zyklisch	10:30:00	01: +025.31 °C Ntc T Aussen
		02: +0016.8 °C NiCr T Innen
		10: +0039.5 %H ° o H Feuchte
Kontinuierlich	10:31:30.10	01: +025.31 °C Ntc T Aussen
1 Kanal	10:31:30.20	01: +025.47 °C Ntc T Aussen
Auflösung 0,01 s	10:31:30.30	01: +025.87 °C Ntc T Aussen

2. Spaltenformat nebeneinander:

{S1}	10:31:30	01: +025.31°C	02: +0016.8°C	10: +0039.5 %H	{DC2}
------	----------	---------------	---------------	----------------	-------

Starten und Stoppen der Messung

3. Tabellenformat:

Kopf	"ALMEMO";"BEREICH:";"Ntc ":"NiCr";;"° o H" "5690-2";"KOMMENTAR:";"T Aussen";"T Innen";;"Feuchte" ;"GW-MAX:"";35, ;"GW-MIN:"";18,
Überschrift	"DATUM:";"ZEIT:"";M01: °C";"M02: °C";;"M10 %H"
Messwerte	"12.03.16";"10:31:30";+25,31;+16,8;;39,5
Kontinuierlich	"01.10.16";"10:31:30.10";25.8
Auflösung 0.01 s	"01.10.16";"10:31:30.20";25.9 "01.10.16";"10:31:30.30";26.1

Einmalige Abfrage ohne Rückgabe von Zeit und Datum:

s ;:26.1;+16,8;;39,5

Ende der zyklischen Ausgabe:

Befehl: X

6.6.2 Anfangs-Endezeit, Messdauer

Eine Messreihe kann zu bestimmten Zeitpunkten selbsttätig gestartet und/oder gestoppt werden. Dazu ist Anfangszeit und -datum, sowie Endezeit und -datum programmierbar. Ist kein Datum festgelegt, so wird die Messung jeden Tag im eingestellten Zeitraum durchgeführt. Alternativ kann die Messung nach einer bestimmten Messdauer automatisch beendet werden.

Die Uhrzeit muss bereits programmiert und gestartet sein.

	Befehle	Antwort
Anfangszeit		
programmieren	f1 Uhhmmss	
löschen	f1 C10	
ausgeben	f1 P10	ANFANGSZEIT: 12:34:00
Endezeit		
programmieren	f2 Uhhmmss	
löschen	f2 C10	
ausgeben	f2 P10	ENDEZEIT: 12:34:00
Anfangsdatum		
programmieren	f1 dttmmjj	
löschen	f1 C13	
ausgeben	f1 P13	ANFANGSDATUM:01.02.19
Endedatum		
programmieren	f2 dttmmjj	
löschen	f2 C13	
ausgeben	f2 P13	ENEDATUM: 01.02.19
Messdauer		
programmieren	f2 Ihmmss	
ausgeben	P47	MESSDAUER: 02:00:00

6.6.3 Grenzwertaktionen

Eine weitere Möglichkeit, eine Messwertaufnahme automatisch zu starten oder zu stoppen, ist das Triggern durch Grenzwertüberschreitungen. Auf diese Weise lassen sich uninteressante Messwerte weitgehend unterdrücken. Mit Hilfe von Makros (siehe Kapitel 6.6.5) sind aber auch komplexe Ablaufsteuerungen realisierbar. Die Grenzwerte sind gemäß Punkt 6.3.9 zu programmieren.

Funktion	Befehl	Code
Kanal anwählen	Exx	
Aktionen bei Überschreitung eines Grenzwert Max		
START einer Messung	h1	S-
STOP einer Messung	h2	E-
Einzelmessung MANUELL	h3	M-
Nullsetzen des 0.1s-Timers	h4	Z-
Makro 5..9 aufrufen	h5..9	5-..9-
Löschen von Aktion und Relaiszuordnung	h0	--
Aktionen bei Überschreitung eines Grenzwert Min		
START einer Messung	l1	S-
STOP einer Messung	l2	E-
Einzelmessung MANUELL	l3	M-
Nullsetzen des 0.1s-Timers	l4	Z-
Makro 5..9 aufrufen	l5..9	5-..9-
Löschen von Aktion und Relaiszuordnung	l0	--

In der Fühlerprogrammierung (siehe Kapitel 6.10.1) erscheint ein zusammengesetzter Code für Aktion und Alarmrelaiszuordnung (siehe Kapitel 6.10.8) bei Grenzw. Max (AH) und Min (AL).

6.6.4 Externe Triggerung

Im ALMEMO® Zubehör gibt es reine Triggerkabel (ZA 1006-EK2/ET) zum abwechselnden Starten und Stoppen der Messung. Die kombinierten Ein-/Ausgangskabel (ZA 1006-EKG/ETG) ermöglichen zusätzlich Alarmmeldungen.

Als Triggerfunktionen können auch Makros programmiert werden (siehe Kapitel 6.6.5). Eine selektive Programmierung der Triggerfunktion und der Relaisfunktion ist möglich (siehe Kapitel 6.10.9). Das Triggermodul wird normalerweise an die Ausgangsbuchse A2 des ALMEMO®-Gerätes angesteckt.

Folgende Triggerfunktionen sind programmierbar (siehe Kapitel 6.10.9):

- Einmalige Messstellenabfrage
- Max-Min-Werte löschen
- Funktion drucken
- Messwert nullsetzen
- Makro aufrufen

6.6.5 Makros

In diesem Kapitel wird deutlich, dass nahezu alle Funktionen der ALMEMO® Messgeräte mit Schnittstellenbefehlen erreichbar sind. Es kann sehr nützlich sein, wenn bei bestimmten Ereignissen, die ein Triggersignal auslösen oder bei Grenzwertüberschreitungen, eine Reihe von Funktionen automatisch ausgeführt werden könnten, so kann beispielsweise der Zyklus oder die Messrate geändert, die kontinuierliche Speicherung eingeschaltet oder auch verschiedene Analogwerte auf den Analogausgang ausgegeben werden.

Für diese Zwecke kann eine Reihe von Befehlen mit bis zu 30 Zeichen als Makro im Gerät abgespeichert werden, insgesamt 5 Makros (Kennzahlen 5 bis 9). Die Befehle hintereinander (auch führende fx-Befehle) müssen durch den senkrechten Strich '|' (AltGr <) voneinander getrennt werden. Ein Verlängern eines Makros über die 30 Zeichen hinaus ist möglich, wenn man am Ende eines Makros ein weiteres aufruft (m-5..-9).

In Makro 5 V24-Befehl xxx eingeben (<30Z)	f-5 \$xxx CR
In Makro 6 V24-Befehle xx und yyyy eingeben (<30Z)	f-6 \$xx yyyy CR
In Makro 7..9 V24-Befehle xx und zzz eingeben (<30Z)	f-7..-9 \$xx zzz CR
Makro 5..9 ausgeben	f-5..-9 P20
Makro 5..9 als Triggerfunktion von Port xx setzen (A2: xx=28)	ixx f9 k-5..-9
Makro 5..9 einem Grenzwert Max. zuordnen:	h5..9
Makro 5..9 einem Grenzwert Min. zuordnen:	l5..9
Makro 5..9 über Schnittstelle aufrufen	m-5..-9

Durch den Timer-Messkanal können sogar zeitliche Abläufe realisiert werden.

Starten und Stoppen der Messung

Beispiel 1: Bei einer Grenzwertüberschreitung soll der Zyklus auf 5 Sekunden reduziert werden. Wird der Grenzwert wieder unterschritten, soll ein normaler Zyklus von 10 Minuten laufen.

Arbeitsschritte:

Messkanal anwählen z.B. M1:	M01
Grenzwert Max. auf z.B. 70°C programmieren:	H70 CR
Grenzwert Min. auf z.B. 70°C programmieren:	L70 CR
Makro 5 auf Zyklus 5 s programmieren:	f-5 \$Z000005 CR
Makro 6 auf Zyklus 10 Min programmieren:	f-6 \$Z001000 CR
Makro 5 kontrollieren:	f-5 P20
Antwort:	Z000005
Dem Grenzwert Max. das Makro1 zuordnen:	h5
Dem Grenzwert Min. das Makro2 zuordnen:	l6
Zyklus starten:	S2

Beispiel 2: Bei einer Grenzwertüberschreitung sollen für 20 Sekunden die Messwerte mit der Messrate kontinuierlich gespeichert werden.

Arbeitsschritte:

Virtuellen Kanal z.B. M5 (2690-8) anwählen:	M05
Timer programmieren:	B85
Grenzwert Max. des Timers auf 20 setzen:	H20 CR
Messkanal anwählen z.B. M1:	M01
Grenzwert Max. auf z.B. 70°C programmieren:	H70 CR
Makro 5 programmieren:	f-5 \$
Timer nullsetzen:	f3 001
kontinuierlich speichern:	f5 k4 CR
Makro 6 programmieren:	f-6 \$
kontinuierlich speichern aus:	f5 k-4 CR
Grenzw-Max. von M1 das Makro5 zuordnen:	M01 h5
Grenzw-Max. von M5 das Makro6 zuordnen:	M05 h6
Messung starten:	S2

Beispiel 3: Bei jedem Triggersignal soll der Speicher ausgegeben und dann gelöscht werden:

Makro 7: Speicher ausgeben, löschen	f-7 \$P04 C04 CR
Dem Triggersignal von Port xx Makro7 zuordnen:	ixx f9 k-7

6.7 Messfunktionen bei Messstellenabfragen

Es gibt einige Messaufgaben und spezielle Messbereiche, die zyklische Messstellenabfragen und definierte Fühleranordnungen erfordern.

6.7.1 Impulsmessung, Summenbildung

Zur Impulsmessung gibt es im ALMEMO® Steckerprogramm das Frequenzmessmodul ZA 9909-AK2U, das im Fühlerstecker mit einem eigenen kleinen Mikrocontroller die Impulse zählt (siehe Kapitel 4.6.1.2). Das Kabel ZA 9909-AK1U zur Frequenzmessung und das Kabel ZA 9909-AK2U zur Impulsmessung unterscheiden sich nur durch die Programmierung **FREQ** oder **PULS**.

Die Impulsmessung im Messbereich **PULS** ist für Signale mit niedriger Wiederholrate gedacht, die in einem längeren Zeitraum erfasst werden sollen. Das Frequenzmodul wird nur bei allen Messwertausgaben (manuell, zyklisch oder auch kontinuierlich) abgefragt und nullgesetzt. In der Anzeige erscheint die Impulszahl also erst nach der Abfrage. Programmiert man einen Messzyklus von 1 Minute, dann wird jede Minute die Anzahl der Impulse/Minute angezeigt.

Zur Erfassung der Gesamtpulszahl oder der Impulse in zyklischen Zeiträumen gibt es die Funktionskanäle Summe über Gesamtpulszahl **S(t)** und Summe über Pulszahl/ Druckzyklus **S(P)** (siehe Kapitel 6.3.4). Diese Summen werden bei jedem Start auf null gesetzt oder mit dem Befehl Messwert nullsetzen gelöscht.

Funktion	Befehle
Messkanal festlegen	Mxx
Messwert vom Messkanal nullsetzen	C01
Einmalige Messstellenabfrage und alle Summen nullsetzen	f1 s

6.7.2 Luftdruckkompensation

Die Berechnung des Partialdampfdrucks beim Psychrometer, die Feuchtegrößen Mischungsverhältnis und Enthalpie, der Staudruck, sowie die O₂-Sättigung hängen generell vom Luftdruck **SP** ab. Zur Kompensation ist der Luftdruck entweder programmierbar (siehe Kapitel 6.2.5) oder kann automatisch mit einem Luftdrucksensor (Z.B. FD A612-SA) gemessen werden. Dieser wird als Referenz definiert, indem man die ersten 2 Zeichen des Kommentars auf **'*P'** programmiert (siehe Kapitel 6.3.6). Wird der Referenzsensor abgezogen, wird automatisch wieder der Normwert 1013 mbar eingesetzt.

Funktion:	Befehl
Luftdrucksensor als Referenz definieren	f2 \$*P CR

6.7.3 Vergleichsstellentemperaturmessung mit externem Fühler

Bei bestehenden Messsystemen mit Thermoelementen sind die Ausgleichsleitungen häufig bereits auf eine isotherme Vergleichsstellenschiene zusammengeführt, um von dort mit Kupferleitungen bis zum Messgerät zu gelangen. Auf diese Weise lassen sich die Kosten der teuren Thermoleitungen begrenzen. Zur Erfassung der Vergleichsstellentemperatur kann ein externer Pt100-Fühler mit Bereich **'P204'** oder ein NTC verwendet werden. Er muss jeweils vor den Thermoelementen angeordnet und mit dem Kommentar **'*J'** (siehe Kapitel 6.3.6) auf den ersten 2 Zeichen programmiert werden. Es können auch mehrere Vergleichsstellenfühler eingesetzt werden. Die Kupferleitungen der Thermoelemente ab Vergleichsstelle sind über normale Kupferstecker (ZA 9000-FS) am Messgerät anzuschließen.

Konstante Vergleichsstellentemperatur

Oft wird die Vergleichsstellentemperatur mit Eiswasser oder einem Thermostaten auf konstanter Temperatur gehalten. In diesem Sonderfall kann man auf den echten Temperaturfühler mit Kabel verzichten und stattdessen einen Dummy-Stecker (z. B. ZA 9000-FS) verwenden, die Steigungskorrektur auf null setzen und mit dem negativen Basiswert die Konstanttemperatur programmieren. Diese Messstelle zeigt dann immer die Konstanttemperatur an, die als Vergleichsstelle verwendet wird.

Vergleichsstellentemperaturfühler im Stecker

Für besondere Ansprüche (z.B. bei Thermoelementen, für die es keine Stecker aus Thermomaterial gibt oder bei starker Wärmeeinstrahlung) gibt es Universalthermoelementstecker (ZA 9400-FSx) mit eingebautem Ntc-Temperaturfühler zur Vergleichsstellenkompensation. Sie können problemlos für alle Thermoelemente verwendet werden, benötigen aber jeweils 2 Messkanäle (1. für Ntc, 2. für Thermoelement). Im Kommentar des Thermoelements muss auf den ersten 2 Stellen ein '#J' programmiert sein, damit der eingebaute Temperaturfühler zur Vergleichsstellenkompensation verwendet wird.

6.7.4 Mittelwertbildung

Der **Mittelwert** des Messwertes wird für eine Reihe von Anwendungen benötigt:

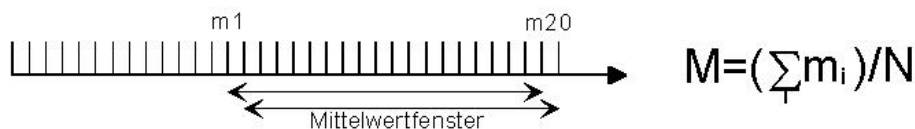
- Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit in einem Lüftungskanal
- Beruhigung eines stark schwankenden Messwertes (Wind, Druck etc.)
- Stunden- oder Tagesmittelwerte von Wetterwerten (Temp., Wind etc.)
- dto. von Verbrauchswerten (Strom, Wasser, Gas etc.)

Der Mittelwert eines Messwertes \bar{M} ergibt sich, wenn man eine ganze Reihe von Messwerten M_i aufsummiert und durch die Anzahl N der Messwerte teilt:

$$\text{Mittelwert } \bar{M} = (\sum M_i) / N$$

Messwertdämpfung durch gleitende Mittelwertbildung

Die Funktion Messwertdämpfung, die bei unruhigen Messwerten die Messwerte durch kontinuierliche Mittelwertbildung beruhigt, ist generell über die Schnittstelle bedienbar. Die Messwertdämpfung ist aber nur beim angewählten Kanal möglich. Der Dämpfungsgrad, der angibt, über wie viele Messungen die angewählte Messstelle gleitend gemittelt werden soll, ist im Bereich von 0 bis 99 einstellbar. Der beruhigte Messwert gilt auch für alle folgenden Auswertfunktionen. Für diese Funktion sollte die halbkontinuierliche Messstellenabfrage (siehe 6.5) gewählt werden, weil die Messrate und damit die Filterwirkung unabhängig von der Messstellenzahl ist.



Funktion	Befehle	Antwort
Dämpfung programmieren (0-99)	f1 zxx	
ausgeben (siehe auch Kap. 6.10.1)	P32	DAEMPUNG: 01: 20

Mittelwertbildung mit Mittelwertmodus

Außer bei der Dämpfung des Messwertes werden alle Mittelwertbildungen durch den **Mittelwertmodus** bestimmt:

Kontinuierliche Mittelwertbildung von Start bis Stop	
oder über Einzelmessungen, wenn nicht gestartet mit:	C o n t
Mittelwertbildung über jeden Zyklus mit:	C Y C L

Für die Mittelwertbildung gilt:

1. Die Mittelwertbildung erfolgt nach einem Start über die ständige halb- oder kontinuierliche Messstellenabfrage immer, soweit ein Mittelungsmodus programmiert ist. Deshalb ist für die Mittelung zwischen zwei Ausgaben kein Messzyklus mehr nötig.
2. Bei der halbkontinuierlichen Messstellenabfrage (Standardeinstellung) wird die angewählte Messstelle immer genau mit der halben Messrate abgefragt.
3. Messungen lassen sich zur Mittelwertbildung jetzt auch ohne Zyklus starten und stoppen. Beim Stop werden jetzt alle Messwerte zusätzlich gespeichert, d.h. Start-Stop-Mittelwertbildungen sind mit Mittelungsmodus 'CONT' auch über die Schnittstelle realisierbar.
4. Über die Funktionskanäle Mittelwert 'M(t)', Anzahl 'n(t)' und Volumenstrom 'Flow' lassen sich alle Funktionswerte der Mittelwertbildung speichern (Option S) oder über die Schnittstelle ausgeben.

Die Mittelwertbildung über Messreihen erfolgt generell bei allen Messstellenabfragen. Sie wird bei jeder Messstelle durch Programmierung des Mittelungsmodus (siehe Kapitel 6.3.7) aktiviert. Der Mittelwert wird für jede Messstelle extra berechnet und gespeichert. Er ist in der Funktion 'MITTELWERT' jederzeit abrufbar. Im Modus 'CYCL' wird der Mittelwert nach einem Zyklus wieder gelöscht. Um die Mittelwerte und Anzahl auch speichern oder auf die Schnittstelle ausgegeben zu können, müssen entsprechende Funktionskanäle M(t) und n(t) programmiert werden (siehe Kapitel 6.3.4), die den Mittelwert des Bezugskanals auf einem sogenannten Rechenkanal ausgeben. Wird nur der Mittelwert anstelle des Messwertes benötigt, erfüllt die Ausgabefunktion M(t) (siehe Kapitel 6.10.4) diese Aufgabe.

Die unten angeführten Betriebsarten lassen sich mit folgenden Funktionen konfigurieren:

Funktionen	Befehl	Antworten
Mittelmodus Cont programmieren	m1	siehe Kapitel 6.3.7
Mittelmodus CYCL programmierung	m2	siehe Kapitel 6.3.7
Mittelmodus löschen	m0	siehe Kapitel 6.3.7
Funktionskanal Mittelwert M(t) programmieren	B74	siehe Kapitel 6.3.4
Funktionskanal Mittelwert M(n) programmieren	B75	siehe Kapitel 6.3.4
Funktionskanal Anzahl n(t) programmieren	B83	siehe Kapitel 6.3.4
kontinuierliche Messstellenabfrage einstellen	f5 k2	siehe Kapitel 6.5.4
Zyklus einstellen	Zhhmss	siehe Kapitel 6.5.2
Mittelwertbildung starten	S2	
Mittelwertbildung stoppen	X	
Mittelwertbildung eines Kanals ausgeben	P14	Mittelwert: 01: +0021.3 ° C
Mittelwertbildung eines Kanals löschen	C14	
Alle Max-, Min-, Mittelwerte ausgeben	P18	siehe Kapitel 6.4.4
Alle Max-, Min-, Mittelwerte löschen	C18	siehe Kapitel 6.4.4

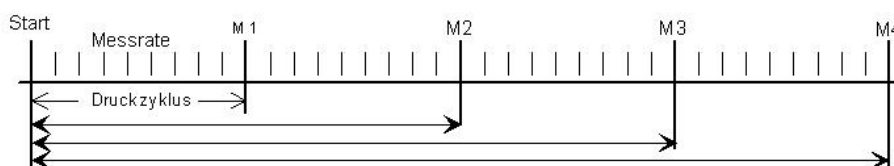
1. Mittelwert über mehrere manuelle Messstellenabfragen: $\bar{M} = (\sum E_i)/N$

Funktionen		Befehle
Messung:	Stop	X
Funktionskanal:	M(t)	B74
Mittelungsmodus:	CONT	m1
Messstellenabfragen:	Manuell/einmalig	S1
Mittelwertausgabe:	Am Ende der Messung mit	P14, P18



2. Kontinuierliche Mittelwertbildung über die Zeit: $\bar{M} = (\sum M_i)/N$

Mittelungsmodus:	CONT	m1
Funktionskanal:	M(t)	B74
Messstellenabfragen:	kontinuierlich	f5 k2
Messung:	Start, Stop	S2, X
Mittelwertausgabe Mx:	Im Zyklus	Zhhmss
	mit Funktionskanal M(t) bzw. Ausgabefunktion M(t)	P14, P18
	Gesamtmittelwert am Ende der Messung	

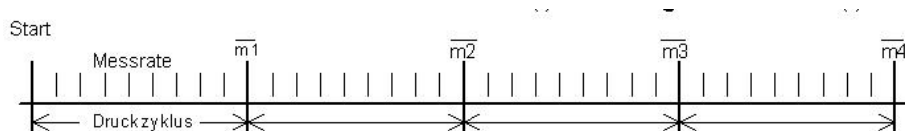


Messfunktionen bei Messstellenabfragen

3. Zyklische Mittelwertbildung über den Druckzyklus:

$$\bar{m}_i = (\sum m_i)/N$$

Mittelungsmodus:	CYCL	m2
Funktionskanäle:	M(t)	B74
Messstellenabfragen:	kontinuierlich	f5 k2
Messung:	Start, Stop	S2, X
Mittelwertausgabe m_x :	Im Druckzyklus	Zhhmss
mit Funktionskanal M(t) bzw. Ausgabefunktion M(t)		



4. Mittelwert über die Messwerte mehrerer Messstellen

Myy bis Mxx bei jeder Messstellenabfrage:

$$\bar{M} = (\sum M_i)/n$$

Mittelungsmodus:	nicht erforderlich	
Funktionskanäle:	M(n)	B75
Bezugskanäle:	von b2=Myy bis b1=Mxx (siehe 6.3.4)	f1 Eb1, f2 Eb2
Messstellen abfragen:	alle	Zhhmss
Messung:	Start, Stop	S2, X
Mittelwertausgabe:	Im Druckzyklus mit Funktionskanal M(n)	

6.7.5 Volumenstrommessung

Die Volumenstrommessung ist im Kapitel 3.5.5 prinzipiell abgehandelt.

In einem Strömungskanal wird zunächst die mittlere Geschwindigkeit M(t) durch punktuelle oder zeitliche Mittelwertbildung erfasst (siehe Kapitel 6.7.4).

Zur Darstellung des Volumenstroms wird ein Funktionskanal 'Flow' benötigt.

Funktion	Befehl	Antwort
z.B. 2. Kanal im Strömungsstecker anwählen:	M10	
Funktionskanal 'Flow' programmieren:	B84	
In diesem Funktionskanal Querschnitt xxxxx des Strömungskanals in cm ² programmieren:	Qxxxxx	
Ausgabe des Querschnitts (siehe Kapitel 6.10.1)		
Messwert des Funktionskanals in m ³ /h abfragen:	p	10:+00834. mh

Umrechnung auf Normbedingungen

Bei allen Strömungsfühlern ist eine Umrechnung auf die Normbedingungen Temperatur = 20°C und Luftdruck=1013mb möglich. Die tatsächlichen Messbedingungen werden mit den Funktionen 'Temp.Komp.' und 'Luftdruck' bestimmt (siehe Kapitel 6.2.5). Zur Umrechnung ist entweder bereits im Geschwindigkeitskanal oder nur im Volumenstromkanal im Kommentar ein '#N' zu programmieren (siehe Kapitel 6.3.6), das ergibt dann automatisch den Normvolumenstrom.

6.8 Nummerierung von Messungen

Zur Identifikation von Messungen oder Messreihen kann eine Nummer eingegeben werden, die bei der nächsten Messstellenabfrage ausgedruckt oder abgespeichert wird. So lassen sich auch gespeicherte Einzelmessungen beim Auslesen bestimmten Messorten oder Messpunkten zuordnen. Die Nummer lässt sich 6-stellig eingeben. Außer den Ziffern 0 bis 9 können auch die Zeichen -, , A, F, N, P verwendet werden. Nach der Eingabe ist die Nummernausgabe aktiviert.

Der **Ausdruck der Nummer** erfolgt automatisch nach jeder Aktivierung der Nummer einmal bei der nächsten Messstellenabfrage. Danach ist die Nummernausgabe wieder deaktiviert.

Z.B. NUMMER: 000001
 DATUM: 01. 11. 19
 08:30:00 01: +0025.3 ° C NiCr

Das **Speichern der Nummer** geschieht ebenso bei der nächsten Messstellenabfrage, wenn der Speicher eingeschaltet ist. Beim Ausdruck des Speichers kann der ganze Inhalt mit der Nummerierung oder nur Messungen mit einer bestimmten Nummer ausgegeben werden (siehe Kapitel 6.9.3).

Funktion	Befehl	Antwort
Nummer eingeben u. aktivieren '012001'	n012001	
oder mit Buchstaben 'A1-001'	f3 \$A1-001 CR	
Nummer um 1 erhöhen	n+	
Nummer löschen und deaktivieren	C05	
Nummer ausgeben	P05	NUMMER: A1-001
Nummernliste ausgeben	f1 P05	NUMMER: 012001 A1-00. .

6.9 Messwertspeicher

ALMEMO® Datenlogger bieten intern 32kByte bis 2MByte zur Messwertspeicherung. Pro Messstellenabfrage werden einmal 4 Byte für die Uhrzeit und 4 Byte für jeden Messwert an Speicherplatz benötigt, d.h. bei mehr als 2 Messstellen können über 100.000 Messwerte gespeichert werden. Die Abspeicherung kann automatisch mit dem Zyklus oder der Wandlungsrate oder manuell erfolgen. Es können mehrere Einzelmessungen oder ganze Messreihen mit einer 6stelligen Nummer (Speicherplatz 3 Byte) versehen und später selektiv wieder ausgelesen werden. Eine Auswahl nach Zeit und Datum ist ebenfalls möglich.

Achtung:

Die Konfiguration der angeschlossenen Fühler wird beim ersten Start der Aufzeichnung abgespeichert. Sollten beim nächsten Start noch Fühler hinzukommen, dann werden diese in die Speicherkonfiguration mit aufgenommen. Es dürfen aber bei Folgemessungen keine Fühler ausgetauscht werden, da sich sonst bezüglich Bereich, Dimension, Dezimalpunkt und Kommentar falsche Zuordnungen ergeben. Das bedeutet, wenn die Fühlerkonfiguration geändert wird, muss die vorhergehende Messung zuerst ausgelesen und dann der Speicher gelöscht werden (Ausgenommen Speicherstecker mit Micro-SD-Card, siehe Kapitel 6.9.1).

Funktionalität des internen Speichers:

- Nur eine Fühlerkonfiguration möglich
- Ringspeicheraufzeichnung
- Sleepmode
- Datenausgabe in allen Ausgabeformaten
- Selektive Datenausgabe über Zeit und Datum,
- Selektive Datenausgabe mit Nummer

6.9.1 Datenspeicherung in externen Speichermedien (ALMEMO® Speicherstecker, Micro-SD-Card)

ALMEMO® Datenlogger unterstützen je nach Typ und Version auch externe Speichermedien. Diese Speicher benötigen zum Datenerhalt keine Batterie, sie können abgezogen, evtl. verschickt und geräteunabhängig mit einem Lesegerät vom Rechner ausgewertet werden. Die externen Speicher werden automatisch erkannt und solange sie angesteckt sind, anstelle des internen Speichers verwendet. Dies wird auch in der Speicherplatzanzeige sichtbar.

ALMEMO® Speicherstecker ZA1904-SD für Speicher-Card

Messgeräte: ALMEMO® 2470, 2590, 2690, 2890, 4390, 8590, 5690

Speichercard: Micro-SD-Flash-Speichercard, Industrial Grade SSD SLC
empfohlen wegen höherer Leistung, Zuverlässigkeit, Lebensdauer
Kapazität: 128MB bis 2GB (min. 30000 Messwerte/MB)

Der Speicherstecker ZA 1904-SD mit einer Micro-SD-Speichercard macht auch Geräte zum Datenlogger, die intern keinen Speicher aufweisen. Die Speichercard wird über den Speicherstecker mit den Messdaten im Tabellenmode im Standard-FAT16-Format beschrieben. Die Speichercard lässt sich über jeden PC mit jedem Kartenleser formatieren, auslesen und löschen (siehe Kapitel 6.9.4). Die Daten können in Excel oder die Messwertsoftware Win-Control importiert werden. Auf Grund der völlig anderen Arbeitsweise des Speichersteckers ergeben sich gegenüber dem internen Speicher Einschränkungen und neue Möglichkeiten.

Funktionalität der Speicherstecker mit Speicher-Card:

- Praktisch unbegrenzter Speicherplatz
- Bei jeder neuen Steckerkonfiguration wird eine neue Datei angelegt
- keine Ringspeicheraufzeichnung
- Sleepmode möglich
- Daten können mit jedem Lesegerät andernorts ausgewertet werden
- Sehr schnelle Datenübertragung mit Lesegerät
- Datenaufnahme und -ausgabe nur im Tabellenformat
- Über das ALMEMO® Gerät ist nur die letzte Datei auslesbar
- Keine selektive Datenausgabe über Zeit und Datum oder Nummer

Vor dem Start jeder Messung können Sie einen 8-stelligen Dateinamen eingeben. Geschieht das nicht, wird der

Defaultname 'ALMEMO.001' oder der zuletzt verwendete Name verwendet. Solange sich die Steckerkonfiguration nicht ändert, können Sie mehrere Messungen, manuell oder zyklisch, auch mit Nummern in der gleichen Datei speichern.

Bei ALMEMO Geräten V6 bleibt der Dateiname - solange sich die Steckerkonfiguration nicht ändert - auch in folgenden Fällen unverändert:

- Wiederholtes Starten und Stoppen einer Messung
- Aus- und Einschalten des Messgerätes
- Rausziehen und wieder Einstecken der Micro-SD-Card in den ALMEMO Speicherstecker (bei gestoppter Messung)
- Ausstecken des Fühlers und Einstecken auf dieselbe Eingangsbuchse.

Bei ALMEMO Geräten V7 bleibt der Dateiname nur unverändert bei wiederholtem Starten und Stoppen einer Messung. Der Dateiname wird automatisch verändert beim Aus- und Einschalten des Messgerätes, Rausziehen und wieder Einstecken der Micro-SD-Karte in den ALMEMO Speicherstecker (bei gestoppter Messung), beim Ausstecken des Fühler und Einstecken auf eine beliebige Eingangsbuchse.

Hat sich die **Steckerkonfiguration** gegenüber der letzten Messung jedoch **geändert** und ist kein neuer Dateiname programmiert, dann wird immer eine neue Datei angelegt und dabei der Index in der Extension automatisch um 1 hochgezählt, z.B. 'ALMEMO. 002'. Ist der eingegebene Dateiname schon vorhanden, dann wird ebenfalls eine neue Datei mit dem gleichen Namen aber mit neuem Index angelegt.

Bei Langzeitaufzeichnungen ist es möglich, bei jedem Tageswechsel die laufende Datei zu schließen und eine neue Datei zu öffnen. Um diese Funktion zu aktivieren, muss ein Dateiname verwendet werden, der mit dem Zeichen '&' (z.B. '&Test') beginnt. Die Extension der Datei wird automatisch von '000' bis '999' jeweils inkrementiert. Die vollständigen Dateinamen lauten also '&Test.000' bis '&Test.999'.

Funktion	Befehl
Dateinamen eingeben (max. 8 Zeichen)	\$NAME CR
Dateinamen für automatische Tagesdateien	\$\$NAME CR

Gilt für alle ext. Speichermedien:

Die Speicherstecker werden zur Messwerterfassung auf die Buchse A2 gesteckt (Trigger- und Relaiskabel sind auch in Buchse A1 steckbar). Alle Messungen müssen mit **<STOP>** beendet werden, weil nicht abgeschlossene Daten nicht vollständig gespeichert oder bei der nächsten Messung überschrieben werden. Deshalb darf der externe Speicher bei laufender Messung auch nicht abgezogen werden!

6.9.2 Messdatenaufnahme

Zur Messdatenspeicherung ist es in den meisten Fällen ausreichend, einen Zyklus (siehe Kapitel 6.5.2) einzugeben und den Startknopf zu drücken. Außerdem sollten Sie nur noch prüfen, ob Uhrzeit und Datum richtig eingestellt sind (siehe Kapitel 6.2.7).

Aber um auch komplexen Anforderungen gerecht zu werden, ist eine Reihe von speziellen Konfigurationen möglich:

Schnelle Aufzeichnungen

Für schnelle Aufzeichnungen können Sie alternativ die Wandlungsrate (siehe Kapitel 6.5.4) verwenden. Die verschiedenen Betriebsarten sind im Kapitel 6.5 ausführlich dargestellt.

Starten und Stoppen

Zum Starten und Stoppen der automatischen Abspeicherung gibt es eine Menge Möglichkeiten, die in Kapitel 6.6 erläutert werden.

Abfragemodi

Für verschiedene Einsatzfälle (Langzeitaufnahme, autarker Betrieb und/oder Rechnerabfrage) können Sie unter 4 Abfragemodi wählen (siehe Kapitel 6.9.2.1).

Ringspeichermodus

Falls Sie bei längeren Aufzeichnungen nur die jüngste Vergangenheit interessiert, können Sie mit den Betriebsparametern den Ringspeichermodus einstellen (siehe Kapitel 6.10.13.1).

Messwertspeicher

Nummer

Wollen Sie Messungen oder Messreihen besser wiedererkennen oder später selektiv auslesen, dann sollten Sie jeweils eine Nummer vergeben (siehe Kapitel 6.8).

Dateiname

Bei Verwendung von Speicherkarten haben Sie die Möglichkeit, für jede Messung eine neue Datei anzulegen und dafür einen passenden achtstelligen Dateinamen einzugeben.

Speicherkonfiguration

Die wichtigsten Parameter der Speicherkonfiguration erhält man mit dem

Befehl:	f4 P19	
Antwort:	SI:0512. 4k R	Speicherplatz intern (R=Ringspeicher)
	SE:256. 00M	Speicherplatz extern
	SF:0324. 5k	Speicher frei
	SZ:0001. 18:20	Verbleibende Speicherzeit: tttt.hh:mm
	U3:07:00:00	Anfangszeit der Speicherausgabe
	D3:01. 02. 16	Anfangsdatum der Speicherausgabe
	U4:17:00:00	Endezeit der Speicherausgabe
	D4:02. 02. 16	Endedatum der Speicherausgabe
	DT:DATEINEU. 001	Dateiname neue Datei
	FI: ALMEMO. 001	Dateiname aktuelle Datei im Speicher

6.9.2.1 Abfragemodi

Für autarken Betrieb und/oder Rechnerabfrage gibt es 4 Abfragemodi:

Normal:	Interner Zyklus oder zyklische Abfrage durch den Rechner
Sleep:	Nur interner Zyklus mit Abschaltung für Langzeitüberwachungen
Monitor:	Interner Zyklus wird durch Rechnerabfrage nicht gestört
Fail-Save:	Zyklische Abfrage durch PC, nach Ausfall interner Zyklus

Sleepmodus

Für Langzeitüberwachungen mit größeren Zyklen ist es möglich, die Datenlogger ab ALMEMO® 2590 im Sleepmodus zu betreiben. In diesem Stromsparbetrieb wird das Gerät nach jeder Messstellenabfrage völlig ausgeschaltet (bei Fühlern mit Stromversorgung beachten!) und erst nach Ablauf der Zykluszeit zur nächsten Messstellenabfrage automatisch wieder eingeschaltet. Auf diese Weise wird bei Batteriebetrieb die Laufzeit drastisch erhöht.

Funktion	Befehl
Sleepmodus einschalten	o11
Sleepmodus ausschalten	o-11

Der Sleepzyklus muss mindestens 2 Minuten betragen.

Beenden können Sie die Sleepaufzeichnung nur durch (Aus)-Einschalten des Gerätes. Danach muss die Messung noch extra gestoppt werden.

Das Stoppen durch Endezeit, sowie durch Grenzwerte ist im Sleepmodus nicht möglich und muss daher ausgeschaltet sein.

Sleepverzögerung

Es gibt einige Sensoren, wie alle Flügelräder, digitale Feuchte- oder Materialfeuchtefühler, chemische Sensoren etc., die nach dem Einschalten eine gewisse Zeit benötigen, bis ein stabiler Messwert zur Verfügung steht. Damit auch solche Sensoren im Sleepmode betrieben werden können, wurde eine Verzögerung der Messung nach dem Einschalten im Sleepmode vorgesehen. Die Eingabe der Verzögerungszeit ist z.Zt. nur über die Schnittstelle möglich. Bei Geräten mit Display erscheint jedoch in der Modeanzeige ein D hinter dem Sleep, wenn eine Verzögerungszeit programmiert ist. Beim Aufwachen aus dem Sleep sieht man außerdem in der Anzeige 'SLEEP DELAY' und darunter wird die Verzögerungszeit heruntergezählt.

Eingabe der Verzögerungszeit xxx in s mit Befehl:	f2 uxxx
Ausgabe der Verzögerungszeit xxx in s im Befehl:	f1 P19 (siehe Kapitel 7.5) ... SD: xxx s

Programmieren des Sleepmodes wird, wenn erforderlich, automatisch die minimale Zykluszeit, d.h. 2 Minuten plus Verzögerungszeit eingestellt, kont. Ausgaben ausgeschaltet und eine Messung gestoppt. Beim Betrieb im Sleepmode erfolgt die gültige Messwertaufzeichnung im Messwertspeicher. Die Messwertausgabe im Terminal hat im Sleepmode kein definiertes Ausgabeformat.

Monitor-Mode:

Soll ein Datenlogger, der zyklisch betrieben wird, gelegentlich von einem Rechner überwacht werden, dann ist der neue 'Monitormode' zu verwenden. Die interne zyklische Abfrage wird durch die Softwareabfrage in keiner Weise beeinflusst (In der Win-Control 'sichere Initialisierung' ausschalten!).

Der interne Zyklus wird beim Softwarestart gestartet, er kann aber auch vorher schon gestartet sein. Bei der Abfrage durch den internen Zyklus erfolgt keine Datenausgabe auf die Schnittstelle. Zur Speicherung von Daten muss der Speicher aktiviert sein.

Funktion	Befehl
Monitormode einschalten	f1 A1
Monitormode ausschalten	f1 A-1

Fail-Save-Mode:

Soll bei einer reinen Softwareabfrage nur dafür gesorgt werden, dass bei einem Ausfall des Rechners eine interne zyklische Abfrage weiterläuft, dann ist der 'Fail-Save-Mode' angebracht. In dieser Betriebsart muss im Gerät ein größerer Zyklus programmiert werden, als für die Softwareabfrage (z.B. Geräte-Zyklus 20s, Software-Zyklus 10s). Durch die Softwareabfrage wird der interne Zyklus immer wieder zurückgesetzt, sodass er nur zum Einsatz kommt, wenn die Softwareabfrage ausfällt (Auch hier in der Win-Control 'sichere Initialisierung' ausschalten!).

Der interne Zyklus wird beim Start mit der Software Win-Control gestartet, er kann aber auch vorher schon gestartet sein. Bei der Abfrage durch den internen Zyklus erfolgt keine Datenausgabe auf die Schnittstelle. Zur Speicherung von Daten muss der Speicher aktiviert sein.

Funktion	Befehl
Fail-Save-Mode einschalten	f2 A1
Fail-Save-Mode ausschalten	f2 A-1

6.9.3 Messdatenausgabe

Der Messwertspeicher kann prinzipiell komplett oder Zeitausschnitte oder mit Nummer versehene Blöcke auf die serielle Schnittstelle ausgegeben werden.

Die Speicherausgabe über die serielle Schnittstelle kann mit verschiedenen Programmen erfolgen (Programm ALMEMO-Control siehe Kapitel 6.1).

6.9.3.1 Speicherausgabe auf die serielle Schnittstelle

Die **Ausgabe auf die serielle Schnittstelle** ist durch die Ausgabeformate 'untereinander', 'nebeneinander' und 'Tabellenform' mit drei verschiedenen Ausgabeprotokollen möglich (Druckbild siehe Kapitel 6.6.1). Nach dem Start wird der Inhalt des Speichers mit dem gleichen Druckbild wie bei Druckerbetrieb ausgegeben, bei Bedarf auch mehrmals und in verschiedenen Ausgabeformaten. Die Ausgabe kann jederzeit abgebrochen werden, ohne den Speicher zu löschen.

Bei **externen Speicherkarten** werden die Messungen generell im Tabellenmode abgespeichert, unterschiedliche Konfigurationen jeweils in eigenen Dateien. Aus dem Gerät lassen sich daher nur die kompletten Messdaten der zuletzt verwendeten Datei und nur im Tabellenmode auslesen. Sinnvollerweise wird die Speicherkarte abgezogen und die Dateien über einen USB-Kartenleser (siehe Kapitel 6.9.4) direkt in den PC kopiert. Diese lassen sich sowohl in Excel als auch in die Win-Control importieren.

6.9.3.2 Selektive Speicherausgabe

Messungen mit Nummerierung (nicht bei Speicherkarten)

Messreihen, die durch Eingabe einer Nummer gekennzeichnet wurden, können durch Aktivieren der entsprechenden Nummer selektiv ausgelesen werden. Ist eine Nummer aktiv, dann werden von dem gesamten Speicherinhalt nur Messungen ausgegeben, wenn diese Nummer im Speicher gefunden wurde, bis eine andere Nummer folgt. Das können die Daten einer bestimmten Messreihe oder auch lauter Einzelmessungen an immer wiederkehrenden Messpunkten mit gleichen Nummern sein.

Zeitausschnitt (nicht bei Speicherkarten)

Mit den Funktionen Speicheranfangszeit und **Endezeit**, sowie **Anfangsdatum** und **Endedatum** kann im gesamten Speicher ein zeitlicher Ausschnitt bestimmt und ausgegeben werden. (**Achtung:** Die Suche kann bei 500KB bis zu ca. 1 Min. dauern.)

Funktion	Befehle	Antwort
Speicher komplett auslesen (soweit Fühlerkonfig. unverändert) (Steckernummer 12, wenn vorh.) (In allen Ausgabeformaten)	P04	SPEICHER: 12 DATUM: 01.01.17 07:00:00 01: +0123.4 °C NiCr ..
Gekürzte Tabellenform bei 115kB Datum nur wenn geändert, keine "	P04	12.03.19;12:30:00;12 ;9,9 ;12:31:00;12,1;9,8
Mit Nummer gekennzeichnete Messung auslesen:		
Ausgabe einer Liste der im Speicher vorhandenen Nummern	f1 P05	NUMMER: 01-001 01-002 02-001
Nummer aktivieren	n01-001	
Test ob vorhanden oder nicht	t4	OK oder ERROR
Messung mit Nummer auslesen (In allen Ausgabeformaten)	P04	NUMMER: 01-234 17:20:00 01: +0087.5 °C NiCr
Zeitausschnitt auslesen:		
Anfangszeit eingeben	f3 Uhhmss	
Anfangsdatum eingeben	f3 dttrmjj	
Endezeit eingeben	f4 Uhhmss	
Endedatum eingeben	f4 dttrmjj	
Anfangszeit löschen	f3 C10	
Anfangsdatum löschen	f3 C13	
Endezeit löschen	f4 C10	
Endedatum löschen	f4 C13	
Anfangszeit ausgeben	f3 P10	ANFANGSZEIT: 07:30:00
Anfangsdatum ausgeben	f3 P13	ANFANGSDATUM: 01.02.16
Endezeit ausgeben	f4 P10	ENDEZEIT: 08:00:00
Endedatum ausgeben	f4 P13	ENDEDATUM: 01.01.16
Speicherplatz abfragen	f1 P04	SPEICHER: S0500.3 F0118.5
Ausschnitt auslesen (In allen Ausgabeformaten)	f3 P04	SPEICHER: DATUM: 01.02.16 07:30:00 01: +0123.4 °C NiCr
Speicher löschen	C04	

6.9.4 Auslesen ext. Speichercards mit USB-Lesegerät

Zum Auslesen der Speicherdaten von Speichercards wird zum Speicherstecker ZA 1904-SD ein USB-Lesegerät mitgeliefert. Es ist aber auch jedes andere Laufwerk für Wechseldatenträger geeignet. Bei Micro-SD-Cards muss u.U. nur der entsprechende mitgelieferte Adapter aufgesteckt werden. Die Messdateien sind im Standard-FAT16-Format abgelegt und können durch Kopieren einfach und schnell auf die Platte des PC's übertragen werden. Die Messdaten im Tabellenformat können als ASCII-Daten mit jedem Editor betrachtet und einfach in Excel (getrennt mit Trennzeichen Semicolon) eingelesen werden. Mit unserer Messwernerfassungssoftware Win-Control ab V.6 sind die Dateien über 'Datei-Importieren' ebenfalls leicht auszuwerten (evtl. updaten).

6.10 Spezialfunktionen

Die ALMEMO® Geräte besitzen einige Zusatzfunktionen, die im Routinebetrieb selten benötigt werden, aber bei speziellen Anwendungen sehr nützlich sind. Diese Funktionen sollten aber nur von technisch versierten Anwendern verwendet werden, die die Wirkungsweise und Folgen richtig verstanden haben. Manche Programmierungen sind nur bei bestimmten Geräten möglich oder erfordern eine definierte Steckerkonfiguration oder eine besondere Hardware. Wenn der Eingangsmultiplexer nicht zur Anschlussbelegung passt oder ein Bezugskanal nicht mit dem richtigen Fühler bestückt ist, dann fragt man sich meist vergebens, warum keine vernünftigen Messwerte mehr erscheinen.

6.10.1 Ausgabe der erweiterten Fühlerprogrammierung

Die Spezialparameter jeder Messstelle außer den Standardfunktionswerten (siehe Kapitel 6.2.2) können mit dem Befehl f1 P15 abgefragt werden. Im Einzelnen sind dies:

NULLPKT	Nullpunktkorrektur	siehe 6.3.10
STEIGNG	Steigungskorrektur	siehe 6.3.10
VM	Verriegelungsmodus	siehe 6.3.12
K	Aktuelle Kommaposition incl. Exponent	
FUNK	Ausgabefunktion	siehe 6.10.4
EOFSET	Eichoffset	
EFAKT	Eichfaktor	
ANA-ANF	Analogausgang-Anfang	siehe 6.10.7
ANA-END	Analogausgang-Ende	siehe 6.10.7
B1	Bezugskanal für Funktionskanäle	siehe 6.3.4
MX	Eingangsmultiplexer	siehe 6.10.2
EF	Elementflags	siehe 6.10.3
AH	Alarmfunktionen Grenzwert Max	siehe 6.10.8
AL	Alarmfunktionen Grenzwert Min	siehe 6.10.8
ZF	Druckzyklusfaktor	siehe 6.10.6
UMIN	Minimale Sensorspannung	siehe 6.10.5

Im Ausgabeformat unter- oder nebeneinander (siehe Kapitel 6.5.5) erhält man folgendes Bild:

```

Befehle      f1 P15
Antwort      MS NULLPKT STEIGNG VM K FUNK EOFSET EFAKT ANA-ANF ANA-END B1 MX EF AH AL ZF UMIN
                01:+0000.0 +1.0000 5. 1 MESS +00000 32000 +0000.0 +1000.0-01 -- -- S2 -0 01 12.0
    
```

Die Parameter jeder Messstelle der Befehle P15 und f1 P15 in einer Zeile erhält man mit dem Befehl f2 P15.

```

Befehle      f2 P15
Antwort      MS BER.  GW-MAX. . STEIGNG VM K FUNK EOFSET EFAKT ANA-ANF ANA-END B1 MX EF AH AL ZF UMIN
                01:NiCr +0123.4. . +1.0000 5. 1 MESS +00000 32000 +0000.0 +1000.0-01 -- -- S2 -0 01 12.0
                MESSZYKLUS: 00:00:00 S S0500.3 F0130.4 AR W010 C-SU-
                DRUCKZYKLUS: 00:01:30 U 9600 bd
    
```

Weitere Parameter und Ausgabebefehle:

ZK	Zeitkonstante, Dämpfung	siehe 6.7.4
QUERS	Querschnitt zur Volumenstrommessung	siehe 6.7.5
RH	Relaiszuordnung zu Grenzwert Max	siehe 6.10.8
RL	Relaiszuordnung zu Grenzwert Min	siehe 6.10.8

```

Befehle      f3 P15
Antwort      MS BER.  GW-MAX GW-MIN BASISW D FAKTOR EXP MITTEL KOMMENTAR ZK QUERS RH RL
                01:NiCr +0123.4 -0012.0 +0000.0° C 1.0000 E+0 - - - Temperatur 10 00078. 20 --
    
```

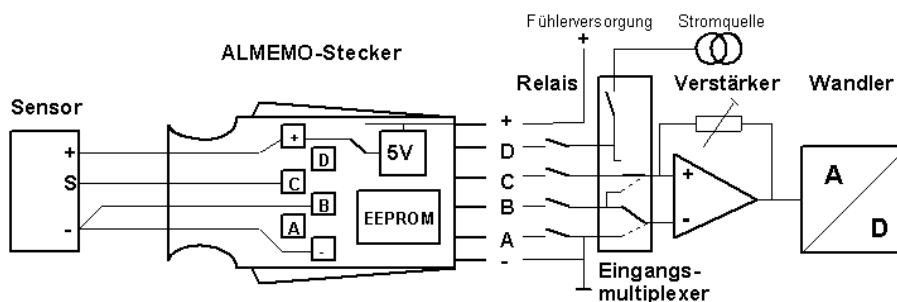
Mit dem nächsten Befehl sind reine Steckerdaten abrufbar:

```

Befehle      f4 P15
Antwort      ST SENSOR          SERIENNR KAL-DAT. ZY
              01:FHA6461..... 12345678 01.10.16 12
    
```

6.10.2 Eingangsmultiplexer ändern

Bei jedem Messbereich wird der Eingangsmultiplexer normalerweise je nach Anschlussbelegung automatisch richtig eingestellt. Bei massebezogenen Signalen liegt der - Eingang des Verstärkers auf A, der + Eingang auf B



(Millivolt, Thermoelemente), auf C (Volt) oder D (NTC). Bei stromversorgten Sensoren (Pt100 oder Druck etc.) legt man vom - Pol des Sensors eine stromlose Sense-Leitung zum Eingang B und misst die Differenzspannung zwischen C und B.

Es gibt einige Fälle, in denen es wünschenswert ist, die serienmäßige Multiplexererstellung zu ändern:

- Differenzspannungsmessung bei Feuchtfühlern mit langen Leitungen,
- Differenzspannungsmessung bei intern versorgten Sensoren mit
- Stromausgang (Stecker ZA 9601-FS5/6 mit Differenzshunt B-C)
- Doppelfühler mit zwei gleichen Messbereichen u.s.w

Die erforderliche Multiplexererstellung kann bei der Bereichswahl folgendermaßen programmiert und im Stecker-EEPROM abgelegt werden:

Funktion	Befehle	Code
1. Spannungsmessung Eingänge B-A	f1 Bxx	M1
2. Spannungsmessung Eingänge C-A	f2 Bxx	M2
3. Spannungsmessung Eingänge D-A	f3 Bxx	M3
4. Spannungsmessung Eingänge C-B	f4 Bxx	M4
5. Spannungsmessung Eingänge D-B	f5 Bxx	M5

Die Multiplexererstellung wird in der Fühlerprogrammierung (siehe Kapitel 6.10.1) durch den o.a. Code kenntlich gemacht, bei Messgeräten mit 7-Segmentanzeige ist sie im Verriegelungsmodus an der zweiten Stelle x4xx kontrollierbar.

6.10.3 Elementflags

Um bei mehreren Standardmessbereichen wahlweise eine Zusatzfunktion aktivieren zu können, sind entsprechende Flags programmierbar:

Funktion	ein	aus	Code
1. Messstrom für Widerstandsfühler 0.1mA statt 1mA	f2 k1	f2 k-1	01
2. Emission u. Hintergrundtemperatur für Infrarotfühler	f2 k2	f2 k-2	02
3. Aktivierung Messbrückenschalter für Endwertsimulation	f2 k3	f2 k-3	04
4. Nur zyklische Abfrage bei Sensoren mit DIGI-Bereich	f2 k4	f2 k-4	08
5. Ausschalten der galv. Trennung im Messmodul *	f2 k5	f2 k-5	10
7. Ausschalten der Fühlerbruchererkennung	f2 k7	f2 k-7	40
8. Analogausgang 4-20mA statt 0-20mA	f2 k8	f2 k-8	80

* Nur 2890-9, 8590-9, 8690-9A, 5690, 710, 809, 500

Spezialfunktionen

Erläuterung:

1. Durch die Verringerung des Messstromes auf ein Zehntel erweitert sich der Messbereich von Widerstandsfühlern auf den zehnfachen Widerstandswert. Mit den Messbereichen P104, P204, N104 können Pt1000- und Ni1000-Fühler statt Pt100- und Ni100-Fühlern gemessen werden. Der Ohmbereich reicht bis 5000.0 Ω . Das Komma muss aber entsprechend eingestellt werden.
2. Bei Infrarotstrahlungs-Transmittern benötigt man zur Messwertberechnung den Emissionsfaktor der Messobjektoberfläche und die Hintergrundtemperatur. Ist das Flag 2 programmiert, dann werden die Parameter Nullpunkt als Hintergrundtemperatur und Steigung als Emissionsfaktor verwendet. Die Standardfunktion zur Messwertkorrektur steht damit nicht mehr zur Verfügung (Wird bei neuen Geräten ab 2007 nicht mehr unterstützt).
3. In Kraftaufnehmern gibt es eingebaute Kalibrierwiderstände, die den Endwert simulieren, wenn sie entsprechend zugeschaltet werden. Im Brückenspannungsmessmodul ZA 9612-FS ist ein elektronischer Schalter eingebaut, der beim Endwertabgleich eingeschaltet wird, wenn das Flag 3 aktiviert ist.
4. Digitalsensoren berechnen teilweise selbstständig Max-, Min-, Mittelwerte oder Summen von Abfrage zu Abfrage (z.B. Messmodule, Wettersensoren). Wenn Sie diese Werte auf den Zyklus und nicht auf die Messrate bezogen erhalten wollen, ist das Flag 4 zu setzen (ab ALMEMO® 2490).
5. Bei den Geräten 2890-9, 8590-9, 8690-9A, 710, 809 und Anlagen 5690 und 500 mit galvanischer Trennung im Messmodul kann mit dem Flag 5 die Trennung aufgehoben werden, d. h. der Anschluss A des angewählten Fühlers wird über ein Halbleiterrelais mit dem Minuspol der Versorgung verbunden. Das ist bei Fühlern mit Versorgung und Differenzspannungsmessung erforderlich, da die Eingänge sonst kein Bezugspotential haben (wird meistens automatisch gesetzt).
6. Zur Erkennung eines Fühlerbruchs werden alle Messeingänge periodisch kurzzeitig über hochohmige Widerstände (11M Ω) auf 5V gezogen, wenn der AD-Wandler nicht misst. Bei allen Sensoren mit niederohmigem Ausgang (bis 1k Ω) wird der Messwert dadurch nicht beeinflusst. Bei hochohmigen Sensoren (z.B. chemische Zellen) oder bei elektronischen Kalibratoren können die Schaltvorgänge zu Messwertverfälschungen führen. Deshalb ist diese Fühlerbruchererkennung mit dem Flag 7 abschaltbar.
7. Die extern ansteckbaren oder optionalen Analogausgänge sind über die Parameter Analogausgang-Anfang und Analogausgang-Ende auf die Normwerte 0-2V, 0-10V oder 0-20mA skalierbar. Sollen Stromausgänge auf 4-20mA eingestellt werden, so ist das Flag 8 zu programmieren.

Die Elementflags sind in der Fühlerprogrammierung unter dem Kürzel EF und bei Messgeräten mit 7-Segmentanzeigen im Verriegelungsmodus an der dritten Stelle xx2x kontrollierbar.

6.10.4 Ausgabefunktion ändern

Wenn der eigentliche Messwert nicht benötigt wird, sondern nur der Max-, Min- Mittel- oder Alarmwert, dann kann diese Funktion als Ausgabefunktion programmiert werden. Grenzwertüberwachung, Speicherung, Analog- und Digitalausgabe berücksichtigen nur den entsprechenden Funktionswert.

Beispiele:

1. Werden Messwerte mit Hilfe des Messzyklus über den Druckzyklus gemittelt, dann interessiert als Ausgabewert nur noch der Mittelwert und nicht der letzte Messwert. Bei einem Datenlogger spart man auf diese Weise Speicherplatz.
2. Der analoge Messwert des Betaungssensors FH A946-1 hat keine Aussagekraft. Man legt den Grenzwert-Max auf ca. 0.5 V, programmiert die Messfunktion Alarmwert und erhält dann nur noch die Werte 0.0% für trocken und 100.0% für betaut.

Messfunktion	Kürzel	Befehle
Messwert	Mess	f1 m0
Differenz	Diff	f1 m1
Maxwert	Max	f1 m2
Minwert	Min	f1 m3
Mittelwert	M(t)	f1 m4
Alarmwert	Alrm	f1 m5

6.10.5 Minimale Fühlerversorgungsspannung

Die ALMEMO® Geräte überwachen generell die Fühlerversorgungsspannung, die meist auch der Betriebsspannung des Messgerätes entspricht. Sinkt die Spannung bei Batterie- oder Akkugeräten unter 6.8V, wird der LoBat-Zustand im Display, mit einer LED oder in der Gerätekonfiguration (siehe Kapitel 6.2.4) angezeigt. Es gibt aber Sensoren, die bei dieser Spannung nicht mehr arbeiten und deshalb keinen brauchbaren Messwert mehr liefern. Um solche Fehler zu verhindern, kann in der Fühlerprogrammierung individuell für jeden Messwertgeber die minimal benötigte Fühlerversorgungsspannung eingetragen werden. Wird diese unterschritten, dann wird der Messwert als Fühlerbruch behandelt.

Funktion	Befehl
Minimale Fühlerversorgungsspannung in xx.x V programmieren	uxxx

Steht in der Programmierung 00.0 V (siehe Kapitel 6.10.1), dann wird ' - - ' angezeigt und keine Überwachung durchgeführt.

6.10.6 Druckzyklusfaktor

Zur Anpassung der Datenaufzeichnung an die Änderungsgeschwindigkeit der einzelnen Messstellen ist es möglich, manche Messstellen durch Programmierung eines Druckzyklusfaktors zwischen 00 und 99 weniger oft oder gar nicht aufzuzeichnen (d.h. speichern oder auf Schnittstelle ausgeben). Standardmäßig ist der Druckzyklusfaktor aller Messstellen auf 01 (Anzeige ' - - ') gesetzt, d.h. alle aktivierten Messstellen werden bei jedem Druckzyklus ausgedruckt. Wird ein anderer Faktor z.B. 10 eingegeben, so wird die entsprechende Messstelle nur bei jedem 10. Mal, bei 00 dagegen gar nicht ausgegeben. Bei Datenloggern lassen sich damit unnötige Messwerte unterdrücken und Speicherplatz sparen. Zum Programmieren des Druckzyklusfaktors zwischen 00 und 99 ist vorher die Messstelle anzuwählen. In der erweiterten Fühlerprogrammierung erscheint der Druckzyklusfaktor unter ZF.

Funktion	Befehl
Druckzyklusfaktor xx eingeben	zxx
Druckzyklusfaktor löschen	z01

6.10.7 Analogausgangsfunktionen

Die im Kapitel 5 beschriebenen Analogausgangsmodule können nicht nur mit dem vorgegebenen Ausgangssignal/Digit betrieben werden, sondern auch auf kleine Teilbereiche skaliert werden. Bei kontinuierlicher Messstellenabfrage kann statt des Messkanals ein frei wählbarer Kanal analog ausgegeben werden. Alternativ ist es möglich, den Analogausgang über die Schnittstelle direkt anzusteuern. Auch mehrere Analogausgänge sind möglich.

Skalierung

Das Ausgangssignal der möglichen Analogausgänge (0-2V, 0-10V, 0-20mA, 4-20mA) kann bei jedem Fühler auf einen beliebigen Teilbereich festgelegt werden, soweit der Umfang größer als 100 Digit beträgt (z.B. 0-20mA für -30.0 bis 120.0°C).

Dazu müssen bei dem entsprechenden Messkanal die Werte für Analogausgang-Anfang und Analogausgang-Ende, sowie bei Bedarf der Analogausgangstyp (0-20mA oder 4-20mA) programmiert werden.

Funktion	Befehl	Antwort
Analogausganganfang programmieren	a-xxxxx	
löschen	C16	
ausgeben	P16	ANALOGANFANG:01: -0030.0 ° C
Analogausgangende programmieren	e-xxxxx	
programmieren (4-20mA)	f1 e-xxxxx	
löschen	C17	
ausgeben	P17	ANALOGENDE: 01: +0120.0 ° C

Das Flag für die Umschaltung von 0-20 mA auf 4-20 mA kann auch über die Elementflags abgefragt und programmiert werden (siehe Kapitel 6.10.3).

Kanal des Analogausgangs festlegen, zweiter Analogausgang

Normalerweise wird auf dem Analogausgang der Messwert des angewählten Kanals ausgegeben. Bei kontinuierlicher Messstellenabfrage kann man jedoch durch Programmierung eines Bezugskanals einen beliebigen Kanal für den 1. Analogausgang auf Buchse A2 festlegen. Ein 2. Analogausgang auf Buchse A1 gibt dabei gleichzeitig den Messwert des 1. Kanals vom angewählten Fühler aus. Die Programmierung des Bezugskanals können Sie der Gerätekonfiguration (siehe Kapitel 6.2.4 KONFIG:) entnehmen.

Funktion	Befehl
Bezugskanal xx für Analogausgang auf A2 festlegen	f9 Exx
auf Messkanal zurückschalten	f9 E-00
Bezugskanal xx für 2. Analogausgang auf A1 festlegen	f8 Exx

Zuvor muss der Port gesetzt werden (siehe Kapitel 6.10.9.2).

Bezugskanal xx für Analogausgang auf Port pp festlegen ipp f9 Exx

Externe Steuerung

Der Analogausgang kann auch über die Schnittstelle gesteuert werden und stellt somit einen programmierbaren Spannungsausgang (-1.2 ... +2.0 V oder -6.0 ... +10.0 V) bzw. einen Stromausgang (0.0 ... 20.0 mA) zur Verfügung. Der Ausgabewert wird mit -12000...+20000 Digit (0.1mV, 0.5mV, 1µA je nach Analogausgang) vorgegeben, und ist damit zur Steuerung von Peripheriegeräten (z.B. Sollwertvorgabe) durch einen Computer gedacht.

Funktion	Befehl
Analogausgabe von xxxxx Digit	f9 a±xxxxx
z.B. Spannung (2V) - 0.5 V	f9 a-05000
Spannung (10V) + 6.40 V	f9 a12800
Strom (20 mA) + 19.0 mA	f9 a19000
auf Messkanal zurückschalten	f9 E-00
auf letzten Sollwert zurückschalten	f9 E-01
Abruf von Bezugskanal und Analogausgabewert über die Gerätekonfiguration (siehe 6.2.4)	P19
	KONFIG: xxxxxx— -x— B-1 a+12345

Zuvor muss der Port gesetzt werden (siehe Kapitel 6.10.9.2)

Bezugskanal xx für Analogausgang auf Port pp festlegen	ipp f9 Exx
Bei Ausgängen DAx Analogtyp umschalten auf 10V	ipp f9 A1
Bei Ausgängen DAx Analogtyp umschalten auf 20mA	ipp f9 A2
Analogausgabe von xxxxx Digit auf Port pp	ipp f9 a±xxxxx

6.10.8 Zuordnung der Alarmrelais zu Grenzwerten

Zur Alarmmeldung werden standardmäßig beide Grenzwerte aller Messstellen herangezogen (siehe Kapitel 6.3.9) und, z.B. bei einem Relais-Modul ZA1006-EGK (siehe Kapitel 5.1.1.2), zieht bei Maxwertüberschreitungen das Relais 0, bei Minwertunterschreitungen das Relais 1 an.

Wenn Störungen jedoch selektiv erkannt und ausgewertet werden müssen, dann ist es möglich, Grenzwerten einzelne Relais zuzuordnen. Dieser Modus muss im Ausgangsmodul als Variante 2 (intern zugeordnet) eingestellt werden (siehe Kapitel 6.10.9).

Mehrere Ausgangsmodule mit je einer Funktionsvariante sind pro Relais möglich (siehe Kapitel 6.10.9.2). In Anlagen können damit theoretisch bis zu 100 Relais angesteuert werden:

Funktion	Befehl
Dem Gw-Max von Kanal yy Relais mit Portadresse pp zuordnen:	Eyy f2 Rpp
Dem Gw-Min von Kanal yy Relais mit Portadresse pp zuordnen:	Eyy f3 Rpp
Relaiszuordnung von Gw-Max Kanal yy löschen:	Eyy f2 R-pp
Relaiszuordnung von Gw-Min Kanal yy löschen:	Eyy f3 R-pp

Die erweiterte Relaiszuordnung kann in der erweiterten Fühlerprogrammierung mit Befehl f3 P15 abgerufen werden (siehe Kapitel 6.10.1).

6.10.9 Konfiguration der Ausgangsmodule

An die Ausgangsbuchsen A1, A2 etc. sind verschiedene Ausgangsmodule mit Relais, Triggereingängen oder Analogausgängen ansteckbar, die in ihrer Funktionsweise konfigurierbar sind. Mehrere Ausgangsmodule lassen sich anschließen. Alle Elemente (Relais, Triggereingang oder Analogausgang) können in ihrer Funktionsvariante einzeln konfiguriert werden.

Die Ausgangsmodule, wie der Relais-Trigger-Analog-Adapter ZA 8006-RTA3 (siehe Kapitel 5.1.3) bieten bis zu 10 Relais zur Ansteuerung von Peripheriegeräten. Anstelle der Relais sind optional auch Triggereingänge und Analogausgänge erhältlich.

Folgendes ist zu beachten:

- Ausgangskabel sind auf allen Ausgangsbuchsen verwendbar!
- Ausgangskabel verfügen über 2 getrennte Triggereingänge
- Triggerkabel können auch Befehlsmakros aufrufen!
- Bei Relais-Trigger-Adaptern gibt es eine Wachtdogkontrolle für Relais

Z.Zt. stehen folgende Interface-Elemente zur Verfügung:

Interface-Elemente:		Kürzel
Relais Schließer (Normally Open)	Halbleiterrelais 0.5A	N00
Relais Öffner (Normally Closed)	Halbleiterrelais 0.5A	NC0
Relais Wechsler (Change Over)	Halbleiterrelais 0.5A	C00
Relais dto.	Relais 2A	xx2
Triggereingänge:		
deaktiviert		TR0
mit Taste im Ausgangsmodul		TR1
mit Optokoppler aktiviert bei Stromfluss		TR2
mit Taste oder Optokoppler aktiviert bei Stromfluss		TR3
Analogausgänge:		
DA-Wandler im Modul, 10V/20mA umschaltbar:	10V	DA1
	20mA	DA2

Die Ausgangsmodule sind an alle, auch mehrere Ausgangsbuchsen ansteckbar. Um alle Elemente ansprechen zu können, wurden jeder Buchse 10 Portadressen pp zugeordnet:

Buchse	Interfaceelemente	Portadressen
P0	Geräteinterne Elemente, Anschluss über Buchse P0	00. . 01
A1	Ausgangsmodule an Buchse A1	10. . 19
A2	Ausgangsmodule an Buchse A2	20. . 29
A3	Ausgangsmodule an Buchse A3 soweit vorhanden	30. . 39
A4/B4	Ausgangsmodule an Buchse A4 oder Steckplatz B4	40. . 49
A5/B5	usw.	

Die Funktionsweise und der Zustand der einzelnen Elemente lassen sich folgendermaßen abfragen und programmieren:

Ausgabe der Ausgangsmodule und Konfiguration:	f3 P19
Buchse P0: Option Analogausgang intern	P0. 0A2490R02
DA-Wandler 10V angew. Messkanal B10	06:DA1 M00 +08. 234V
DA-Wandler 20mA gesteuert von COM	07:DA2 COM +08. 234mA
Buchse A1: Datenkabel USB	A1. ZA1919DKU DK0
Buchse A2: Relais-Trigger-Analog-Adapter	A2. ZA8006RTA3
Schließer 0.5A Variante 0 passiv Open	20:N00 0 0 0
Öffner 0.5A Variante 8 invers aktiv Open	21:NC0-8 1 0
Wechsler 0.5A Variante 2 passiv Open	22:C00 2 0 0
Wechsler 0.5A Variante 2 aktiv Closed	23:C00 2 1 C
DA-Wandler 10V Bezugskanal B10	26:DA1 B10 +08. 234V

Spezialfunktionen

DA-Wandler 20mA	gesteuert von	COM	27:DA2 COM +08. 234mA
Trigger Taste	Variante 1	Manuell	28:TR1 1
Trigger Optok.	Variante -5	Makro5	28:TR2-5

Programmierung der Ausgabemodule:

Zuerst Peripherieport pp (A1=1p, A2=2p..) setzen

Variante x von Portadresse pp setzen	ipp
Relaisvariante 0: Summenalarm	ipp f9 kx
Relaisvariante 2: intern zugeordnet	ipp f9 k0
Relaisvariante 3: Summenalarm Max	ipp f9 k2
Relaisvariante 4: Summenalarm Min	ipp f9 k3
Relaisvariante 8: extern gesteuert	ipp f9 k4
Relaisvariante -x: dto. inverse Ansteuerung	ipp f9 k8
Watchdog für Relaisansteuerung ein-(aus-)schalten	ipp f9 k-x
	i20 o(-) 19

Zur Erkennung von Stromausfall ist es vorteilhaft, wenn die Relaisansteuerung invertiert wird, weil ohne Strom automatisch auch der Alarmfall eintritt, d.h. nicht aktivierte Relais werden angezogen, die bei Alarm oder Stromausfall abfallen. Dafür kann die Funktionsvariante auch invers bzw. negativ eingegeben werden. Mit Watchdog fallen Relais ab, wenn Ansteuerung 1 Min. ausfällt.

Triggerfunktionen:

Triggervariante 0: Start-Stop	ipp f9 k0
Triggervariante 1: Einmalige Messstellenabfrage	ipp f9 k1
Triggervariante 2: Max-Min-Werte löschen	ipp f9 k2
Triggervariante 3: Funktion drucken	ipp f9 k3
Triggervariante 4: Start-Stop pegelgetriggert	ipp f9 k4
Triggervariante 8: Messwert nullsetzen	ipp f9 k8
Triggervariante -5...-9: Makro 5..9 (siehe Kapitel 6.6.5)	ipp f9 k-5. . k-9

6.10.10 Ansteuerung von Ausgangsrelais

Die Relais von allen Ausgangsmodulen können auch über die Schnittstelle gesteuert werden. Dazu muss die Variante 8 (extern gesteuert) programmiert sein (siehe Kapitel 6.10.9).

Die Ausgangskontakte werden mit folgenden Befehlen bedient:

Funktion	Befehle
Relais Portadresse pp (Variante 8) aktivieren	f1 Rpp
Relais Portadresse pp (Variante 8) deaktivieren	f1 R-pp

Der momentane Relaiszustand ist abrufbar (siehe Kapitel 6.10.9).

6.10.11 Ausgabe der Geräteversion

Die ALMEMO® Geräte werden ständig weiterentwickelt. Auch neue Geräte mit vollständig neuer Hard- und Software erhalten immer wieder neue Funktionen. Außerdem hat es immer Optionen und auch Sonderausführungen gegeben. Bei Updates und Anschluss neuer Fühler oder Peripheriegeräte ist es deshalb sehr wichtig, den genauen Versionsstand zu kennen. Dieser lässt sich durch folgenden Befehl abfragen:

Funktion	Befehl	Antwort
Softwareversion abfragen	t0	8590-9KL 6. 52

Optionen:

- KL Steckerlinearisierung
- R Sonderbereiche Kältemittel

Aus der Antwort erkennt man das Gerät ALMEMO® 8590-9 mit Option Steckerlinearisierung, die 1. Ziffer der Version 6.24 zeigt, dass es ein V6-Gerät ist.

Weitere Befehle (Seriennummer, Funktionen etc.) siehe Kapitel 7.5.

6.10.12 Baudrate ändern

Die Baudrate ist normalerweise in den Steckern der Schnittstellenkabel, die in den Buchsen A1 stecken, ab Werk auf 9600 Baud eingestellt und sollte möglichst nicht verändert werden. Werden in einem Netzwerk Kabel mit unterschiedlicher Baudrate verwendet, dann kommt keine Kommunikation zustande. Hohe Baudraten von 57.6 bis 230.4 kB können die Auslesezeit eines Speichers wesentlich verkürzen, sind aber nicht mit allen Datenkabeln, nicht mit jedem Gerät und nicht mit jedem Rechner möglich.

Während des Speicherauslesens mit 57.6 kB und höher wird eine laufende Messwerterfassung unterbrochen!

Beim Speicherauslesen ab 115.2 kB wird die Ausgabe im Tabellenformat gekürzt (siehe Kapitel 6.9.3).

Datenformat: Unveränderbar 8-Datenbits, keine Parität, 1- Stopbit.

Der Befehl über die Schnittstelle stellt in einem Netzwerk alle Schnittstellenkabel gleichzeitig um, soweit die angeschlossenen Geräte eingeschaltet sind. Danach muss die Baudrate im Kommunikationsgerät umgestellt werden, weil sonst die Übertragung unterbrochen wird. Bis zum Senden des nächsten Befehls muss eine Pause von min. 20 ms abgewartet werden.

Baudrate ändern	Befehle
300 bd	f1 b1
600 bd	f1 b2
1200 bd	f1 b3
2400 bd	f1 b4
4800 bd	f1 b5
9600 bd	f1 b6
57600 bd	f1 b7
115200 bd	f1 b8
230400 bd	f1 b9

6.10.13 Gerätekonfiguration

Es gibt einige Geräteeinstellungen (siehe auch Kapitel 6.2.4), die frühere Optionen vom Anwender programmierbar machen. Diese Konfiguration wird, wie die bereits bekannte Eingabe der Gerätebezeichnung, im Geräte-EEPROM dauerhaft gespeichert und auch bei einem Reset nicht gelöscht.

6.10.13.1 Betriebsparameter

Folgende Betriebsparameter bzw. Optionen sind vom Anwender konfigurierbar:

1. Netzfrequenzstörunterdrückung

Der Netzbrumm, bekannt durch Brummgeräusche in Verstärkeranlagen, ist eine Störspannung, die durch die Frequenz der Netzspannung hervorgerufen wird. Diese Störung kann bei empfindlichen Messgeräten durch die Integrationszeit des AD-Wandlers minimiert werden, wenn diese Messzeit genau eine Periode der Netzfrequenz beträgt. Um die Netzfrequenzstörunterdrückung wirklich zu erreichen, muss die Frequenz der am Ort vorhandenen Netzspannung bekannt sein und über den Betriebsparameter 1 (F) konfiguriert werden. Ab Werk ist immer 50 Hz eingestellt. Bei Messraten über 10 Messungen/s ist die Störunterdrückung prinzipiell nicht mehr möglich.

2. Alle Messwerte löschen bei Start einer Messung

In vielen Fällen ist es sinnvoll, beim Start einer zyklischen Messwertaufnahme alle Max-, Min- und Mittelwerte zu löschen, um diese Parameter am Ende der Messung zur Verfügung zu haben. Werden Messungen aber öfter unterbrochen und wieder gestartet, dann dürfen die bestehenden Werte nicht verloren gehen. Das Konfigurationsflag 2 (C) gestattet die Anpassung an jede Aufgabenstellung.

3. Ringspeicher bei Datenloggern

Der Messwertspeicher der Datenlogger ist normalerweise als Linearspeicher organisiert, der die Aufzeichnung beendet und 'Speicher voll' meldet, sobald der gesamte Speicherplatz belegt ist. Diese Betriebsart ist immer angezeigt, wenn der Beginn der Messung unverzichtbar ist. In vielen anderen Fällen, z.B. bei prophylaktischen Langzeitüberwachungen, reicht es, wenn man bei einem Ereignis die Vorgeschichte über einen begrenzten Zeitraum abrufen kann. Dieses Problem lässt sich mit dem Konfigurationsparameter 3 (R) durch die Organisation als Ringspeicher lösen, d.h. wenn der Speicher voll ist, werden alte Daten überschrieben, aber man kann immer den

Spezialfunktionen

ganzen Speicher bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt auslesen.

5. Überabtastung der Messdatenausgabe

Normalerweise ist es möglich, bei kontinuierlicher Messung die Messdaten öfter abzufragen, als sie gemessen werden. Soll die Ausgabe auf die Messrate begrenzt werden, dann ist das Flag 5 abzuschalten.

Funktion	ein	aus	Code
1. Netzfrequenzstörunterdrückung 60Hz statt 50Hz	f6 k1	f6 k-1	F
2. Alle Messwerte löschen bei Start einer Messung	f6 k2	f6 k-2	C
3. Ringspeicher bei Datenloggern	f6 k3	f6 k-3	R
4. Überabtastung der Messdatenausgabe	f6 k5	f6 k-5	A
5. Signalgeber abschalten (Bei Geräten mit Piepser)	f6 k6	f6 k-6	S
6. Datum-Zeit im Excel-Tabellenformat 'tt.mm.jj hh:mm:ss'	f6 k7	f6 k-7	E

7 Befehlsübersicht V6-Protokoll

Funktionszuordnung:

- Alle Geräte
- ^{D6} Auch D6-Fühler
- ^G Nur Geräte mit Grafikdisplay 2590-x, 2690, 2890, 5690-2, 5990-2
- ^{*G} Nur V6-Geräte mit Grafikdisplay 2690, 2890, 5690-2
- ^{**} Nur höhere V6-Geräte 2690, 2890, 5690, 8590
- ^{*K} Nur V6-Geräte mit Option KL

7.1 Messwertverarbeitung

Funktion	Befehl, ►: Antwort	Ausdruck
^{D6} Messstelle xx anwählen (incl. Eingabek.)	Mxx	
^{D6} Nur Eingabekanal xx anwählen	Exx	
^{D6} Messwert vom Messkanal ausgeben (ohne neue Abfrage)	p ► 01: +0023.5 °C	
^{D6} Messwert vom Eingabekanal ausgeben (ohne neue Abfrage)	P01 ► 12:34:00 01: +0023.5 °C	
^G Messwert vom Eingabekanal ausgeben (ohne Zeit, mit Kommentar)	P35 ► 01: +0023.5 °C Temperatur	
^{D6} Messwert nullsetzen (Basiswert)	C01	
Fühlerabgleich (Nullpunkt u. Steigung)	f1 C01	
**Nullsetzen Timer3 (1s)	f3 C01	
**Nullsetzen Timer4 (0.1s)	f4 C01	
**Kalibrierschalter (aus)-einschalten	o(-)01	
**Sollwert eingeben	f2 gxxxxx	
**Sollwertabgleich	f2 C01	
**Sollwert ausgeben	P45 ► SOLLWERT: 01: 1100.0 °C	
Temperaturkomp. in 0.1°C eingeben	f1 gxxxxx	
**Temperatursensor zur TK definieren	f2 \$*T .. CR	
Temperaturkompensation ausgeben	P44 ► KOMPENSATION 01: 25.0 °C	
^{D6} Luftdruck in mbar eingeben zur Komp.	g0xxxxx	
^{D6} Luftdrucksensor als Referenz definieren	f2 \$*P .. CR	
^G Luftdruck ausgeben	P43 ► LUFTDRUCK: +01013.mb	
Temperatursensor als VK definieren	f2 \$*J .. CR	
Spitzenwerte:		
Maximalwert löschen	C02	
Maximalwert ausgeben	P02 ► MAXIMALWERT: 01: +0020.0 °C	
**Maxzeit ausgeben	P28 ► MAX-ZEIT: 01: 12:32 01.02	
Minimalwert löschen	C03	
Minimalwert ausgeben	P03 ► MINIMALWERT: 01: -0010.0 °C	
**Minzeit ausgeben	P29 ► MIN-ZEIT: 01: 12:32 01.02	
Mittelwertbildung:		s. P15 MITTEL
Mittelmodus löschen	m0	- - -
Mittelmodus kontinuierlich	m1	CONT
Mittelmodus zyklisch	m2	CYCL

Befehlsübersicht V6-Protokoll

Funktion

^GMittelmode ausgeben

^GMittelanzahl ausgeben

Mittelwert löschen

Mittelwert ausgeben

Dämpfung (Anzahl gemittelter Werte xx)

Dämpfung ausgeben

Volumenstrommessung:

Querschnitt eingeben in cm² für Volumen

Querschnitt ausgeben

Durchmesser ausgeben

^GVolumenstrom ausgeben

Befehl, ►: Antwort **Ausdruck**

P21

►MITTELMODE: 01: CONT

P22

►MITTELANZAHL:01: 00178.

C14

P14

►MITTELWERT: 01: +0017.8 °C

f1

ZXX

s. f3 P15:

DG

P32

►DAEMPfung: 01: 10

Qxxxxx

s. f3 P15:

QUERS

P26

►QUERSCHNITT: 01: 00078 cm2

P25

►DURCHMESSER: 01: 00100 mm

P27

►VOLUMEN: 01: 00000 m3/h

7.2 Messstellenabfragen, Messdatenaufnahme und -ausgabe

7.2.1 Ablaufsteuerung

Uhrzeit eingeben	Uhhmmss		
Uhrzeit löschen	C10		
Uhrzeit ausgeben	P10		
	►UHRZEIT:	12:34:00	
Datum eingeben	dtmmjj		
Datum löschen	C13		
Datum ausgeben	P13		
	►DATUM:	12:03:06	
Anfangszeit der Messung eingeben	f1 Uhhmmss		
Anfangszeit löschen	f1 C10		
Anfangszeit ausgeben	f1 P10		
	►ANFANGSZEIT:	12:00:00	
Endezeit der Messung eingeben	f2 Uhhmmss		
Endezeit löschen	f2 C10		
Endezeit ausgeben	f2 P10		
	►ENDEZEIT:	18:00:00	
Anfangsdatum der Messung eingeben	f1 dtmmjj		
Anfangsdatum löschen	f1 C13		
Anfangsdatum ausgeben	f1 P13		
	►ANFANGSDATUM:	12.03.06	
Endedatum der Messung eingeben	f2 dtmmjj		
Endedatum löschen	f2 C13		
Endedatum ausgeben	f2 P13		
	►ENEDATUM:	12.03.06	
Messdauer eingeben	f2 Ihmmss		
**Messdauer ausgeben	P47		
	►MESSDAUER:	06:30:00	
	P46		
	►MESSZEIT:	03:12:45.67	
Zyklus eingeben	Zhmmss		
**Speichern im Zyklus (aus)-einschalten	f1 A(-)4		
Zyklus löschen	C11		
Zyklus ausgeben	P11		
Speicher, Format, Abfragemode (s.u.)	►DRUCKZYKLUS:	00:01:30 Sn s	
Zyklustimer	f1 P11		
	►DRUCKTIMER:	00:01:23	
Zyklus eingeben	Ihmmss		
mit Speichern	I+hhmmss		
ohne Speichern	I-hhmmss		
Messrate und Modus:			
Messrate 2.5 M/s halbkontinuierlich	f5 k0	s. P15	W003
Messrate 10 M/s halbkontinuierlich	f5 k1		W010
**Messrate 50 M/s halbkontinuierlich	f5 k7		W050
**Messrate 100 M/s halbkontinuierlich	f5 k8		W100
**Messrate 400 M/s (Option)	f5 k9		W400
Kontinuierliche Abfrage (aus)-einsch.	f5 k(-)2		C
Kontinuierlich speichern (aus)-einsch.	f5 k(-)4		S
Kontinuierlich ausgeben (aus)-einsch.	f5 k(-)5		U
Ausgabe öfter als Messrate (nicht) erlauben	f6 k(-)5		
Abfragemodus:			
**Sleepmodus (aus)-einschalten	o(-)11	s. P11	S
Eingabe Sleepverzögerungszeit xxx s:	f2 uxxx		

Befehlsübersicht V6-Protokoll

**Monitormode (aus)-einschalten	f1	A(-)1	M
**Fail-Save-Mode (aus)-einschalten	f2	A(-)1	F
Ausgabeformat: (aus)-einschalten			
^{D6} Messwerte als Liste untereinander		N0	s. P15
Messwerte im Spaltenformat nebeneinander		N1	-
^{D6} Messwerte im Tabellenformat		N2	n
Nummer eingeben, aktivieren (z.B 123001)		n123001	t
dto. mit Buchstaben eingeben (-, ,A,F,N,P)	f3	\$A1-N02	
Nummer inkrementieren		n+	
Nummer ausgeben		P05	
		► NUMMER:	A1-N02
^G Nummer ausgeben		P23	
		► NUMMER:	01-012
**Dateiname eingeben (max. 8 Zeichen)		\$Name CR	
**Dateiname für automat. Tagesdateien		\$&Name CR	

7.2.2 Einmalige manuelle Messtellenabfrage und Ausgabe

^{D6} Befehl	S1
Listenformat	► 12:00:00 01: +0012.0 °C Bezeichng 02: +0009.9 °C Wasser
Spaltenformat	► 12:00:00 01: +0012.0 °C 02: +0009.9 °C
Tabellenformat	► "12.03.06";"12:30:00";12,;9,9
^{D6} dto. ohne Zeit u. Datum	s
	► ;;12,;9,9
Ausg. weitere Module	G01, G02, G..
	► ;;123,4;25,2
Ausgabe ohne Abfrage	f1 G01
	► ;;123,4;25,2

7.2.3 Zyklische Messtellenabfrage und Ausgabe starten

Befehl	S2
Listenformat	► DATUM: 12:03:06 12:00:00 01: +0012.0 °C 02: !+0009.9 °C
Grenzwertüberschreitung	12:01:30 01: +0012.5 °C 02: >+0400.0 °C
Messbereichüberschreitg.	
Spaltenformat	► DATUM: 12:03:06 12:00:00 01: +0012.0 °C 02: +0009.9 °C 12:01:30 01: +0012.5 °C 02: +0010.7 °C
Tabellenformat	► "DATUM";"ZEIT";"M01: °C";"M02: °C";;; "12.03.06";"12:00:00";12,;9,9 "12.03.06";"12:01:30";12,5;10,7

7.3 Messwertspeicherausgaben

Speicherplatz ausgeben (S=gesamt, F=Frei)	f1	P04
ⒸFunktion SpeicherFrei ausgeben		►SPEICHER: S0500.3 F0312.4
		P33
		►SPEICHER: S0512.1 F0324.4
**Version MMC-Stecker ausgeben	f4	t0
		►MMC1.04
Tabellenkopf ausgeben	f2	P04 (s. Speicherausgabe im Tabellenformat)
Speicher löschen, MMC formatieren		C04
Speicher und alle Messdaten löschen	f1	C04
Anfang und Ende der Speicherausgabe festlegen:		
Anfangszeit eingeben	f3	Uhhmmss
Anfangszeit löschen	f3	C10
Anfangszeit ausgeben	f3	P10
		►ANFANGSZEIT: 14:00:00
Endezeit eingeben	f4	Uhhmmss
Endezeit löschen	f4	C10
Endezeit ausgeben	f4	P10
		►ENDEZEIT: 16:00:00
Anfangsdatum eingeben	f3	dtmmjj
Anfangsdatum löschen	f3	C13
Anfangsdatum ausgeben	f3	P13
		►ANFANGSDATUM:12.03.06
Endedatum eingeben	f4	dtmmjj
Endedatum löschen	f4	C13
Endedatum ausgeben	f4	P13
		►ENDEDATUM: 12.03.06
Ausschnitt Anfang bis Ende ausgeben	f3	P04
Gesamten Speicher ausgeben		P04
Speicherbereich mit Nummernkennzeichnung selektiv ausgeben:		
Nummer eingeben, aktivieren (z.B 123001)		n123002
dto. mit Buchstaben eingeben (-, ,A,F,N,P)	f3	\$A1-N02
Test ob Nummer im Speicher		t4
		►OK oder ERROR
Nummernliste ausgeben	f1	P05
		►NUMMER:
		11-001
		11-002
		A1-N02
Nach Nr-Aktivierung Speicher ausgeben		P04
Antwort im Listen-/Spaltenformat:		
►SPEICHER:		
NUMMER: 12-001		wenn programmiert
DATUM: 12:03:06		
12:00:00 01: +0012.0 °C 02: +0009.9 °C		
12:01:30 01: +0012.5 °C 02: +0010.7 °C		

Antwort im Tabellenformat:

► **SPEICHER:**
 "NUMMER:";"12-001" wenn programmiert
 "ALMEMO";"BEREICH:";"NiCr";"NiCr";;;;;;
 "8590-9";"KOMMENTAR:";"Bezeichng";"Wasser";;;;;;
 "MMC1.04";"GW-MAX:";123,4;;;;;;
 "ALMEMO.001";"GW-MIN:";12;;;;;;
 "DATUM";"ZEIT";"M01: °C";"M02: °C";;;;
 "12.03.06";"12:00:00";12,;9,9
 "12.03.06";"12:01:30";12,5;10,7

Speicherausgabe abbrechen X

**Alle Speicherdaten ausgeben:

Speicherplatz intern (R=Ringspeicher)

Speicherplatz extern

Speicher frei

Verbleibende Speicherzeit: tttt.hh:mm

Anfangszeit der Speicherausgabe

Anfangsdatum der Speicherausgabe

Endezeit der Speicherausgabe

Endedatum der Speicherausgabe

Dateiname neue Datei

Dateiname aktuelle Datei im Speicher

f4 P19

► SI:0512.4k R

SE:256.00M

SF:0324.5k

SZ:0001.18:20

U3:07:00:00

D3:01.02.06

U4:17:00:00

D4:02.02.06

DT:DATEINEU.001

FI: ALMEMO.001

Einzelwertspeicher:

Abspeichern eines Messwertes:

Ausgabe der Speicherdaten:

Ausgabe:

S-4

P-04

► Memory:

P01: 00: +022.12 °C

P02: 00: +022.12 °C

P03: 10: +0039.9 %H

P04: 10: +0039.9 %H

P05: 20: +0007.6 °C

P06: 20: +0007.5 °C

Löschen des Speichers:

C-04

7.4 Fühlerprogrammierung

Fühlerprogrammierung

^{D6} Eingabekanal Exx anwählen

Bezugskanal1 b1 absolut

Bezugskanal1 b1 relativ

Bezugskanal2 b2 absolut

Bezugskanal2 b2 relativ

Befehl

Ausdruck

	Exx	
f1	Eb1	B1: b1
f1	E-b1	-b1
f2	Eb2	MX: b2
f2	E-b2	-b2

7.4.1 Messbereiche:

Messbereich

Befehl

Kürzel

Pt100-1 4Ltr.	-200..850.0 °C	B01	P104
Pt100-2 4Ltr.	-200..400.00 °C	B03	P204
**Pt100-3 4Ltr.	-8..65.000 °C	B00	P304
Ni100 4Ltr.	-60.. 240.0 °C	B63	N104
Ntc Typ N	-50..125.00 °C	B09	Ntc
NiCr-Ni (K) mit VK	-200..1370.0 °C	B04	NiCr
NiCrSiL-NiSiL (N) mit VK	-200..1300.0 °C	B34	NiSi
Fe-CuNi (L) mit VK	-200.. 900.0 °C	B05	FeCo
Fe-CuNi (J) mit VK	-200..1000.0 °C	B35	IrCo
Cu-CuNi (U) mit VK	-200.. 600.0 °C	B06	CuCo
Cu-CuNi (T) mit VK	-200.. 400.0 °C	B36	CoCo
PtRh10-Pt (S) mit VK	0..1760.0 °C	B07	Pt10
PtRh13-Pt (R) mit VK	0..1760.0 °C	B37	Pt13
PtRh30-PtRh6 (B) mit VK	+400..1800.0 °C	B08	El18
AuFe-Cr mit VK	-270... 60.0 °C	B38	AuFe
Millivolt	-10..55.000 mV	B10	mV
Millivolt 1	-26..26.000 mV	B27	mV 1
Millivolt 2	-260..260.00 mV	B28	mV 2
Volt	-2.6..2.6000 V	B11	Volt
Differenz-Millivolt	-10..55.000 mV	B50	D 55
Differenz-Millivolt 1	-26..26.000 mV	B51	D 26
Differenz-Millivolt 2	-260..260.00 mV	B52	D260
Differenz-Volt	-2.6..2.6000 V	B53	D2.6
Milliampere	-32..32.000 mA	B12	mA
Prozent	4-20.000 mA	B13	%
Batterie	0..25.000 V	B14	Batt
Ohm	0..500.00 W	B15	Ohm
Frequenz	0..25000	B29	Freq
Impulse über Zyklus	0..65000	B54	Puls
^{D6} Digital	-65000..+65000	B55	DIGI
Flügelrad Normal	0.3..20.00 m/s	B30	S120
Flügelrad Normal	0.4..40.00 m/s	B31	S140
Flügelrad Mikro	0.5..20.00 m/s	B32	S220
Flügelrad Mikro	0.6..40.00 m/s	B33	S240
Flügelrad Makro	0.1..20.00 m/s	B24	L420
Wasserturbine Mikro	0...5.00 m/s	B25	L605
Staudruck mit TK	0.5..40.00 m/s	B40	L840
Staudruck mit TK	0..90.00 m/s	B41	L890
Rel. Feuchte kap.	0..100.0 %	B16	% rH
Rel. Feuchte kap. mit TK	0..100.0 %	B42	HcrH
Rel. Feuchte kap. mit TK	0..100.0 %	B56	H rH
bs.Feuchte kap. mit LK	0..500.0 g/kg	B43	H AH

Messbereich		Befehl	Kürzel
Taupunkt kap.	-25..100.0 °C	B44	H DT
Dampfdruck kap.	0..1050 mbar	B59	H VP
Enthalpie kap. mit LK	0..400.0 kJ/kg	B58	H En
Feuchtemperatur	-50..100.00 °C	B45	P HT
Rel. Feuchte psychr. mit LK	0..100.0 %	B46	P RH
Abs. Feuchte psychr. mit LK	0..500.0 g/kg	B47	P AH
Taupunkt psychr. mit LK	-25..100.0 °C	B48	P DT
Dampfdruck psychr. mit LK	0..1050 mbar	B49	P VP
Enthalpie psychr. mit LK	0..400.0 kJ/kg	B57	P En
pH-Sonde mit TK (Dim=pH/PH)	0..14.00 pH	B53	D2.6
Leitfähigkeit mit TK	0..20.00 mS	B60	LF
CO ₂ -Konzentration	0..25.00 %	B64	CO2
O ₂ -Sättigung mit TK u. LK	0..260 %	B65	O2-S
O ₂ -Konzentration mit TK	0..40.0 mg/l	B66	O2-C
Temperatur digital intern (Opt.)	-20..+80 °C	B68	D °C
Rel. Feuchte digital intern (Opt.)	0..100 %	B69	D %H
Digitaleingang	0..100.00 %	B70	Inp
Funktionskanäle			
Differenz (b1-b2)		B71	Diff
Maximalwert (b1)		B72	Max
Minimalwert (b1)		B73	Min
Mittelwert über Zeit $\bar{M}(b1)$		B74	M(t)
Mittelwert über Messst. $\bar{M}(b2..b1)$		B75	M(n)
Summe über Messst. (b2..b1)		B76	S(n)
Gesamtpulszahl (b1)	0..65000	B77	S(t)
Pulszahl/Druckzyklus (b1)	0..65000	B78	S(P)
Wärmeoeffizient = $\bar{M}(b1)/\bar{M}(b2)$	650.00 W/m ² K	B79	q/dt
WBGT=0.1M(b2)+0.7M(b2+10)+0.2M(b1)	-200..400.00 °C	B02	WBGT
Alarmwert (b1)	0..100.00 %	B80	Alrm
Messwert (b1)		B81	Mess
Vergleichsstellentemperatur	-30..100.0 °C	B82	CJ
Anzahl gemittelter Werte (b1)	0..65000	B83	n(t)
Volumenstrom m ³ /h=M(b1)*QS	m ³ /h	B84	Flow
Timer	0..65000 s	B85	Time
Timer mit Exp -1	0..6500.0 s	B85	Time
Luftdruck (Option AP)	300..1100 mb	B86	AP

VK=Vergleichsstellenkompensation, TK=Temperaturkompensation, LK=Luftdruckkompensation

Funktion	Befehl
Programmierte Messstelle deaktivieren	C00
**Programmierte Messstelle wieder aktivieren	o00

Funktion	Befehl	Ausdruck
^G Bereich ausgeben	P24	
	►BEREICH: 01: NiCr	
^{D6} Dimensionsänderung 'xy' f1	\$xy CR	s. P15: D
^{D6} Messstellenbezeichnung 'Name' (10 Z.) f2	\$NameCR	s. P15: KOMMENTAR

7.4.2 Messwertskalierung und -korrektur

D6 Basiswert eingeben	0(-)xxxxx s. P15: BASISW
D6 Basiswert löschen	C06
Basiswert ausgeben	P06
	►BASISWERT: 01: -0273.0 °C
D6 Faktor eingeben	Fxxxxx s. P15: FAKTOR
D6 Faktor löschen	C07
D6 Exponent eingeben	Vx
D6 Exponent löschen	V0
Faktor und Exponent ausgeben	P07
	►FAKTOR: 01: +1.0350E-1
D6 Nullpunktkorrektur eingeben	f1 0xxxxx s. f1 P15: NULLPKT
D6 Nullpunktkorrektur löschen	f1 C06
Nullpunktkorrektur ausgeben	f1 P06
	►NULLPUNKT: 01: -0000.7 °C
D6 Steigungskorrektur eingeben	f1 Fxxxxx s. f1 P15: STEIGNG
D6 Steigungskorrektur löschen	f1 C07
Steigungskorrektur ausgeben	f1 P07
	►STEIGUNG: 01: +1.0013

7.4.3 Grenzwerte

D6 Grenzwert Max. eingeben	H(-)xxxxx
D6 Grenzwert Max. löschen	C08
Grenzwert Max. ausgeben	P08
	►GRENZW. MAX: 01: 0100.0 °C
Aktion Grenzwert Max. nur Alarm	h0 AH: --
Aktion Messstellenabfrage Start	h1 S-
Aktion Messstellenabfrage Stop	h2 E-
**Aktion Messstellenabfrage Manuell	h3 M-
**Aktion Timer nullsetzen	h4 T-
**Aktion Makro 5..9 aufrufen	h5..h9 5-
Aktion Alarmrelais x auf A2 ansteuern	f1 hx -x
**Aktion Alarmrelais Port pp (aus)ein	f2 R(-)pp s. f3 P15: RH: pp
D6 Grenzwert Min. eingeben	L(-)xxxxx
D6 Grenzwert Min. löschen	C09
Grenzwert Min. ausgeben	P09
	►GRENZW. MIN: 01: -0020.0 °C
Aktion Grenzwert Min. nur Alarm	l0 s. f1 P15: AL: --
Aktion Messstellenabfrage Start	l1 S-
Aktion Messstellenabfrage Stop	l2 E-
**Aktion Messstellenabfrage Manuell	l3 M-
**Aktion Timer nullsetzen	l4 T-
**Aktion Makro 5..9 aufrufen	l5..l9 5-
Aktion Alarmrelais x auf A2 ansteuern	f1 lx -x
**Aktion Alarmrelais Port pp (aus)ein	f3 R(-)pp s. f3 P15: RL: pp

7.4.4 Sonderfunktionen

^{D6} Fühlerverriegelung keine	f1 k0	s. f1 P15:	VM:	0
Messbereich, Elementflags	f1 k1			1
Messbereich, Nullpunkt, Steigung	f1 k2			2
Messbereich, Dimension	f1 k3			3
+ Nullpunkt, Steigung	f1 k4			4
^{D6} + Basis, Faktor, Exponent	f1 k5			5
+ Analogausgang-Anfang-Ende	f1 k6			6
+ Grenzwerte	f1 k7			7
Fühler endgültig verriegeln	f8 kx			x.
Endgültige Verriegelung aufheben	f-8 kx			
Verriegelung ausgeben (s.a. f1 P15)	f1 P00			
	► VERRIEGELUNG:5			
	P42			
	► VERRIEGELUNG:5			
	a(-)xxxxxx s. f1 P15:	ANA-ANF		
	C16			
	P16			
	► ANALOGANFANG:01: -0010.0 °C			
	e(-)xxxxxx s. f1 P15:	ANA-END		
	f1 e(-)xxxxxx			
	C17			
	P17			
	► ANALOGENDE: 01: +0040.0 °C			
	ZXX s. f1 P15:	ZF		
	UXXX s. f1 P15:	UMIN		
	f1 UXXX s. f2 P19:	US		
	f3 t0 ► jjmm1234			
	f9 zmm (nur mit Option KL)			
	f9 dttmmjj			
	f9 P13			
	► KF:02.02.06 12			

^GVerriegelung ausgeben

Analogausgang Anfang eingeben
 Analogausgang Anfang löschen
 Analogausgang Anfang ausgeben

Analogausgang Ende eingeben
 Analogausgang Ende eingeben (4-20mA)
 Analogausgang Ende löschen
 Analogausgang Ende ausgeben

Druckzyklusfaktor

^{D6} Minimale Fühlerversorgungsspannung
 Fühlerversorgungsspannung einstellen

*^K**Seriennummer** vom Fühler ausgeben
 *^K**Kalibrierzyklus** Fühler (Mon.) eingeben
 *^{KD6}**Nächstes Kalibrierdatum** eingeben
 *^K**Nächstes Kalibrierdatum** ausgeben

Funktion

Multiplexer ändern, Eingänge für
 Bereich Bxx

Differenz

Ausgabefunktion

Elementflags setzen

Emission u. Hintergrundtemperatur
 Aktivierung Brückenschalter
 **DIGI nur zykl. Abfrage
 **Galv. Trennung ausschalten
 ohne Fühlerbrucherkennung
 Analogausgang 0/4-20mA
Fühlerprogrammierung neu einlesen

	Befehl	Ausdruck
B-A	f1 Bxx	MX: M1
C-A	f2 Bxx	s.f1 P15 M2
D-A	f3 Bxx	M3
C-B	f4 Bxx	M4
D-B	f5 Bxx	M5
Messwert	f1 m0	FUNK: Mess
Differenz	f1 m1	Diff
Maxwert	f1 m2	Max
Minwert	f1 m3	Min
Mittelwert	f1 m4	M(t)
Alarmwert	f1 m5	Alrm
Messstrom I_{10}	f2 k(-)1	EF: 01
Infrarot	f2 k(-)2	02
Brücke	f2 k(-)3	04
DIGI zyklisch	f2 k(-)4	08
Iso off	f2 k(-)5	10
Fühlerbruch	f2 k(-)7	40
4-20mA	f2 k(-)8	80
	t5	

Befehlsübersicht V6-Protokoll

D6 Standardprogrammierung ausgeben

Alle aktiven Kanäle mit Zyklen, Speicher, Messrate P15



AMR ALMEMO 8590-9
MS BER. GW-MAX GW-MIN BASISW D FAKTOR EXP MITTEL KOMMENTAR
01: NiCr +0123.4 -0012.0 +0000.0°C 1.0000 E+0 - - - Temperatur
MESSZYKLUS: 00:00:00 - S0500.3 F0312.4 ARS W010 C-SU
DRUCKZYKLUS: 00:01:30 Sn 9600 bd
ANFANGSZEIT: 07:00:00 (wenn programmiert)
ENDEZEIT: 19:00:00

Nur Eingabekanal P00



01: NiCr +0123.4 -0012.0 +0000.0°C 1.0000 E+0 - - - Temperatur

D6 Erweiterte Fühlerprogrammierung: f1 P15



AMR ALMEMO 8590-9
MS NULLPKT STEIGNG VM K FUNK EOFSET EFAKT ANA-ANF ANA-END B1 MX EF AH AL ZF UMIN
01: +0000.0 +1.0000 5. 1 MESS +00000 32000 +0000.0 +1000.0-01 M1 -- S- E2 05 12.0

D6 Volle Standardprogrammierung:

Alle akt. Kanäle, Zyklen, Speicher, Messrate f2 P15



AMR ALMEMO 8590-9
MS BER. GW-MAX GW-MIN VM K FUNK EOFSET EFAKT ANA-ANF ANA-END B1 MX EF AH AL ZF UMIN
01: NiCr +0123.4... 5. 1 MESS +00000 32000 +0000.0 +1000.0-01 M1 -- S- E2 05 12.0
MESSZYKLUS: 00:00:30 S S0500.3 F0312.4 A W010C-SU
DRUCKZYKLUS: 00:10:00 U 9600 bd

Nur Eingabekanal f2 P00



01: NiCr +0123.4... 5. 1 MESS +00000 32000 +0000.0 +1000.0-01 M1 -- S- E2 05 12.0

**Neue Fühlerprogrammierung: f3 P15



MS BER. GW-MAX GW-MIN BASISW D FAKTOR EXP MITTEL KOMMENTAR DG QUERS RH RL
01: NiCr +0123.4 -0012.0 +0000.0°C 1.0000 E+0 - - - Temperatur 05 01234. 21 22

Nur Eingabekanal f3 P00



01: NiCr +0123.4 -0012.0 +0000.0°C 1.0000 E+0 - - - Temperatur 05 01234. 21 22

**Steckerprogrammierung: f4 P15



ST SENSOR SERIENNR KAL-DAT. ZY
01: FHA6461..... 12345678 01.10.06 12 (Nur Option KL)

Nur Eingabekanal f4 P00



01: FHA6461..... 12345678 01.10.06 12 (Nur Option KL)

7.5 Geräteprogrammierung

Geräteprogrammierung

^{D6} Gerät/Modul anwählen, Messwerte ausgeben
 Gerät/Modul anwählen, Messwerte ausgeben
 Softwarereset, Neuinitialisierung RAM u. Ports
^{D6} Gerätebezeichnung (max. 40 Zeichen) eingeb.
 Gerätebezeichnung ausgeben

^{D6} Gerätetyp und -version ausgeben

****Abfrage verfügbarer Funktionen:**
Speicher, Stecker/MMC, Anfang-Ende, Ringspeicher,
Sleep, CRC, KL, P15, P18, P19 (Befehlszahl) | Version
****Bei Anlagen von allen Einschüben**
 Typ(MF, MU, KS, TH), Version, Adresse ausgeben

****Seriennummer** vom Gerät ausgeben

***K**Nächstes **Kalibrierdatum** eingeben

***K**Nächstes Kalibrierdatum ausgeben

A=Meldung aktiviert

Hysteresis zur Alarmverarbeitung eingeben

****Sprache** eingeben (D=0, E=1, F=2, X=3)

^{D6} Baudrate ändern (6=9.6, 7=57.6, 8=115.2kb)

Betriebsparameter:

60Hz Brummunterdrückung

Beim Start Max-, Min-, Mittelwerte löschen

Ringspeicher

Überabtastung der Datenausgabe erlauben

Signalgeber ausschalten

Datum-Zeit im Excel-Format 'tt.mm.jj hh:mm:ss'

****Makros 5..9** eingeben (max. 30 Zeichen)

****Makros 5..9** ausgeben

****Makros 5..9** aufrufen

****V6-Peripherieport pp** (A1=1p, A2=2p..) setzen

****Relais Port pp** (aus-)einschalten

****Relaisvariante x** von Port pp setzen (- = invers)

****Triggerfunktion** von Port p8 (Makro 5..9)

****Analogtyp** von pp wählen 1=10V, 2=20mA

****Analogwertausgabe** von pp programmieren

****Bezugskanal** von Port pp (Analogausgang)

****Watchdog** ein-(aus-)schalten

Befehl	Ausdruck
	Gxx wenn zuvor Abfrage
f1	Gxx ohne Abfrage C19
f4	\$Gerätebezeichnung CR
f1	t0 oder ^o P36 ►Gerätebezeichnung t0 ►A8590-9 6.xx t6 ►S-ARLCK524 2
f5	t0 ►A5690-SL MF 1.10 Adr: 02 A5690-SL MU 1.06 Adr: 04
f2	t0 ►Hjmm1234
f8	dtmmjj (nur mit Option KL)
f8	P13 ►KG:02.02.06 -/A Yxx
	kx
f1	bx
	KONFIG:
f6	k(-)1 F
f6	k(-)2 C
f6	k(-)3 R
f6	k(-)5 A
f6	k(-)6 S
f6	k(-)7 E
f-5...	\$bxx bx CR
f-5...	P20
-9	►bxx bx m-5...-9
ipp	
f1	R(-)pp
ipp	f9 k(-)x
ipp	f9 kx (k-5..k-9)
ipp	f9 Ax
ipp	f9 a(-)xxxxx
ipp	f9 Exx
i20	o(-)19

7.5.1 Ausgabe der Geräteparameter

^{D6} Ausgabe der Geräteparameter
 Adresse, Kanäle möglich, aktiv, primär
 Luftdruck s. 6.2.5
 Vergleichsstellentemperatur
 LoBat und Fühlerspannung
 Hysteresis s. 6.2.6
 Konfiguration s. 6.10.13, 6.10.7
 Alarmzustand der Relais 0..3 s. 6.10.8
 Ausgangsmodul auf A1 s. 6.10.9
 Ausgangsmodul auf A2

P19
 GERAET: G00 M20 A08 P10/mm/uu
 LUFTDRUCK: +01013. mb
 VK-TEMP: +0023.5 °C
 U-SENSOR: ! 12.5 V
 HYSTERESE: 10
 KONFIG: FCRDAS-8 -L-- B01
 ALARM: -1-3
 A1: DK0 Un
 A2: AA

Befehlsübersicht V6-Protokoll

**Ausgabe alle fixen Geräteparameter:

Gerätebezeichnung:
 Version, Optionen:
 Seriennummer:
 Baudrate:
 Gerät: Adresse, Messstellen gesamt, Aktiv
 Anlage: Einschübe(=MF !=MU-alt :=MU-neu :=KS :=TH)
 Hysterese:
 Konfiguration: 60Hz,ClrMw,Ringsp,-,U-Abtasten,Signal aus
 Sollwert:
 Wandlungsrate: Ausgabe Cont, -, Speicher, V24
 Nummer:
 Druckzyklus: Ausgabekanal-
 format,Sleep/Monitor/FailSafe
 Messzyklus:
 Anfangszeit:
 Anfangsdatum:
 Endezeit:
 Endedatum:
 Messdauer:
 Geräteverriegelung:
 Nächste Kalibrierung: Datum, Alarm
 Sprache:
 Display: Kontrast, Beleuchtungsstufe, -dauer
 Sleepverzögerung in s (Sleep-Delay z.B. 123 s)

f1 P19
 ►GB:ALMEMO 2690-8
 V0.2690-8 RKL
 SN.H12345678
 BR:57.6k
 GE.G00 M40 A08
 G00 M:0 A68 40/10!20.30;10,
 HY:10
 KF:FCR-AS-- -----
 SW:+1100.0 °C
 WR:010C-SU
 NR:123456
 Z1:00:10:00 Sn -/s/M/F
 Z2:00:00:00
 U1:07:00:00
 D1:01.02.06
 U2:17:00:00
 D2:02.02.06
 MD:00:10:00
 GV:M0F0
 KG:01.10.06 -/!
 SP:D
 DI:G2 050 2 1
 SD:123 s

**Ausgabe aller Gerätevariablen:

Temperatur zur Kompensation:
 Luftdruck zur Kompensation:
 VK-Temperatur:
 Uhrzeit:
 Datum:
 Drucktimer:
 Messtimer:
 Messzeit:
 Timer3
 Timer4
 U-Bat:
 U-Soll:
 U-Fühler:
 Akkuanzahl
 Akku-Kapazität:
 Lademodus:
 Ladestrom:
 Ladezeit:

f2 P19
 ►TK:+ 25.0 °C
 LD:+01013.mb
 CJ:+0023.5 °C
 UZ:12:34:00
 DA:01.02.06
 T1.00:01:23
 T2.00:00:00
 MZ.00:00:00.00
 T3. 65000. s
 T4. 6500.0 s
 UB. 3.9 V
 US: 12.0 V
 UF.! 12.5 V
 AZ.3
 AK:1600mAh
 LM.L1
 LS.0500mA
 LZ.2.50 h

**Ausgabe der Ausgangsmodule:

Buchse DC: Netzadapter ALMEMO® Stecker
 Spannung 12V Strombelastbarkeit 1A
Buchse P0: Option Relais intern
 Schließer 0.5A Variante 0 invers aktivOpen
 Schließer 0.5A Variante 8 aktiv Closed
Buchse A1: Datenkabel USB

Buchse A2: Analog-Ausgangskabel

Analogausgang 2V Messkanal M01

Buchse A3: Speicherkarte mit Micro-SD-Card

Buchse A4: Relais-Trigger-Analog-Adapter V6

Schließer 0.5A Variante 0 passiv Open
 Öffner 0.5A Variante 8 invers aktivOpen
 Wechsler 0.5A Variante 2 aktiv Closed

DA-Wandler 10V Bezugskan.

DA-Wandler 20mA gesteuert COM

Trigger Taste Variante 0 Start-Stop

Buchse A5: Relais-Trigger-Kabel V6

Schließer 0.5A Variante 2 aktiv Closed

f3 P19
 ►DC.ZA1312NA8
 12V 1000mA
 P0.0A2490Rxx
 00:N00-0 1 0
 01:N00 8 1 C
 A1.ZA1919-DKU
 DK0
 A2.ZA1601-RK
 RK
 A3.ZA1904SD
 A4.ZA8006RTA3
 40:N00 0 0 0
 41:NC0-8 1 0
 42:C00 2 0 C
 46:DA1 B01 +08.234 V
 47:DA2 COM +12.345mA
 48:TR1 0
 A5.ZA1006EKA
 50:N00 2 1 C

Öffner 0.5A Variante 2 invers aktivOpen
 Trigger Optok. Variante 1 Manuell
 Trigger Optok. Variante-5 Makro5
Bus B6..B9:

51:NC0-2 1 0
 58:TR1 1
 59:TR2-5
 B6.ES8006RTA5
 60:...69:
 xx:Funktion programmierbar,
 xx.Funktion fix oder Messwert

****Speicherkonfiguration** f4
 Speicherplatz intern (R=Ringspeicher)
 Speicherplatz extern
 Speicher frei
 Verbleibende Speicherzeit: tttt.hh:mm
 Anfangszeit der Speicherausgabe
 Anfangsdatum der Speicherausgabe
 Endezeit der Speicherausgabe
 Endedatum der Speicherausgabe
 Dateiname neue Datei
 Dateiname aktuelle Datei im Speicher

P19
 SI:0512.4k R
 SE:256.00M
 SF:0324.5k
 SZ:0001.18:20
 U3:07:00:00
 D3:01.02.06
 U4:17:00:00
 D4:02.02.06
 DT:DATEINEU.001
 FI: ALMEMO.001

7.5.2 Simulator programmieren:

Simulator programmieren

Auf Port 01 Bereich V programmieren
 Auf Port 01 Bereich mV programmieren
 Auf Port 01 Bereich TC Typ K programmieren
 Auf Port 01 Bereich TC Typ N programmieren
 Auf Port 01 Bereich TC Typ J programmieren
 Auf Port 01 Bereich TC Typ T programmieren
 Auf Port 01 Bereich TC Typ S programmieren
 Auf Port 01 Bereich TC Typ R programmieren
 Auf Port 01 Bereich TC Typ B programmieren
 Auf Port 03 Bereich 4000Hz programmieren
 Auf Port 03 Bereich 10kHz programmieren
 Auf Port 03 Bereich 40kHz programmieren
 Auf Port 03 Bereich 100kHz programmieren
 Auf Port 03 Bereich 99ms programmieren
 Auf Port 03 Bereich 99s programmieren
 VK-Temperatur in Digits programmieren z.B. 23.4°C
 Wert von Simulator Port pp in Digits programmieren:

Befehl

i01 B11
 i01 B10
 i01 B04
 i01 B34
 i01 B35
 i01 B36
 i01 B07
 i01 B37
 i01 B08
 i03 B29
 i03 f1 B29
 i03 f2 B29
 i03 f3 B29
 i03 B54
 i03 f1 B54
 f1 g00234
 ipp f9 a(-)xxxxx

Programmierung und Zustand ausgeben:

Pxx	Interfacelement	Variante	Wert
00	Pt100-Ausgang	gesteuert	300.0°C
01	Analogausgang 10V	gesteuert	10.00 V
01	Analogausgang 60mV	gesteuert	60.00mV
01	Analogausgang TC TypK	gesteuert	1370.0°C
01	Analogausgang TC TypN	gesteuert	1300.0°C
01	Analogausgang TC TypJ	gesteuert	1000.0°C
01	Analogausgang TC TypT	gesteuert	400.0°C
01	Analogausgang TC TypS	gesteuert	1760.0°C
01	Analogausgang TC TypR	gesteuert	1760.0°C
01	Analogausgang TC TypB	gesteuert	1800.0°C
02	Analogausgang 20mA	gesteuert	20.000mA
03	Frequenzausgang 0.4kHz	gesteuert	4000.Hz
03	Frequenzausgang 10kHz	gesteuert	10.00kHz
03	Frequenzausgang 40kHz	gesteuert	40.0kHz
03	Frequenzausgang 100kHz	gesteuert	100.kHz
03	Pulsausgang 99ms	gesteuert	99.999ms
03	Pulsausgang 99 s	gesteuert	99.999 s
04	Durchgangsspannung		1000.mV

f3 P19
 P0.KA7531
 00:T00 COM +0300.0°C
 01:DA1 COM +10.000 V
 01:DA7 COM +60.000mV
 01:TC0 COM +1370.0°C VK:+025.1°C
 01:TC1 COM +1300.0°C VK: - - -°C
 01:TC2 COM +1000.0°C VK: - - -°C
 01:TC3 COM +0400.0°C VK: - - -°C
 01:TC4 COM +1760.0°C VK:+025.1°C
 01:TC5 COM +1760.0°C VK: - - -°C
 01:TC6 COM +1800.0°C VK: - - -°C
 02:DA2 COM +20.000mA
 03:F00 COM +04000.Hz
 03:F01 COM +010.00kH
 03:F02 COM +0040.0kH
 03:F02 COM +00100.kH
 03:P00 COM +99.999ms
 03:P01 COM +99.999 s
 04:IN0 +01000.mV

7.5.3 Menükonfiguration

- ⌘Kommentartext 1 (max. 21 Zeichen) eingeben
- ⌘Kommentartext 2 (max. 21 Zeichen) eingeben
- ⌘Menütitel U1 (max. 16 Zeichen) eingeben
- ⌘Menütitel U2 (max. 16 Zeichen) eingeben
- ⌘Menütitel U3 (max. 16 Zeichen) eingeben
- ⌘Kommentartext 1 ausgeben
- ⌘Kommentartext 2 ausgeben
- ⌘Menütitel U1 ausgeben
- ⌘Menütitel U2 ausgeben
- ⌘Menütitel U3 ausgeben
- ⌘Leerzeile ausgeben
- ⌘Linie ausgeben

⌘Anwahl der Menüzeile xx

Wahl von Menü und Funktion

- ⌘Grenzwert Max
- ⌘Grenzwert Min
- ⌘Basiswert
- ⌘Faktor
- *⌘Exponent
- ⌘Nullpunktkorrektur
- ⌘Steigungskorrektur
- ⌘Analoganfang
- ⌘Analogende
- ⌘Bereich
- ⌘Maxwert
- ⌘Minwert
- ⌘Mittelwert
- ⌘Druckzyklus
- ⌘Messzyklus
- ⌘Uhrzeit, Datum
- ⌘Messwert klein
- ⌘Messwert mittel
- ⌘Messwert groß
- ⌘Messwert Balken
- ⌘Messwert Liniengrafik
- ⌘Mittelmodus
- ⌘Messrate
- ⌘Drucktimer
- ⌘Messtimer
- ⌘Anzahl
- ⌘Nummer
- ⌘Bereich, Kommentar
- ⌘Durchmesser mm
- ⌘Querschnitt cm²
- ⌘Volumenstrom m³/h
- ⌘Maxwert-Zeit-Datum
- ⌘Minwert-Zeit-Datum
- ⌘Leerzeile
- ⌘Linie
- ⌘Dämpfung
- ⌘Speicher frei
- ⌘Gerätebezeichnung

f5 \$Kommentar1 CR
f6 \$Kommentar2 CR
f7 \$Menütitel U1 CR
f8 \$Menütitel U2 CR
f9 \$Menütitel U3 CR
P37
▶Kommentartext 1
P38
▶Kommentartext 2
P39
▶Menütitel U1
P40
▶Menütitel U2
P41
▶Menütitel U3
P30
▶
P31
▶-----

ixx

Menü U1	Menü U2	Menü U3
f1 o00	f2 o00	f3 o00
f1 o01	f2 o01	f3 o01
f1 o02	f2 o02	f3 o02
f1 o03	f2 o03	f3 o03
f1 o48	f2 o48	f3 o48
f1 o04	f2 o04	f3 o04
f1 o05	f2 o05	f3 o05
f1 o06	f2 o06	f3 o06
f1 o07	f2 o07	f3 o07
f1 o08	f2 o08	f3 o08
f1 o09	f2 o09	f3 o09
f1 o10	f2 o10	f3 o10
f1 o11	f2 o11	f3 o11
f1 o12	f2 o12	f3 o12
f1 o13	f2 o13	f3 o13
f1 o14	f2 o14	f3 o14
f1 o15	f2 o15	f3 o15
f1 o16	f2 o16	f3 o16
f1 o17	f2 o17	f3 o17
f1 o34	f2 o34	f3 o34
f1 o35	f2 o35	f3 o35
f1 o18	f2 o18	f3 o18
f1 o19	f2 o19	f3 o19
f1 o20	f2 o20	f3 o20
f1 o21	f2 o21	f3 o21
f1 o22	f2 o22	f3 o22
f1 o23	f2 o23	f3 o23
f1 o24	f2 o24	f3 o24
f1 o25	f2 o25	f3 o25
f1 o26	f2 o26	f3 o26
f1 o27	f2 o27	f3 o27
f1 o28	f2 o28	f3 o28
f1 o29	f2 o29	f3 o29
f1 o30	f2 o30	f3 o30
f1 o31	f2 o31	f3 o31
f1 o32	f2 o32	f3 o32
f1 o33	f2 o33	f3 o33
f1 o36	f2 o36	f3 o36

^G Kommentartext 1	f1 o37	f2 o37	f3 o37
^G Kommentartext 2	f1 o38	f2 o38	f3 o38
^G Menütitel U1	f1 o39	f2 o39	f3 o39
^G Menütitel U2	f1 o40	f2 o40	f3 o40
^G Menütitel U3	f1 o41	f2 o41	f3 o41
^G Verriegelung	f1 o42	f2 o42	f3 o42
^G Luftdruck in mb	f1 o43	f2 o43	f3 o43
^G Temperaturkompensation	f1 o44	f2 o44	f3 o44
^G Sollwert	f1 o45	f2 o45	f3 o45
^G Messzeit	f1 o46	f2 o46	f3 o46
* ^G Messdauer	f1 o47	f2 o47	f3 o47
* ^G Exponent	f1 o48	f2 o48	f3 o48
* ^G Dateiname	f1 o49	f2 o49	f3 o49
^GAusgabe der Menükonfiguration Ux:	fx P20		
Menütitel des Menü Ux	U1:Menütitel U1		
In Zeile 00: Funktion 30 Leerzeile	00:30		
In Zeile 01: Funktion 39 Menütitel	01:39		
In Zeile 02: Funktion 16 Messwert m.	02:16		
In Zeile 03: Funktion 24 Bereich,Komment.	03:24		
....	04:30		
	05:42		
	06:45		
	07:44		
	08:43		
		
^GAusgabe des angewählten Menüs	P20		
(alle Funktionen z.B. Messkorrektur s.o.)	►		
Menütitel	Messkorrektur		
Messwert mittel	00: +025.67 °C		
Bereich + Kommentar	Ntc Temperatur		
Leerzeile			
Verriegelung	VERRIEGELUNG:0.		
Sollwert	SOLLWERT: 00: +0000.0 °C		
Temperaturkompensation	KOMPENSATION: +0025.0 °C		
Luftdruck	LUFTDRUCK: +01013. mb		
.....			

8 V7-Funktionen und V7-Protokoll

8.1 ALMEMO® V7-Messsystem

Aufbauend auf den bereits autarken ALMEMO®-D6-Steckern mit serieller Schnittstelle (siehe Kapitel 3.1.2) wurden die Möglichkeiten der Unabhängigkeit vom Messgerät konsequent weiterentwickelt und ein ganz neues V7-Messsystem geschaffen. Die neue Generation intelligenter ALMEMO® D7-Fühler können jetzt auf bis zu 10 Kanälen völlig neue Messgrößen mit beliebigen Steuer- und Rechenfunktionen oder Kompensationen bereitstellen.

Alle Parameter, wie Messwertkorrektur, Skalierung, Dämpfung und Kompensationen werden intern verarbeitet und erst der endgültige Messwert an das Messgerät übergeben. Die Messgeschwindigkeit kann zwischen 1 Millisekunde bis zu Minuten liegen, der Wertebereich reicht bis zu 8 Stellen numerisch oder auch alphanumerisch. Das Besondere daran ist, dass hochauflösende, langsame und schnelle Größen durch individuelle Abtaststraten in einer Messung problemlos gemeinsam aufgezeichnet werden können.

Der neue Abfragezyklus wird auf die kürzeste Messzeit aller Fühler eingestellt. Fühler, die in dem kurzen Abfragezyklus noch keinen Messwert bereitstellen können, werden ausgelassen, d.h. es werden alle Messwerte der Geschwindigkeit der Fühler entsprechend erfasst. Durch die parallele Verarbeitung der D7-Fühler ist eine bessere zeitliche Konsistenz und eine wesentlich höhere Summenabtastrate bis zu 4 kHz möglich. Die Parametrierung von individuellen Fühlerfunktionen erfolgt über ein im Stecker gespeichertes Menü.

Die D7-Fühler verfügen nur noch über die serielle Schnittstelle und können deshalb prinzipiell nicht mehr an alten V6-Geräten betrieben werden. Zur Unterstützung der neuen D7-Fühler war deshalb auch eine neue Generation von ALMEMO® V7-Messgeräten erforderlich.

Am Touchscreengerät ALMEMO® 710 kann man aber außer den neuen D7-Fühlern auch alle bisher verwendeten analogen und digitalen Fühler anschließen und auswerten. Zur Verlängerung der D7-Fühler gibt es neue störsichere Verlängerungskabel ZAD700-VKxx mit RS422-Treibern bis 100m. Zur galvanischen Trennung sind kurze Adapterkabel ZAD700-GT verfügbar.

8.2 Verbesserungen und Änderungen beim V7-System

8.2.1 Kanalzahl und -nummerierung der Fühler

Die Anzahl der möglichen Kanäle im D7-Fühler wurde von 4 auf 10 erweitert. Dazu wird die Messkanalnummerierung angepasst, d.h. zuerst kommt die Buchsennummer und dann folgt der Kanal als Index mit '.', also z.B. der erste Fühler auf Buchse M000 hat die Kanäle 000.0 bis 000.9, der zweite auf M001 001.0 bis 001.9 usw..

Die Kanäle werden jetzt fühlerweise abgefragt werden, wodurch sich die Konsistenz der entsprechenden Messwerte wesentlich verbessert.

Eine Abfrage und Konfiguration der Fühlerprogrammierung kann nur erfolgen, wenn die Messwerterfassung gestoppt ist. Ein An- und Abstecken der Fühler während einer Messung ist nicht erlaubt, d.h. sie wird nicht erkannt.

Geräteinterne Kanäle sind derzeit nicht mehr vorgesehen.

Funktion	Schnittstellenbefehl
Anwahl der Messkanäle Mxxx.x	Mxxx.x oder kurz Mx.x
Anwahl der Eingabekanäle Exxx.x	Exxx.x oder kurz Ex.x

8.2.2 Messgeschwindigkeit

Abfrage der Messkanäle

Um die Messwerte aller Messkanäle kontinuierlich zu erfassen, Max-Min-Werte zu speichern, Grenzwertüberschreitungen zu prüfen und dann im Gerät abzulegen, sind Messkanalabfragen erforderlich.

Alle aktiven Standard-Fühler (Analog, DIGI oder D6) werden ständig kontinuierlich nacheinander mit der Wandlungsrate des AD-Wandlers des Messgeräts abgefragt. Als Wandlungsrate lassen sich 2,5M/s, 10M/s, 50M/s oder 100M/s einstellen.

Jeder D7-Fühler besitzt in seinem Stecker einen eigenen AD-Wandler mit einer eigenen Wandlungsrate. Die sich daraus und aus anderen Faktoren ergebende minimale Messzeit ist je nach Sensor (1 Millisekunde bis Minuten) festgelegt und im Stecker gespeichert.

An den V7-Messgeräten MA710, MA500 und MA809 kann mit Standard- und D7-Fühlern gleichzeitig gemessen werden. Zur Abfrage aller Messkanäle dieser unterschiedlichen Fühler wurde der neue Abfragezyklus geschaffen, der nur Messwerte erfasst, die seit der letzten Abfrage aktualisiert wurden, d.h. bei einem kurzen Abfragezyklus erscheinen lange Zeit nur schnelle Fühler, während die langsamen in größeren Abständen dazukommen. Mit dieser Methode kann sich das Messgerät an sehr unterschiedliche Fühler anpassen, ohne dieselben Daten wiederholt auszugeben oder zu speichern.

Ausgabe der Messergebnisse

Für alle Messgeräte (V6 und V7) steht zur Ausgabe der Messergebnisse der Ausgabezyklus zur Verfügung:

Ausgabezyklus: Der Ausgabezyklus ist ein interner Zyklus des Datenloggers für das Speichern. Er ermöglicht beispielsweise eine schnelle Messwerterfassung bei langsamer Speicherung der Messdaten (z.B. Auslösen schneller Grenzwertaktionen bei langsamer Messdatenaufzeichnung). Der Ausgabezyklus ist von 1 s bis 24 h einstellbar.

Für die V7 Messgeräte stehen zusätzlich zum Ausgabezyklus noch folgende Zyklen für die Ausgabe der Messergebnisse zur Verfügung:

D7 Minimalzeit: Die minimale Zeit wählt man, um sehr schnelle D7-Fühler mit der maximalen Geschwindigkeit aufzuzeichnen (Summenabtastrate bis zu 4000 Messungen pro Sekunde). Wenn pro Sekunde noch mehr Messwerte auftreten, verlängert sich der Abfragezyklus automatisch jeweils um 1ms, d.h. es fallen u.U. einige der schnellen Messpunkte aus.

D7 Optimale Zeit: Die optimale Zeit ist der kürzeste Zyklus, der bei der vorliegenden Fühlerkonfiguration immer eingehalten werden kann.

- Wandlungszeit:** Dieser Abfragezyklus entspricht der Wandlungsrate für die Standard-Stecker (siehe oben), d.h. normalerweise werden jedes Mal ein Kanal von einem Standard-Stecker und alle in der Zeit aktualisierten D7-Kanäle mit Zeitstempel erfasst. Nach einem Durchlauf der Kanäle aller Standard-Stecker folgt jedoch mindestens eine Sondermessung zur Selbstkalibrierung des AD-Wandlers des ALMEMO® Geräts. Wenn Thermoelemente angeschlossen sind, werden noch 2 zusätzliche interne Messungen für Vergleichsstellenmessungen durchgeführt.
- Scanzeit:** Die Scanzeit ist die Zeit, die das Messgerät für die Durchführung eines einzelnen Scans aller Messkanäle der Standardfühler benötigt. Sie ergibt sich aus der Anzahl der zu messenden Kanäle und der eingestellten Wandlungsrate. Hinzu kommt die Zeit für eine Sondermessung und bei Thermoelementen die Zeit für zwei Vergleichsstellenmessungen.
- D7 Maximalzeit:** Dies ist der kürzeste Abfragezyklus, in dem immer alle Messkanäle abgefragt wurden und daher auch erscheinen. Er richtet sich nach dem langsamsten Fühler.

Die Auflösung des Zeitstempels richtet sich immer nach dem Abfragezyklus. Für die Wandlungsrate gibt es einen neuen Befehl unabhängig von den Ausgabeflags. Die Ausgabe im Abfragezyklus wird aber wie bisher über die Ausgabeflags 'kontinuierlich speichern' und 'kontinuierlich ausgeben' aktiviert.

Die 'halbkontinuierliche Messkanalabfrage' wird nicht mehr unterstützt.

Funktion	Schnittstellenbefehl
Wandlungsrate:	Wx (0=2.5, 1=10, 2=50 ... M/s)
Minimale Messzeit pro Fühler in s:	f1 Txxxx.xxx (max. 2.7h)
Gewünschter Abfragezyklus pro Fühler in s:	f2 Txxxx.xxx (max. 2.7h)
Abfragezyklus des Gerätes in ms:	Txx.xxx (max. 99s)
Ausgabe Abfragezyklus:	f1 P19 Z3:xx.xxx s ...
Vorschläge für Abfragezyklus ausgeben:	P50
Minimalzeit	C1:0.002
Optimale Zeit	C2:0.004
Wandlungszeit	C3:0.1
Scanzeit	C4:1.1
Maximalzeit	C5:3

8.2.3 Messwertumfang

Der Messwertumfang wurde von ± 65000 auf bis zu 8 Stellen plus Vorzeichen erweitert. Auch nichtnumerische Zeichen, Zeiten oder Koordinaten können verwendet werden. Deshalb ist die Ausgabe auf Schnittstelle und Speicher nur noch als ASCII-String im Tabellenformat möglich.

Um solche Messwerte auch im internen Speicher ablegen zu können, wird auch dort das Tabellenformat als Speicherformat neu eingeführt. Die Eingabebefehle für alle entsprechenden Parameter sind modifiziert. Die Anzahl der Digits und die Anzahl der Kommastellen sind im Fühler für jeden Kanal festgelegt. Dadurch können die Eingabebefehle wie bisher aber mit passender Stellenzahl verwendet werden.

Funktion	Schnittstellenbefehl	Kürzel
Eingabe Zahlenlänge	Kx	K
Eingabe Bereichskomma	f1 Kx	1K
Eingabe Basiswert	Oxxxxx.x	O
Eingabe Faktor	Fx.xxxxx	F
Eingabe Nullpunkt	f1 Oxxxxx.x	1O
Eingabe Steigung	f1 Fx.xxxxx	1F
Eingabe Grenzwert Max	Hxxxxx.x	H
Eingabe Grenzwert Min	Lxxxxx.x	L
Eingabe Analoganfang	axxxxx.x	a
Eingabe Analogende	exxxxx.x	e

8.2.4 Messbereiche

Alle D7-Fühler haben normalerweise eigene individuelle Digitalmessbereiche, die nicht zu den V6-Standardbereichen gehören. Die Zuordnung ist jedoch über serielle Befehle abrufbar, sodass sie im Gerät über die Tastatur normal eingegeben werden können. Alternativ sind sie über die Schnittstelle des Messgerätes oder über ein Adapterkabel am PC programmierbar. Die Bereichskürzel können bis zu 6 Digits betragen.

Funktion	Schnittstellenbefehl
Bereichsliste ausgeben	P64 B\ -01\$D t ;1\$\°C;2\$\T,t;1K\2;1H\200;1L\ -100 B\ -02\$D Uw;1\$\%H;2\$\RH,Uw;1K\1;1H\100;1L\0
Messbereich eingeben	B-xx

8.2.5 Dimension und Kommentar

Dimensionen können jetzt mit 6 und Kommentare mit 20 Stellen eingegeben werden. Die Befehle sind unverändert.

Funktion	Schnittstellenbefehl
Dimension eingeben (max. 6 Stellen)	f1 \$xxx... CR
Kommentar eingeben (max. 20 Stellen)	f2 \$xxx... CR

8.2.6 Konfiguration von ALMEMO®-D7-Fühlern

Die Konfiguration jedes D7-Fühlers mit seinen eigenen bisher u.U. unbekannten Parametern oder Bereichen erfolgt durch ein individuelles Fühlermenü, das vom Fühler bereitgestellt wird. Im Messgerät erscheint für jeden D7-Fühler ein eigenes Sensormenü im Display. Die Programmierung der Parameter erfolgt wie gewohnt.

Funktion	Schnittstellenbefehl
Fühlermenü ausgeben	P61 CR
Zeile 00, Anweisungen..	i00_ ^10; !\$Fühlermenü
Fühlervariablen ausgeben	P63 CR
a\Wert;b\Wert...	a\1;b\2;c\3;...
Variable x auf Wert yy programmieren	vx\yy CR

8.2.7 Sleepverlängerung

Die meisten Fühler sind nach dem Einschalten und Initialisieren des Messgerätes messbereit. Dauert die Bereitschaft länger, muss nach dem Einschalten speziell im Sleepmode eine Zeit gewartet werden bis die richtigen Messwerte zur Verfügung stehen, diese Zeit wird ‚Sleepverlängerung‘ genannt. Sie ist auch eine Kenngröße des Fühlers und wurde ebenfalls in die Messkanalprogrammierung integriert. Damit kann das V7-Gerät unter allen Fühlern auch automatisch die längste Sleepverlängerung bestimmen und entsprechend einstellen.

Funktion	Schnittstellenbefehl	Kürzel
Sleepverlängerung in s von Exxx.x	Ex.x f3 uxxx	3u

8.2.8 Sollwerte

Sollwerte waren bisher ein Problem, weil sie bezüglich Komma und Dimension nur momentan einem Messkanal zugeordnet waren. Deshalb werden die Sollwerte bei V7-Geräten jeweils in die Messkanalprogrammierung (auch von V6-Fühlern) integriert und in vielen Fühlern bereits mit den Standardsollwerten programmiert (Druck, pH, Leitfähigkeit etc.). Der Eintrag SW: xxxxx im Befehl f1 P19 entfällt.

Funktion	Schnittstellenbefehl	Kürzel
Sollwert eingeben von Exxx.x	Ex.x f2 gxxxxx.x	2g

8.2.9 Alarmrelais von Grenzwerten

Die Befehle f1 hX und f1 lX zur Relaiszuordnung entfallen.

Dafür gibt es jetzt die Befehle f2 Rpp und f3 Rpp für bis zu 100 Relais.

8.2.10 Eingangsmultiplexer ändern

Bisher konnte der Multiplexer nur durch eine neue Bereichsprogrammierung geändert werden. Dabei wurden alle programmierten Parameter gelöscht. Jetzt gibt es einen neuen Befehl, der nur den Multiplexer beeinflusst.

Funktion		Schnittstellenbefehl	Kürzel
Multiplexer setzen auf	B-A	f2 m1	2m\1
	C-A	f2 m2	2m\2
	D-A	f2 m3	2m\3
	C-B	f2 m4	2m\4
	D-B	f2 m5	2m\5

8.2.11 Eichwerte eingeben

Die Eingabe von Eichwerten bei V6-Fühlern war bisher nur über direkte EEPROM-Programmierung möglich, d.h. sie wurden erst nach Ab- und Anstecken des Fühlers wirksam. Jetzt gibt es eigene Befehle:

Funktion	Schnittstellenbefehl	Kürzel
Eichoffset eingeben	f2 0xxxxx	20
Eichfaktor eingeben	f2 Fxxxxx	2F

Bei V7-Fühlern gelten die gleichen Befehle, aber nur mit Anwahl der Primärkanäle über ein USB-Datenkabel ZA1919-AKUV.

8.2.12 Speicher

Bei allen V7-Geräten wurde das Speicherformat sowohl für den internen als auch den externen Speicher (Speicherstecker) auf Tabellenformat umgestellt.

Dabei wird jetzt auch hier bei jeder Konfigurationsänderung die neue Konfiguration mit einer Konfigurationsnummer gespeichert, soweit kein Ringspeicher eingestellt ist. Beim Ringspeicher wird nur eine Konfiguration unterstützt.

Neu ist auch eine Kommentarzeile zur Messung (max. 64 Zeichen), die noch vor dem normalen Kopf erscheint. Die Liste der Konfigurationen kann wie die Nummernliste abgefragt werden. Alle Konfigurationen, Nummern und jedes Datum werden in einer eigenen Indexliste gespeichert und sind dadurch sehr schnell zu finden. Zum Beenden der Speicherausgabe gibt es einen eigenen Befehl, um nicht ungewollt die Messung zu stoppen.

Funktion	Schnittstellenbefehl
Eingabe des Speicherkommentars:	f-4 \$Kommentar der Messung
Ausgabe der Konfigurationsliste:	f2 P05 CONFIGLIST: \$01-000 ... \$01-000
Konfiguration anwählen:	f1 X
Speicherausgabe abbrechen nur noch mit:	

8.2.13 Abfrage der Fühlerprogrammierung

Zur Ausgabe der neuen erweiterten Fühlerparameter gibt es den P15-Befehl im Tabellenmode, der alle programmierten Werte mit Vor- und Nachnullenunterdrückung ausgibt, jeweils mit vorangestelltem Befehlskürzel (Funktionszahl + Befehlszeichen), sodass sich daraus auch der Eingabebefehl ableiten lässt. Nicht programmierte Werte und Defaultwerte entfallen (Faktoren default=1).

V7-Funktionen und V7-Protokoll

In der Überschrift sind jedoch alle verfügbaren Funktionen als Kürzel aufgeführt.

```
P15 M;B;K;1K;H;L;O;1$;F;V;m;2$;1z;Q;2R;3R;10;1F;1k;1m;20;2F;a;e;1E;
    2E;2m;2k;h;1;z;u;2K;1T;2T;3K;3u;2g
    M\0.0;B\01$D Flow;K\5;1K\0;H\500;L\30;1$m1;2$Volumen;u\6;1T\1
```

Die Programmierung nur eines Messkanals erhält man mit dem Befehl:

```
P00 M\0.0;B\01$D Flow;K\5;1K\0;H\500;L\30;1$m1;2$Volumen;u\6;1T\1
```

Besonderheiten:

Das Bereichskürzel mit bis zu 6 Stellen folgt der Bereichsnummer mit Trennzeichen \$ bis zum Semikolon: z.B.

```
B\01$D Flow;
```

Einige Parameter werden nicht mehr als String sondern nur noch als Zahl dargestellt:

Mittelwertmodus:	Mittelwertbildung keine	m\0	(---)
	Kontinuierlich	m\1	(CONT)
	Zyklisch	m\2	(CYCL)
Ausgabefunktion:	Messwert	1m\0	(MESS)
	Differenz	1m\1	(Diff)
	Maxwert	1m\2	(Max)
	Minwert	1m\3	(Min)
	Mittelwert	1m\4	(M(t))
	Alarmwert	1m\5	(Alarm)
Multiplexer:	B-A	2m\1	(M1)
	C-A	2m\2	(M2)
	D-A	2m\3	(M3)
	C-B	2m\4	(M4)
	D-B	2m\5	(M5)
Grenzwertaktion:	Nur Alarm	h\0	(-)
	Start	h\1	(S)
	Stop	h\2	(E)
	Manuell	h\3	(M)
	Timer Nullsetzen	h\4	(T)
	Makro 5...9 aufrufen	h\5...9	(5...9)

Elementflags werden ebenfalls mit ihrer ASCII-Wertigkeit angegeben, u.U. auch mehrere hintereinander: z.B.

```
Flags 1,5,8                2k\1;2k\5;2k\8
```

8.2.14 Abfrage der Geräteprogrammierung

In der Geräteprogrammierung werden die Anzahl der möglichen Messkanäle, und die aktiven V6 (A) und D7 (D) vierstellig dargestellt. Neu ist der Abfragezyklus (Z3). Der einzelne Sollwert (SW) entfällt in diesem Befehl:

```
f1 P19    ...
          GE.G00 M0100 A0018 D0005
          ...
          Z3:00.250 s
          ...
```

8.2.15 Messkanalabfrage

Beim Start einer zyklischen Messkanalabfrage mit Kopf wird der Kopf jetzt wie beim Speicher im Tabellenmodus ausgegeben. Nichtnumerische Messwerte werden in Anführungszeichen gesetzt.

```
S3      "V7";"BEREICH:";"Ntc ";" "% rH"
        "809";"KOMMENTAR:";"Temperatur";"Feuchte";"GPS"
        ;"GW-MAX";:30
        ;"GW-MIN";:12
        "DATUM";"ZEIT";"M0.0 °C";"M0.1 %H"
        12.03.06;12:00:00;25,3;39,9;"E011°42.1947"
        ;12:01:30;25,5;40,7;"E011°42.1947"
```

Auch bei einem Betrieb mit einer Messwerterfassungssoftware am PC muss die Messkanalabfrage gestartet werden mit:

```
f1 s    "V7";BEREICH:";"D °C";"D RH";....
        "710";"KOMMENTAR:";"Temperatur";....
        ;"GW-MAX";:30;....
        ;"GW-MIN";:18;....
        ;;"M0.0 °C";"M0.1 %H";"M0.2 °C";"M0.3 g/kg"
        ;S;23,5;54,6;-10,3;5,8          S = Zeichen für gestartet
        ;X;23,5;54,6;-10,3;5,8          X = Zeichen für gestopt
```

8.2.16 Messwertliste

Auch die Liste aller Mess-, Max-, Min- und Mittelwerte mit Anzahl und Max- und Min-Zeit-Datum wird jetzt im Tabellenmodus ausgegeben.

Am Ende jeder Zeile folgen die Messflags:

O = Overage
 U = Underrange
 H = Grenzwertüberschreitung
 L = Grenzwertunterschreitung
 B = Fühlerbruch
 F = Fühlerspannung Low
 W = Referenzwiderstand on
 R = Relativmessung
 M = Mittelwertbildung

```
f1 P18
MS;MESSWERT;MAXWERT;MINWERT;MITTELW;ANZAHL;MAX-ZEIT;MAX-DATUM;MIN-ZEIT;MIN-DATUM
0.0;20,044;150,007;20,038;-;0;02:31;05.01;02:32;05.01;
0.1;26,961;27,017;26,952;-;0;02:33;05.01;02:45;05.01;HM
```

Nur 1 Messkanal:

```
M0.1 P18
0.1;26,961;27,017;26,952;-;0;02:33;05.01;02:45;05.01;HM
```

8.2.17 Mittelungszeit

Wie auch bei D6-Fühlern können die meisten Primärkanäle gleichzeitig mit einer Mittelungszeit in s gedämpft werden, da meist kein Bezug zur Messrate gegeben ist. Die Eingabe ist am Gerät nur über das Fühlerkonfigurationsmenü möglich.

Schnittstelleneingabe nur mit PC und USB-Adapterkabel ZA1919-AKUV:

Funktion	Schnittstellenbefehl
Primärkanal anwählen	E-xx
Mittelungszeit in s eingeben	f3 Txx.xx

8.2.18 Kompatibilität

Alle alten Fühler (analog, digital Freq, Puls, DIGI, D6) sind am V7-Gerät 710 uneingeschränkt verwendbar. D7-Fühler hingegen können nicht auf einem V6-Gerät betrieben werden.

8.2.19 Verlängerungskabel

D7-Fühler weisen nur eine serielle Schnittstelle auf, die leicht über ein Kabel mit RS422-Treibern über weite Strecken verlängert werden kann. Eine Protokollwandlung ist nicht erforderlich. Zur galvanischen Trennung gibt es entsprechende Adapterkabel ZAD700-GT.

8.2.20 Protokolländerungen

Auf Grund des erweiterten Messwertumfanges werden auch alle Parameter in entsprechender Größe verarbeitet. Zur Übertragung dieser Größen wird deshalb nur noch der Tabellenmode verwendet. Der Befehl Ausgabeformat Nx entfällt. Bei Zeit und Datum entfallen die Anführungszeichen ("). Nichtnumerische Messwerte werden in Anführungszeichen (") gesetzt. Messkanäle werden mit Punkt und Vornullunterdrückung dargestellt (xxx.x). Das V6-CRC-Protokoll bleibt aus Kompatibilitätsgründen erhalten, nur eine Differenzierung des k-Flags mit einem Parameter, der die Konfigurationsänderung spezifiziert, ist vorgesehen.

Antwort: gg id Fx kx (x: 1=Fühler, 2=Gerät, 4=Peripherie, 8=Speicher, Veroderung = Summe bzw. Dezimalwert 4+8=12)

8.3 Befehlsübersicht V7-Protokoll

8.3.1 Messwertverarbeitung

Funktionszuordnung

N	Neue Funktion	D ⁷	Auch D7-Fühler
!	Eingabeformat geändert	D ^{7*}	D7-Fühlerprogrammierung zum Auslösen einer Gerätefunktion/-aktion
F	Ausgabeformat geändert		

Funktion	Befehl, ►: Antwort
! D ⁷ Messkanal xx anwählen (incl. Eingabek.)	Mxxx.x
! D ⁷ Nur Eingabekanal xxxx anwählen	Exxx.x
! D ⁷ Bezugskanal 1 xxxx anwählen	f1 Exxx.x
! D ⁷ Bezugskanal 2 xxxx anwählen	f2 Exxx.x
F D ⁷ Messwert vom Messkanal ausgeben (ohne neue Abfrage)	p ► 0.0;23.5;°C
F D ⁷ Messwert vom Eingabekanal ausgeben (ohne neue Abfrage)	P01 ► 12:34:00;0.0;23.5;°C
D ⁷ Messwert nullsetzen (Basiswert) Mxxxx	C01
D ⁷ Messw. temp. nullsetzen (nur im RAM) Mxxxx	f5 C01
D ⁷ Fühlerabgleich (Nullpunkt u. Steigung) Mxxxx	f1 C01
Nullsetzen Timer3 (1s)	f3 C01
Nullsetzen Timer4 (0.1s)	f4 C01
Kalibrierschalter (aus)-einschalten	o(-)01
D ⁷ Sollwert eingeben Exxxx	f2 gxxxxx.x
D ⁷ Sollwertabgleich Mxxxx	f2 C01
Temperaturkomp. in 0.1°C eingeben	f1 gxxxxx
Temperaturkompensation löschen (25°C)	C44
D ⁷ Temperatursensor zur TK definieren	f2 \$*T.... CR
D ⁷ Luftdruck in mbar eingeben zur Komp.	g0xxxx
Luftdruck löschen (auf Sensor umschalten)	C43
D ⁷ Luftdrucksensor als Referenz definieren	f2 \$*P.... CR
D ⁷ Temperatursensor als VK definieren	f2 \$*J.... CR
Spitzenwerte:	
Maximalwert löschen	C02
Minimalwert löschen	C03
Mittelwertbildung:	
D ⁷ Mittelmodus löschen	m0
D ⁷ Mittelmodus kontinuierlich	m1
D ⁷ Mittelmodus zyklisch	m2
Mittelwert löschen	C14
Dämpfung (Anzahl gemittelter Werte)	f1 zxx
D ⁷ Mittelungszeit nur für D7-Fühler E-xxxx	f3 Txx.xx
Volumenstrommessung:	
D ⁷ Querschnitt eingeben in cm ² für Volumen	Qxxxxx

8.3.2 Messkanalabfragen, Messdatenaufnahme und -ausgabe

8.3.2.1 Ablaufsteuerung

Uhrzeit eingeben	Uhhmmss
Uhrzeit löschen	C10
Datum eingeben	dtmmjj
Datum löschen	C13
Anfangszeit der Messung eingeben	f1 Uhhmmss
Anfangsdatum der Messung eingeben	f1 dtmmjj

V7-Funktionen und V7-Protokoll

Anfangszeit und -datum löschen	f1	C10	
Endezeit der Messung eingeben	f2	Uhhmmss	
Endedatum der Messung eingeben	f2	dtmmjj	
Endezeit und -datum löschen	f2	C10	
Messdauer eingeben	f2	Ihhmmss	
Messdauer löschen		C47	
Ausgabezyklus eingeben		Zhhmmss	
Speichern im Zyklus (aus)-einschalten	f1	A(-)4	
Zyklus löschen		C11	
Wandlungsrate und Modus:			
N Wandlungsrate 2.5 M/s kontinuierlich		W0	W003
N Wandlungsrate 10 M/s kontinuierlich		W1	W010
N Wandlungsrate 50 M/s kontinuierlich		W2	W050
N Wandlungsrate 100 M/s kontinuierlich		W3	W100
N Wandlungsrate 400 M/s (Option)		W4	W400
N Wandlungsrate 500 M/s (Option)		W5	W500
N Abfragezyklus in s eingeben		Txx.xxx	
N Vorschläge für Abfragezyklus in s		P50	
Minimalzeit (Summe D7-Minimalzeiten)		C1:0.002	
Optimalzeit (Anzahl Summe D7-Kanäle x 1ms)		C2:0.004	
Wandlungszeit (1/Wandlungsrate)		C3:0.1	
Scanzeit (incl. Sondermessungen, VK)		C4:1.1	
Maximalzeit (von D7-Fühlern oder Scanzeit)		C5:3	
Kontinuierlich speichern (aus)-einschalten	f5	k(-)4	S
Kontinuierlich ausgeben (aus)-einschalten	f5	k(-)5	U
Abfragemodus:			
Normalmode einschalten	f1	A0	
Monitormode einschalten	f1	A1	M
Fail-Save-Mode (aus)-einschalten	f1	A2	F
Sleepmodus einschalten	f1	A3	S
Nummer numerisch eingeben (6st.)		nxxxxxx	
mit Buchstaben eingeben (-, ,A,F,N,P)	f3	\$A1-N02	
Nummer inkrementieren		n+	
Nummer ausgeben		P05	
		► NUMMER:	A1-N02
Dateiname eingeben (max. 8 Zeichen)		\$Name CR	
Dateiname für automat. Tagesdateien		\$&Name CR	

8.3.2.2 Einmalige manuelle Messkanalabfrage und Ausgabe

D⁷ Befehl	S1
Tabellenformat	► 01.03.12;12:30:00;23,5;54,6;-10,3;5,8
D ⁷ dto. ohne Zeit u. Datum	s
X=gestopt, S=gestartet	► ;X;23,5;54,6;-10,3;5,8
F Mit Start der Messung	f1 s
	► "V7";"BEREICH:";"D °C";"D RH";....
	"710";"KOMMENTAR:";"Temperatur";....
	;"GW-MAX:";30;....
	;"GW-MIN:";18;....
	;;"M0.0 °C";"M0.1 %H";"M0.2 °C";"M0.3 g/kg"
	;S;23,5;54,6;-10,3;5,8
S=gestartet	
Ausgabe weitere Module	G01, G02, G..
	► ;;123,4;25,2

8.3.2.3 Zyklische Messkanalabfrage und Ausgabe starten

Befehl S2
Tabellenformat ► 01.03.12;12:00:00;25,3;39,9;"NNO"
 nichtnumerische Werte in "" ;12:01:30;25,5;40,7;"NNO"

Start und Ausgabe mit Programmkopf:
Befehl S3
 ► "V7";"BEREICH:";"Ntc ";" "% rH";"D Ds"
 "809";"KOMMENTAR:";"Temperatur";...
 ;"GW-MAX:";30
 ;"GW-MIN:";12
 "DATUM";"ZEIT";"MO.0 °C";"MO.1 %H";"M1.0"
 12.03.06;12:00:00;25,3;39,9;"NNO"
 ;12:01:30;25,5;40,7;"NNO"

Zykl. Abfrage stoppen X

8.3.2.4 Laufende Messwerte ausgeben

N Zur Darstellung aller Messwerte mit Kanal, Überlaufzeichen, Bereich und Kommentar als Liste gibt es den
Befehl: f1 P35
 ► 0.0;;27,044;°C;P304;HT
 1.0;;26,962;°C;P304;TT
 1.1;>;100;%H;P2RH;r. Feuchte
 2.0;;942,6;mb;AP ;Luftdruck

Überlauf

N Nur ein Kanal: Mx.x P35
 Grenzwertüberschreitung 1.1;!;54,27;%H;P2RH;r. Feuchte

Erweiterte Mess-, Max-, Min-, Mittelwerte mit Zeit und Datum aller Kanäle:

Befehl f1 P18
► MS;MESSWERT;MAXWERT;MINWERT;MITTELW;ANZAHL;MAX-ZEIT;MAX-DATUM;MIN-ZEIT;MIN-DATUM
 0.0;20,044;150,007;20,038;-;0;02:31;05.01;02:32;05.01
 1.0;26,961;27,017;26,952;-;0;02:33;05.01;02:45;05.01

N Nur ein Kanal: Ex.x P18
 1.0;26,961;27,017;26,952;-;0;02:33;05.01;02:45;05.01

8.3.3 Messwertspeicherausgaben

Speicherplatz ausgeben	f1	P04
(S=gesamt, F=Frei, A=Anfang-Ende, R=Ringsp.)		► SPEICHER: S0500.3 F0312.4
Version SD-Stecker ausgeben	f4	t0 ► SD 3.11
Tabellenkopf ausgeben	f2	P04 (s. Speicherausgabe im Tabellenformat)
Speicher löschen, SD-Card formatieren		C04
Speicher und alle Messdaten löschen	f1	C04
N Kommentar zur Messung eingeben:	f-4	\$xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx (64 Zeichen)
Gesamten Speicher ausgeben		P04
Anfang und Ende der Speicherausgabe festlegen:		
Anfangsdatum eingeben	f3	dtmmjj
Anfangsdatum löschen	f3	C13
Enddatum eingeben	f4	dtmmjj
Enddatum löschen	f4	C13
Ausschnitt Anfang bis Ende ausgeben	f3	P04

V7-Funktionen und V7-Protokoll

Speicherbereich mit Nummernkennzeichnung selektiv ausgeben:

Nummer mit Buchstaben eingeben f3 \$A1-N02
 Test ob Nummer im Speicher t4

► OK oder ERROR

Nummernliste ausgeben f1 P05
 ► NUMBER:
 110001
 110002
 A1-N02

N Fileliste ausgeben f2 P05
 ► FILELIST:
 \$000001
 \$000002 ...
 \$000001
 P04

N Konfiguration anwählen

Nach Aktivierung Speicher ausgeben

F ► SPEICHER:
 "ALMEMO";"K";"Hier kann ein Kommentar zur Messung stehen"
 "V7";"BEREICH:";"Ntc";"% rH"
 "710";"KOMMENTAR:";"Bezeichng";"Wasser"
 "SD3.11";"GW-MAX:";"123,4"
 "\$000001";"GW-MIN:";;12,
 "DATUM";"ZEIT";"M0.1 °C";"M0.2 °C"
 "NUMMER:";"012345" wenn programmiert
 12.03.06;12:00:00;12,;9,9
 12.03.06;12:01:30;12,5;10,7

N Speicherausgabe abbrechen f1 X

Funktion

Alle Speicherdaten ausgeben:

Speicherplatz intern (R=Ringspeicher)

Speicherplatz extern

Speicher frei

Verbleibende Speicherzeit: tttt.hh:mm

Anfangsdatum der Speicherausgabe

Endedatum der Speicherausgabe

Dateiname neue Datei

Dateiname aktuelle Datei im Speicher

Kommentar der Messung (max. 64 Byte)

Befehl

f4 P19
 ► SI:0512.4k R
 SE:256.00M
 SF:0324.5k
 SZ:0001.18:20
 D3:01.02.06
 D4:02.02.06
 DT:DATEINEU.001
 FI: ALMEMO.001
 KO:A Kommentar A=Aktiv, -
 =inaktiv

8.3.4 Fühlerprogrammierung

Funktion

D⁷ **N** Eingabekanal Exx anwählen

D⁷ **N** Bezugskanal1 b1 absolut

N Bezugskanal1 b1 relativ

D⁷ **N** Bezugskanal2 b2 absolut

N Bezugskanal2 b2 relativ

D⁷ **Dimensionsänderung** 'xyz' (≤ 6 Z.) f1 \$xyz CR

D⁷ **Messkanalbezeichnung** 'Name' (≤ 20 Z.) f2 \$Name CR

Befehl

Exxx.x (x.x)
 f1 Exxx.x
 f1 E-xxx.x
 f2 Exxx.x
 f2 E-xxx.x

8.3.4.1 Messbereiche geändert gegenüber V6 (Formel Dr. Sonntag)

Mischung kap. mit LK	0..6500.0 g/kg	B43	H r
Taupunkt kap.	-25..100.0 °C	B44	H td
Dampfdruck kap.	300..1100 mbar	B59	H e
Enthalpie kap. mit LK	0..6500.0 kJ/kg	B58	H h
Rel. Feuchte psychr. mit LK	0..100.0 %	B46	P Uw
Mischung psychr. mit LK	0..6500.0 g/kg	B47	P r
Taupunkt psychr. mit LK	-25..100.0 °C	B48	P td
Dampfdruck psychr. mit LK	0..1050 mbar	B49	P e
Enthalpie psychr. mit LK	0..6500.0 kJ/kg	B57	P h
Abs. Feuchte kap. u. psychr.	0..596.3 g/m ³	B87	D dv
Rel. Feuchte aus t und td	0..100.0 %	B68	tdUw

8.3.4.2 Messwertskalierung u. -korrektur

D ⁷ ! Basiswert eingeben	0(-)xxxxx.x (gemäß Zahlenlänge)
D ⁷ Basiswert löschen	C06
D ⁷ ! Faktor eingeben	Fx.xxxxx
D ⁷ Faktor löschen	C07
D ⁷ Exponent eingeben	Vx
D ⁷ Exponent löschen	V0
D ⁷ ! Nullpunktkorrektur eingeben	f1 0(-)xxxxx.x
D ⁷ Nullpunktkorrektur löschen	f1 C06
D ⁷ ! Steigungskorrektur eingeben	f1 Fx.xxxxx
D ⁷ Steigungskorrektur löschen	f1 C07
D ⁷ N Eingabe Zahlenlänge x Zeichen	Kx
D ⁷ N Eingabe Bereichskomma	f1 Kx

8.3.4.3 Grenzwerte

Funktion	Befehl
D ⁷ * ! Grenzwert Max. eingeben	H(-)xxxxx.x
D ⁷ * Grenzwert Max. löschen	C08
D ⁷ * Aktion Grenzwert Max. nur Alarm	h0
D ⁷ * Aktion Messkanalabfrage Start	h1
D ⁷ * Aktion Messkanalabfrage Stop	h2
D ⁷ * Aktion Messkanalabfrage Manuell	h3
D ⁷ * Aktion Timer nullsetzen	h4
D ⁷ * Aktion Makro 5..9 aufrufen	h5..h9
D ⁷ * Aktion Grenzwertrelais Port pp (aus)ein	f2 R(-)pp
D ⁷ * ! Grenzwert Min. eingeben	L(-)xxxxx
D ⁷ * Grenzwert Min. löschen	C09
D ⁷ * Aktion Grenzwert Min. nur Alarm	l0
D ⁷ * Aktion Messkanalabfrage Start	l1
D ⁷ * Aktion Messkanalabfrage Stop	l2
D ⁷ * Aktion Messkanalabfrage Manuell	l3
D ⁷ * Aktion Timer nullsetzen	l4
D ⁷ * Aktion Makro 5..9 aufrufen	l5..l9
D ⁷ * Aktion Grenzwertrelais Port pp (aus)ein	f3 R(-)pp

8.3.4.4 Sonderfunktionen

D ⁷ Fühlerverriegelung keine	f1	k0
Messbereich, Elementflags	f1	k1
Messbereich, Nullpunkt, Steigung	f1	k2
Messbereich, Dimension	f1	k3
+ Nullpunkt, Steigung	f1	k4
+ Basis, Faktor, Exponent	f1	k5
+ Analogausgang-Anfang-Ende	f1	k6
+ Grenzwerte	f1	k7
D ⁷ vollständig	f1	kx (x>0)
Fühler endgültig verriegeln	f8	kx
Endgültige Verriegelung aufheben	f-8	kx
D ⁷ * ! Analogausgang Anfang eingeben	a(-)	xxxxxx.x
Analogausgang Anfang löschen	C16	
D ⁷ * ! Analogausgang Ende eingeben	e(-)	xxxxxx.x
Analogausgang Ende eingeben (4-20mA)	f1	e(-)xxxxxx.x
Analogausgang Ende löschen	C17	
Druckzyklusfaktor	zxx	
D ⁷ Minimale Fühlerversorgungsspannung	uxxx	
D ⁷ Eingabe Sleepverzögerung xxx in s	f3	uxxx
D ⁷ Eingabe min. Abfragezeit pro Fühler in s	f1	Txxxx.xxxx (max. 2.7h)
D ⁷ Eingabe gewünschte Abfragezeit pro F. in s	f2	Txxxx.xxxx (max. 2.7h)
Seriennummer vom Fühler ausgeben	f3	t0 ►jjmm1234
D ⁷ Kalibrierzyklus Fühler (Mon.) eingeben	f9	zmm
D ⁷ Nächstes Kalibrierdatum Fühler eingeben	f9	dtmmjj

Funktion	Befehl	
N Multiplexer ändern	B-A	f2 m1
	C-A	f2 m2
	D-A	f2 m3
Differenz	C-B	f2 m4
	D-B	f2 m5
D⁷* Ausgabefunktion	Messwert	f1 m0
	Differenz	f1 m1
	Maxwert	f1 m2
	Minwert	f1 m3
	Mittelwert	f1 m4
	Alarmwert	f1 m5
Elementflags rück-/setzen	Messstrom ¹ / ₁₀	f2 k(-)1
Aktivierung Brückenschalter	Brücke	f2 k(-)3
DIGI nur zykl. Abfrage	DIGI zyklisch	f2 k(-)4
Galv. Trennung ausschalten	Iso off	f2 k(-)5
ohne Fühlerbrucherkennung	Fühlerbruch	f2 k(-)7
Analogausgang 0/4-20mA	4-20mA	f2 k(-)8
Alle Elementflags löschen		f2 k0
D⁷* N Zusatzflags rück-/setzen		
Vergleichsstellenkomp. in der Ausgabe	1=VK	f2 K(-)1
Temp.kompensation in der Ausgabe	2=TK	f2 K(-)2
Luftdruckkompensation in der Ausgabe	3=LK	f2 K(-)3
Ext. Temp.kompensation übertragen	4=TKE	f2 K(-)4
Ext. Luftdruckkompensation übertragen	5=LKE	f2 K(-)5
Messbereich mit nichtnumerischen Daten	6=TXt	f2 K(-)6
Alle Zusatzflags löschen		f2 K0
Fühlerprogrammierung neu einlesen		t5

8.3.4.5 Ausgabe der Fühlerprogrammierung

D⁷ N V7 Messkanalprogrammierung P15
 ►M;B;K;1K;H;L;0;1\$;F;V;m;2\$;1z;Q;2R;3R;10;1F;1k;1m;20;2F;a;e;1E;2E;2m;
 2k;h;l;z;u;2K;1T;3K;3u;2g
 M\0.1;B\-01\$D °C;K\5;1K\1;H\123,4;L\12;1\$\°C;m\2;2\$\Temperatur;1z\10;
 Q\78;2R\20;1k\5;2F\32000;e\1000;1E\-0.1;2m\1;h\1;l\2;z\5;u\12;1T\1;3K\2
 M\0.2....

D⁷ N Nur Eingabekanal P00
 ►M\0.1;B\-01\$D °C;K\5;1K\1;H\123,4;L\12;1\$\°C;m\2;2\$\Temperatur;1z\10;
 Q\78;2R\20;1k\5;2F\32000;e\1000;1E\-0.1;2m\1;h\1;l\2;z\5;u\12;1T\1;3K\2

N Fühlerprogrammierung f4 P15
 ► ST;SENSOR;SERIENNR;KAL-DAT;ZY
 0;FHA6461;12345678;01.10.12;12;! (!=Kalibrierdatum überschritten)
 1;F....

D⁷ N Nur ein Fühler Ex.0 f4 P00
 ► 0;FHA6461;12345678;01.10.12;12;-

D⁷ Gesamte Steckerprogrammierung neu einlesen t5

8.3.4.6 Direkter Zugriff auf die D7-Fühler, bzw. über V7-Gerät:

D⁷ N Ausgabe Fühlerkonfiguration: P61
 i00 _^10;!\$FHAD46P
 M00
 i01 !\$1;_2?a\T\---- |T,t °C |RH,Uw %H |DT,td °C |MH,r g/kg |AH,dv g/m3 |VP,e mbar |En,h kJ/kg
 M01
 i02 !\$2;_2?b\T\---- |T,t °C |RH,Uw %H |DT,td °C |MH,r g/kg |AH,dv g/m3 |VP,e mbar |En,h kJ/kg
 M02
 i03 !\$3;_2?c\T\---- |T,t °C |RH,Uw %H |DT,td °C |MH,r g/kg |AH,dv g/m3 |VP,e mbar |En,h kJ/kg
 M03
 i04 !\$4;_2?d\T\---- |T,t °C |RH,Uw %H |DT,td °C |MH,r g/kg |AH,dv g/m3 |VP,e mbar |En,h kJ/kg
 i06 !\$Luftdruckkomp.:>17;?e\T\Manuell|Sensor
 i07 _1;!\$Wert:;>17;?f\N\4.0|L300|H6500;_18;!\$mb
 i08 _1;!\$Referenz *P:;>17;?g\Y\0
 i10 !\$Zeitkonstante:;>17;?h\N\4.2|L100|H9999;_18;!\$s

D⁷ N Ausgabe der Fühlervariablen: P63
 a\1;b\2;c\3;d\8;e\1;f\934;g\0;h\1

D⁷ N Eingabe Parameter der Variablen x:
 Eingabe Zahlen a=12.3 va\12.3 CR
 Eingabe Text b=Text vb\Text CR
 Eingabe Logisch c=1 (1, ja etc.) vc\1 CR
 Eingabe Softkeyzustände Taste 0 (F1)=1 vK0\1 CR

D⁷ N Mögliche D7- und D6-Bereichsnummern

mit Bereichskürzel, Dimension,

Kommentar, Komma und Bereichsgrenzen: P64

B\-01\$D t ;1\$\°C;2\$\T,t;1K\2;1H\200;1L\-100
 B\-02\$D Uw;1\$\%H;2\$\RH,Uw;1K\1;1H\100;1L\0
 B\-03\$D td;1\$\°C;2\$\DT,td;1K\1;1H\6500;1L\-100
 B\-04\$D r ;1\$\gk;2\$\MH,r g/kg;1K\1;1H\6500;1L\0
 B\-05\$D dv;1\$\gm;2\$\AH,dv g/m3;1K\1;1H\6500;1L\0
 B\-06\$D e ;1\$\mb;2\$\VP,e mbar;1K\1;1H\6500;1L\0
 B\-07\$D h ;1\$\kJ;2\$\En,h kJ/kg;1K\1;1H\6500;1L\0
 B\-08\$D p ;1\$\mb;2\$\AP,p mbar;1K\1;1H\6500;1L\300

V7-Funktionen und V7-Protokoll

D⁷ N **Bereiche aller Kanäle** (gelöschte: B\00):

P65
M\0.0;B\01
M\0.1;B\02
M\0.2;B\03
M\0.3;B\04
M\0.4;B\00
M\0.5;B\06
M\0.6;B\08
M\0.7;B\14

D⁷ N **Primärmesskanäle**, Bereichsnummern
und Anzeige einer Mehrpunktlinearisierung

f1 P65
E\00;B\01;L\!
E\01;B\02
E\02;B\08;L\!

D⁷ N **Infoliste ausgeben**
(nur Fühler direkt)

P60	
Info-Liste	
B14	Batt
B71	Diff
B72	Max
B73	Min
B74	M(t)
B75	M(n)
B80	Alrm
B81	Mess
B83	n(t)
B85	Time
B01	D t
B02	D Uw
B03	D td
B04	D r
B05	D dv
B06	D e
B07	D h
B08	D p
f1 b6	9600 bd
f1 b7	57600 bd
f1 b8	115200 bd
f1 b9	230400 bd
f1 b0	460800 bd
f1 b1	921600 bd

D⁷ N Allg. Parameter, Primärkanäle, Eichwerte, Zeitkonstante, Bereiche bzw. Kommentare (nur Fühler direkt)	P69	
	Minimale Fuehlerspannung:	6.0 Volt
	Refreshzeit	: 2.0 s
	Primaerkanal	: E-00
	Bereich	: T, t
	Zeitkonstante	: 2.00 s
	Eichfaktor	: 1,0000
	Eichoffset	: + 0, Digit
	Primaerkanal	: E-01
	Bereich	: RH, Uw
	Zeitkonstante	: 2.00 s
	Eichfaktor	: 1,0000
	Eichoffset	: + 0, Digit
	Primaerkanal	: E-02
	Bereich	: AP, p mbar
	Zeitkonstante	: 0.00 s
	Eichfaktor	: 1,0000
	Eichoffset	: + 0, Digit
	Primaerkanal	: E-03
	Bereich	: Tp, t
	Zeitkonstante	: 0.00 s
	Eichfaktor	: 1,0000
	Eichoffset	: + 0, Digit
	1. MO0	: T, t
	2. MO1	: RH, Uw
	3. MO2	: DT, td
	4. MO3	: AP, p mbar...

8.3.5 Geräteprogrammierung

D⁷ Gerät/Modul anwählen, Messwerte ausgeben

Gerät/Modul anwählen, Messwerte ausgeben

D⁷ Moduladresse eines Fühlers programmieren

D⁷ Softwarereset, EEPROM, RAM u. Ports

D⁷ Neuinitialisierung Auslieferungszustand

D⁷ Gerätebezeichnung (max. 40 Zeichen) eingeben

D⁷ Gerätebezeichnung ausgeben

D⁷ Gerätetyp und -version ausgeben

Abfrage verfügbarer Funktionen:

Speicher, Stecker/MMC, Anfang-Ende, Ringspeicher,

Sleep, CRC, KL | Version

Abfrage Fühlertyp, Kanalzahl, Linearisierung

Fühler, Typ, Analog-/Digitalkanäle, Linearisierung

D⁷ **Seriennummer** vom Gerät ausgeben

Nächstes **Kalibrierdatum** eingeben

Hysterese zur Alarmverarbeitung eingeben

Sprache eingeben (D=0, E=1, F=2, X=3)

D⁷ Baudrate ändern (6=9.6, 7=57.6, 8=115.2kb)

D⁷ Fühlerversorgungsspannung einstellen

Eingabe Sleepverzögerung xxx in s

Betriebsparameter:

60Hz Brummunterdrückung

Beim Start Max-, Min-, Mittelwerte löschen

Ringspeicher

Messwertabfrage übertasten erlauben

Signalgeber ausschalten

Makros 5..9 eingeben (max. 30 Zeichen)

Befehl	Ausdruck
Gxx	wenn zuvor Abfrage
j	ohne Abfrage
f9 Gxx	
f1 C19	
f2 C19	
f4 \$Gerätebezeichnung CR	
f1 t0	
►Gerätebezeichnung	
t0	
►A8590-9 6.xx	
t6	
►S-ARLCK 7	
f1 t7	
►0;T\V6;A\3;L\!	
1;T\D7;D\5	
f2 t0	
►Hjmm1234	
f8 dtmmjj	
Yxx	
kx	
f1 bx	
f1 uxxx	
f2 uxxx	
f6 k(-)1	F
f6 k(-)2	C
f6 k(-)3	R
f6 k(-)5	A
f6 k(-)6	S
f-5 \$bx1 bx2 CR	

KONFIG:

V7-Funktionen und V7-Protokoll

Makros 5..9 aufrufen

Alle Makros 5..9 ausgeben

V6-Peripherieport pp (A1=1p, A2=2p..) setzen
Relais Port pp (aus-)einschalten
Relaisvariante x von Port pp setzen (- = invers)
Triggerfunktion von Port p8 (Makro 5..9)
Analogtyp von pp wählen 1=10V, 2=20mA
Analogwertausgabe von pp programmieren
Bezugskanal von Port pp (Analogausgang)
Watchdog ein-(aus-)schalten

Befehl

Ausdruck

```
...- m-5...-9
9
f5 P19
    ►M5:bx1|bx2
    M6:bx...
ipp
    f1 R(-)pp
ipp f9 k(-)x
ipp f9 kx (k-5...k-9)
ipp f9 Ax
ipp f9 a(-)xxxxx
ipp f9 Exxx.x
i20 o(-)19
```

8.3.5.1 Ausgabe der Geräteparameter

D7 V5-Ausgabe

F Adresse, Kanäle möglich, Aktiv V6, D7

Luftdruck siehe Kapitel 6.2.5

Vergleichsstellentemperatur

LoBat und Fühlerspannung

Hysterese siehe Kapitel 6.2.6

Konfiguration siehe Kapitel 6.10.13, 6.10.7

Alarmzustand der Relais 0..3 siehe Kapitel 6.10.8

Ausgangsmodul auf A1 siehe Kapitel 6.10.9

Ausgangsmodul auf A2

P19

```
GERAET: G00 M0020 A0008 D0005
LUFTDRUCK: +01013. mb
VK-TEMP: +0023.5 °C
U-SENSOR: ! 12.5 V
HYSTERESE: 10
KONFIG: FCRDAS-8 -L-- B01 ax.
ALARM: -1-3
A1: DK0 U
A2: AA
```

Ausgabe alle fixen Geräteparameter:

Gerätebezeichnung:

Version, Optionen:

Seriennummer:

Baudrate:

Gerät: Adresse, Messkanäle gesamt, Aktiv V6, Digital D7

Anlage: Einschübe(=MF !=MU-alt :=MU-neu :=KS :=TH)

Hysterese:

Konfiguration: 60Hz,ClrMw,Ringsp,-,Ü-Abtasten,Signal aus

Wandlungsrate: Ausgabe Cont, -, Speicher, V24

Nummer:

Zyklus: Ausgabekanal,Sleep/Monitor/FailSafe

N Abfragezyklus:

Anfangszeit:

Anfangsdatum:

Endezeit:

Endedatum:

Messdauer:

Geräteverriegelung:

Nächste Kalibrierung: Datum, Alarm

Sprache:

Display: Kontrast, Beleuchtungsstufe, -dauer

Sleepverzögerung in s (Sleep-Delay z.B. 123 s)

f1 P19

```
►GB:AMR ALMEMO 710
V0.710 KL 7.16
SN.H12345678
BR:57.6kbd
GE.G00 M0100 A0008 D0005

HY:10
KF:FCR--S-- -----
WR:010C-SU
NR:123456
Z1:00:10:00 St -/s/M/F
Z3:00.250 s
U1:07:00:00
D1:01.02.06
U2:17:00:00
D2:02.02.06
MD:00:10:00
GV:M0F0
KG:01.10.06-!/
SP:D
DI:G3 100 2 1
SD:123 s
```

Ausgabe aller Gerätevariablen:

Temperatur zur Kompensation:

Luftdruck zur Kompensation:

VK-Temperatur:

Uhrzeit:

Datum:

f2 P19

```
►TK:+ 25.0°C
LD:+01013.mb
CJ:+023.51 °C
UZ:12:34:00
DA:01.02.12
```

Drucktimer:	T1.00:01:23
Abfragetimer:	T2.00:00:00
Messzeit:	MZ.00:00:00.00
Timer3	T3. 65000. s
Timer4	T4. 6500.0 s
Akkuspannung:	UB. 3.9 V
Fühlerspannung-Soll:	US: 12.0 V
Fühlerspannung-Ist:	UF.! 12.5 V
Akku-Temperatur:	AT:+ 53.1 °C
Akku-Kapazität:	AK: 13.80 Ah
Rest-Kapazität:	RK: 5.78 Ah
Lademodus:	LM.-
Lade-Entladestrom:	LS.+ 3.20 A
Ladezeit:	LZ.0:10/0:10h

8.3.5.2 Ausgabe der Ausgangsmodule

Ausgabe der Ausgangsmodule

Buchse DC: Netzadapter ALMEMO® Stecker

Spannung 12V Strombelastbarkeit 1A

Buchse P0: Option Relais intern

Schließer 0.5A Variante 0 invers aktivOpen

Schließer 0.5A Variante 8 aktiv Closed

Buchse A1: Datenkabel USB

RS232 Ausgabe Schnittstelle Baudrate 115.2kB

Buchse A2: Analog-Ausgangskabel

N V5-Analogausgang 2V Messkanal M0.1

V5-Analogausgang 2V Bezugskanal B1.0

V5-Analogausgang 2V gesteuert COM

V5-Relaiskabel,-RTA Relaiszustand

Buchse A3: Speicherkarte mit Micro-SD-Card

>**Buchse A4:** Relais-Trigger-Analog-Adapter V6

Schließer 0.5A Variante 0 passiv Open

Öffner 0.5A Variante 8 invers aktivOpen

Wechsler 0.5A Variante 2 aktiv Closed

DA-Wandler 10V Messkanal Mxx0.1

DA-Wandler 10V Bezugskan. Bxx1.0

DA-Wandler 20mA gesteuert COM

Trigger Taste Variante 0 Start-Stop

>**Buchse A5:** Relais-Trigger-Kabel V6

Schließer 0.5A Variante 2 aktiv Closed

Öffner 0.5A Variante 2 invers aktiv Open

Trigger Optok. Variante 1 Manuell

Trigger Optok. Variante-5 Makro5

>**Bus B6..B9:**

f3 P19

►DC.ZA1312NA8

12V 2.5A

P0.OA2490Rxx

00:N00-0 1 0

01:N00 8 1 C

A1.ZA1919-DKU

DK0 115.2kB

A2.ZA1601-RK

RK;M;0.1;+01.234 V

RK;B;1.0;+01.234 V

RK;C;;+01.234 V

EA2 0123

A3.ZA1904-SD

SM 256.00M

A4.ZA8006RTA3

40:N00 0 0 0

41:NC0-8 1 0

42:C00 2 0 C

46:DA1;M;0.1;+08.234 V

46:DA1;B;1.0;+08.234 V

47:DA2;C;;+12.345mA

48:TR1 0

A5.ZA1006EKA

50:N00 2 1 C

51:NC0-2 1 0

58:TR1 1

59:TR2-5

B6.ES8006RTA5

60:...69:

xx:Funktion programmierbar,

xx.Funktion fix oder Messwert

8.3.5.3 Speicherkonfiguration

Speicherkonfiguration

Speicherplatz intern (R=Ringspeicher)

Speicherplatz extern

Speicher frei

Verbleibende Speicherzeit: tttt.hh:mm

Anfangszeit der Speicherausgabe

Anfangsdatum der Speicherausgabe

Endezeit der Speicherausgabe

Endedatum der Speicherausgabe

Dateiname neue Datei

Dateiname aktuelle Datei im Speicher

N Kommentar der Messung (max. 64 Byte)

f4 P19

SI:8048.4k R

SE:512.00M

SF:0324.5k

SZ:0001.18:20

U3:07:00:00

D3:01.02.06

U4:17:00:00

D4:02.02.06

DT:DATEINEU.001

FI: ALMEMO.001

K0:A Kommentar A=Aktiv, -=inaktiv

8.3.5.4 Ausgabe aller Makros

Ausgabe aller Makros

f5 P19

►M5:P15|f1|s

M6:P04|C04

M7:Z000005

M8:Z000100

M9:

8.3.5.5 Menükonfiguration 710

Anwahl Usermenü Ux (1..7)

Eingabe Kommentartext 1 (max. 21 Zeichen)

Eingabe Kommentartext 2 (max. 21 Zeichen)

Eingabe Menütitel von Ux (max. 16 Zeichen)

Eingabe Anzahl der Seiten von Ux

Anwahl der Seite x von Ux

Eingabe Menüformat 1=8Z, 2=6Z, 3=4Z

Anwahl der Menüzeile xx

Anwahl des Menükanals x.x

Eingabe eines wählbaren Menükanals

Wahl von Menüseite und Funktion

Messwert

Dämpfung

Kommentar

Maxwert

Minwert

Maxwert-Zeit-Datum

Minwert-Zeit-Datum

Mittelwert

Anzahl

Mittelmodus

Luftdruck in mb

Temperaturkompensation

Sollwert

Wandlungsrate

Abfragezyklus

Ausgabezyklus Uhrzeit, Datum

Zyklusfaktor

Effektiver Zyklus

Messzeit

Startzeit

Stopzeit

f3 mx

f5 \$Kommentar1 CR

f6 \$Kommentar2 CR

f7 \$Menütitel Ux CR

f3 Sx

f3 Nx

f3 Wx

f1 ixx

f3 Exxx.x oder Ex.x

f3 E-0.0

Feld links

Feld rechts

f1 o01

f2 o01

f1 o02

f2 o02

f1 o03

f2 o03

f1 o04

f2 o04

f1 o05

f2 o05

f1 o06

f2 o06

f1 o07

f2 o07

f1 o08

f2 o08

f1 o09

f2 o09

f1 o10

f2 o10

f1 o11

f2 o11

f1 o12

f2 o12

f1 o13

f2 o13

f1 o14

f2 o14

f1 o15

f2 o15

f1 o16

f2 o16

f1 o17

f2 o17

f1 o18

f2 o18

f1 o19

f2 o19

f1 o20

f2 o20

f1 o21

f2 o21

Wahl von Menüseite und Funktion

Messdauer
Verriegelung
Bereich
Grenzwert Max
Grenzwert Min
Aktion Max
Aktion Min
Basiswert
Faktor
Exponent
Nullpunktkorrektur
Steigungskorrektur
Analoganfang
Analogende
Nummer
Dateiname
Speicher frei
Gerätebezeichnung
Querschnitt cm²
Kommentartext 1
Kommentartext 2

Ausgabe der Menükonfiguration Ux:

V;Version; Menüzahl;
Seitenzahl gesamt; Menütitellänge; Kommentarlänge
Menü Ux;Menütitel;Kommentar1;Kommentar2;Seitenzahl y
Seite 1; Format z
In Zeile 00: Ex.x Messwert, Ex.x Mittelwert
In Zeile 01: Ex.x Maxwert, Ex.x Minwert
In Zeile 02: Ex.x Maxzeit, Ex.x Minzeit
In Zeile 03: Ex.x Bereich, Ex.x Kommentar
In Zeile 04:
Seite 2: Format z
In Zeile 00: E0.0 Grenzwert Max.
In Zeile 01:

Feld links

f1 o22
f1 o23
f1 o24
f1 o25
f1 o26
f1 o27
f1 o28
f1 o29
f1 o30
f1 o31
f1 o32
f1 o33
f1 o34
f1 o35
f1 o36
f1 o37
f1 o38
f1 o39
f1 o40
f1 o41
f1 o42

Feld rechts

f2 o22
f2 o23
f2 o24
f2 o25
f2 o26
f2 o27
f2 o28
f2 o29
f2 o30
f2 o31
f2 o32
f2 o33
f2 o34
f2 o35
f2 o36
f2 o37
f2 o38
f2 o39
f2 o40
f2 o41
f2 o42

f3 mx P20

V;0;7;21;16;21
Ux:Menütitel;Text1;;Sy
S1:Wz
00:Ex.x;15;Ex.x;11
01:Ex.x;09;Ex.x;10
02:Ex.x;09;Ex.x;29
03:Ex.x;08;Ex.x;24
04:....
S2:Wz
00:E-00;25
01:....

9 Stichwortverzeichnis

A		C	
Abfragemodi	464	Cosinuscharakteristik, Lichteintrittsfenster	
Abfragezyklus, V7 Geräte	496	Lichtsensoren	253
Absolutdruck	190		
Adresse eines Messgerätes	433	D	
Alarmrelais	472	Datenkabel	414
Alarmrelais von Grenzwerten, D7 Sensoren	501	Datenlogger	4
ALMEMO® D7 Stecker	354	Dehnungsmesssteifen	213
ALMEMO® D6-Stecker	354	Differenzdruck	190
ALMEMO® Standardstecker	353	Digitaleingangskabel	402
AMiR 7838	63	Dimension, D7 Sensoren	499
Analogausgang	407	Dimensionsänderung	440
Analogausgang, Konfiguration	473	DMS	213
Analogausgangsfunktionen	471	Drehzahl	239
Analogausgangskabel	413	Drehzahlgeber	239
Anfangszeit einer Messung	454	Druckmessstecker für barometr. Druck	148
Anzeige	3	Drucksensoren	189
Aufsatztrichter	188	Druckzyklus	451
Ausgabeprotokolle	453	Durchfluss	225
Ausgangsmodule	407	Durchflussmesser, Turbine	225
Ausgangsmodule, Konfiguration	473	Durchflusssensor, magnetisch induktiv	226
Ausgleichsleitungen	38		
B		E	
Barometer	146	EEPROM	353
BASISWERT	441	Eingangsmultiplexer	469
Baudrate	431	Eingangsmultiplexer, D7 Sensoren	501
Baudrate ändern	475	Einstabmesskette	302
Befehlsübersicht V6-Protokoll	477	Elektrische Größen	241
Beleuchtungsstärke	245	Elementflags	469
Bestrahlungsstärke	245	Emissionsgrad	50
Bezugsmessstellen	439	Endezeit einer Messung	454
Funk Modul	426	Erdungskabel, Durchflusssensor FVA645GV	238
Funk, Datenverbindung	418	Ethernet Datenkabel	417
Bruchlast, eines Kraftsensors	213	Fail-Save-Mode	465

F			
FAKTOR	441	FIAD 43	56
Farbtemperatur	251	Filter für Feuchtesensoren	77
Farbtemperatur, Messköpfe	300	FKA 022, Druckkraftsensor	218
FD 8214, Einbau-Druckaufnehmer	198	FKA 0251, Zug- und Druckkraft-Sensor	218
FD 8612 DPS	207	FKA 613, Druckkraftsensor	218
FD 8612 DPS/APS, Differenzdruckaufnehmer	207	FLA 603 LDM2, Leuchtdichte-Messkopf	296
FD9912xxx, Staurohre	174	FLA 603 LSM4, Lichtstrom-Messkopf	297
FDA 602 D, Messmodul für Differenzdruck	204	FLA 613 UVAK, Lichtsensor, UVA	271
FDA 602 LxAK, Druckaufnehmer		FLA 613 VLK, Lichtsensor, V-Lambda	260
Temperaturmessung Kältemittel	201	FLA 623 GS, Lichtsensor, Globalstrahlung	284
FDA 602 SxK, Druckmessstecker		FLA 623 IR, Lichtsensor, Infrarot	288
für Differenzdruck	211	FLA 623 PS, Lichtsensor, Quantumstrahlung	290
FDA 602-TM2, Tensiometer	129	FLA 623 UVA, Lichtsensor, UVA	266
FDA 612 SR, Druckmessstecker		FLA 623 UVB, Lichtsensor, UVB	276
für Differenzdruck	211	FLA 623 UVC, Lichtsensor, UVC	281
FDA602Dxx	205	FLA 623 VL, Lichtsensor, V-Lambda	255
FDA602Lx, Einbau-Drucksensor	193	FLA 628 S, Globalstrahlungspyranometer	157
FDAD 12-SA, für barometrischen Druck	147	FLA 633 GS, Lichtsensor, Globalstrahlung	286
FDAD 33/35M, Einbau-Präzisionssensor		FLA 633 UVA, Lichtsensor, UVA	268
für Druck	195	FLA 633 UVB, Lichtsensor, UVB	278
FEA 604-4N, Zangenstromwandler	244	FLA 633 VLM, Lichtsensor, V-Lambda	258
FEA 604-9, Zangenstromwandler	242	FLAD 03-VL1, digitaler Messkopf,	
FEA 604-MN, Zangenstromwandler	243	V-Lambda	253
Feuchtfühler eines Psychrometers	94	FLAD 23 CCT, Sensor für Farbtemperatur	
FH0D 46-C	80	und Beleuchtungsstärke	300
FHA 636 MFS1, Holzfeuchtefühler	123	Flowmeter	227
FHA 636-MF, Leitwertfühler für Holzfeuchte	121	Flügelräder	178
FHA 646-DTC1	103	FMD 760, meteorologischer Messwertgeber	135
FHA 646-R	91	FNAD 46	95
FHA 696-GF1, Materialfeuchtefühler		FPA 836-3	101
für Granulate	115	FQA 0xx Wärmeflussplatten	71
FHA 696-MF, Materialfeuchtefühler	110	FQAD xx digitale Wärmeflussplatten	73
FHA 696-MFS1,		Frequenzsignale, Adapterkabel	399
Materialfeuchtefühler für Holz	114	FUA 9192, Drehzahlgeber	239
FHA 936-WD, Wasserdetektorsonde	125	Fühlerbrucherkennung	469
FHAD 36-x	86	Fühlerprogrammierung	437
FHAD 46-C	80	Fühlerstromversorgung	356
FHAD 46-C4AG, meteorologischer Fühler	160	Fühlerverriegelung	443
FHAD 46-C7	84	Funktionskanäle	439
FIA 844	52	Funktionskürzel	440

FV A645 GVx, Wirbel-Durchflussmesser	236	Geräteprogrammierung	514
FVA 614, Windrichtungsgeber	154	Gleichtaktdruck	175
FVA 615 2, Windgeschwindigkeitsgeber	150	gleitende Mittelwertbildung	458
FVA 915 VTH 25M, Durchflussmesser, Turbine	232	Globalstrahlung	158
FVA 915 VTHM, Durchflussmesser, Turbine	227	Globalstrahlung	249
FVA915VMZx, Durchflusssensor, magnetisch induktiv	234	Globalstrahlung, Messköpfe	284
FVAD 05-TOKx, omnidirektionales Thermoanemometer	168	Globalstrahlungspyranometer	157
FVAD15-Hxxx, Flügelradanemometer	178	GPRS	421
FVAD35THx, Thermoanemometer	165	Grafikdisplay	4
FWA xxx T, Wegaufnehmer	221	Grenzlast, eines Kraftsensors	213
FWA xxx TR, Wegtaster	223	Grenzwertaktionen	454
FY 9600-O3	350	Grenzwerte	441
FY A600-CO2	341	H	
FY96PHEE, pH-Elektrode	310	Halbkontinuierliche Messtellenabfrage	449
FY96PHEK, pH-Elektrode	307	Hall-Sensor, Durchflussmesser	225
FY96PHEN, pH-Elektrode	309	Handpsychrometer	95
FY96PHER, pH-Elektrode	308	Himmelsstrahlung	158
FY96RXEK, Redox-Einstabmesskette	312	Hochspannungs-Messmodul, galvanisch getrennt	389
FYA 600-A, Gassonden	353	Hysterese	435
FYA 600-CO, Kohlenmonoxid-Sonde	346	I	
FYA 600-CO2, Kohlendioxidsonde	341	I ² C Schnittstelle	353
FYA 600-O2, Sauerstoffsonde	347	Impulsmessung	457
FYA 600-O3, Ozon-Messumformer	350	Inconel-Rohr	39
FYA 640-O2, Sauerstoffkonzentration in wässrigen Lösungen	330	Infrarot-Fühler	50
FYA641LFP1 / LFL1, Leitfähigkeitssonde	317	Infrarotstrahlung, Messköpfe	288
FYA641LFP2 / LFL2, Leitfähigkeitssonde	319	IR Strahlung	250
FYA641LFP3, Leitfähigkeitssonde	321	K	
FYAD 00-CO2, Kohlendioxidsonde	338	Kältemittel	201
G		Kapazitive Feuchtefühler	76
Gase, Messung der Konzentration	335	Karmanschen Wirbelstraße	226
Gaskonzentration, elektrochemische Messung	343	Kohlendioxid	335
Gaskonzentration, Messung durch Infrarot	337	Kohlendioxid-Gassensormodul	341
Gebrauchslast, eines Kraftsensors	213	Kohlenmonoxid	335
Gerätekonfiguration	434	Kommaverschiebung	442
Geräteprogrammierung	433	Kontinuierliche Messtellenabfrage	449
		Korrekturwerte	441

Kraftsensorabgleich	216
Kraftsensoren	213

L

LC-Display Anzeige	3
Leitfähigkeit	315
Leitfähigkeit, Messung	315
Leitfähigkeits-Elektroden	301
Leuchtdichte	245
Leuchtdichte-Messkopf	296
Lichtstrom	245
Lichtstrom, Messköpfe	297
Lichtwellenleiter	425
Linearisierung	444
Linearspeicher	476
Luftdruckkompensation	434,457
Luftdrucksensoren	146
Luftfeuchte	135
Luftfeuchtigkeit	75
Luftströmungsfühler	163
Lufttemperatur	135

M

Makros	455
Mantelfühler	39
Materialfeuchte	107
Materialfeuchtefühler, kapazitiv	109
Materialfeuchtefühler, mit dem Leitwertprinzip arbeitend	120
Maximalzeit, V7 Geräte	498
MAXWERT	447
mechanische Größen	189
Mehrfachstecker	406
Mehrpunktkalibration	444
Messbereich	437
Messbereiche, V7 Sensoren	499
Messeingänge	3
Messfleck eines Infrarotsensors	50
Messgeräte	3
Messwertdämpfung	458

Messwertspeicher	462
Messwertspeicherausgaben	508
Miniatur-Multisensormodul	80
Minimalzeit, V7 Geräte	496
MINWERT	447
Mischungsverhältnis	75
Mittelungsmodus	440
Mittelungszeit, D7 Sensoren	504
Mittelwertbildung	458
Mittelwertmodus	458
Mobilfunkmodem	421
Monitor-Mode	465
MT 8716-DTC1	103
Multiplexer	469

N

Nennlast, eines Kraftsensors	213
Netzfrequenzstörunterdrückung	475
Netzwerk-Interfacekabel	424
Niederschlag	135
Ntc-Fühler	366
NTC-Perle in Steckern, Thermoelemente	358
NTC-Widerstandsfühler	45
NULLPUNKT	441
Nullpunktgleich	442
Nummerierung von Messungen	461

O

Optische Sonden	157
optische Strahlung	245
Ozon	335

P

pH-Elektroden	301
pH-Elektroden, Justierung	305
pH-Messketten	302
pH-Wert	301
pH-Wert Messung	302
Photometrie	246

Psychrometer	94	Schubstange, Wegtaster	223
Psychrometer FNAD 46-3, stationär	98	SD-Card	462
Psychrometer, stationär	101	Sensormenü	19
PT100-Widerstandsfühler	42	Sensormodul FY A600-CO2	341
		Signalgeber abschalten	476
		Skalierung	442,471
Q		Sleepmodus	464
Quantumstrahlung	250	Sleepverlängerung, D7 Sensoren	499
Quantumstrahlung, Messköpfe	290	Sleepverzögerung	464
		Software ALMEMO®-Control	431
R		Sondermessbereiche	444
Radiometrie	246	Sonnenstrahlung	157
Radiometrische Messköpfe	302	Spannungsteiler in Standardsteckern	355
Redox - Potential, Messung	311	Speicher	4
Redox-Elektroden	301	Speicher, V7 Geräte	501
Referenzmessgeräte	44	Speicherausgabe	465
Reflex-Klebestreifen, Drehzahlgeber	241	Speicherauslesen	431
Reflexions-Lichttaster	239	Speichermedien	462
Regenintensität	137	Speicherstecker	462
Regenmenge	137	Speicherung	450
Relais	407	Spitzenwerte	447
Relais-Trigger-Analog-Adapter	410	Starten einer Messung	453
Relais, Konfiguration	473	Staudruck	172
Relaiskabel	408	Staudruckmessmodule	172
Relativdruck	190	Staurohr	172
relative Feuchte	75	Stecker für Temperatursensoren	358
Ringspeicher	476	Stecker für Gleichspannung	370
RS232-Datenkabel	415	Stecker für Gleichstrom	378
RS232-Datenkabel mit Lichtwellenleiter	416	Stecker für Messbrücken	386
		Stecker für Ntc-Temperaturfühler	366
S		Stecker für Potentiometergeber	384
Sauerstoff	335	Stecker für Temperatur-Widerstandsfühler	362
Sauerstoff-Messzelle	347	Stecker für Widerstand	383
Sauerstoff, gelöst in Wasser	301	Stecker, für Thermoelemente	358
Sauerstoffmessung in Wässern	329	STEIGUNG	441
Scanzeit, V7 Geräte	498	Steigungsabgleich	442
Schalenkreuzanemometer	150	Sternpyranometer	157
Schnittstelle	431	Steuerung	407
Schnittstellen	5	Stoppen einer Messung	453
Schnittstellenadapterkabel	403		

Strahlungsintensität	157
Strömungsgeschwindigkeit	226
Strömungssensoren	163
Stromversorgung	5
Stromwandler	241

T

Taupunktsensoren	103
Taupunkttemperatur	75
Taupunkttransmitter	103
Temperaturkompensation	435
Tensiometer	127
Terminal	431
Terminal-Mitschnitt	432
Thermoanemometer	165
Thermodrähte	40
Thermoelemente	36
Thermoelemente, Stecker	358
Thermoelementfühler	39
Thermomaterial in Standardsteckern	355
Trigger	407
Trigger, Konfiguration	473
Triggerung, extern	455
Trockenfühler eines Psychrometers	94

U

U-Wert-Bestimmung	69
Überabtastung der Messdatenausgabe	476
Überdruck	190
Überlastbarkeit	175
Überschreitung eines Grenzwert	455
Uhrzeit und Datum	435
Ulbrichtscher Kugel	248
USB-Datenkabel	415
UV-Index	249
UVA-Strahlung	249
UVA-Strahlung, Messköpfe	265
UVB-Strahlung	249
UVB-Strahlung, Messköpfe	276

UVC Strahlung	250
UVC-Strahlung, Messköpfe	281

V

V-Lambda Strahlung	250
V-Lambdastrahlung, Messköpfe	252
V7-Messsystem	495
V7-Protokoll	495
V7-Protokoll, Befehlsübersicht	506
Vergleichsstelle	36
Vergleichsstelle	355
Vergleichsstellenfühler in Steckern für Thermoelemente	360
Vergleichsstellentemperatur	457
Vernetzung von Messgeräten	423
Verriegelungsmodus	444
Volumenstrom	226
Volumenstrommessung	188
Volumenstrommessung	460

W

Wandlungsrate	451
Wärmedurchgangskoeffizient	65
Wärmedurchgangswiderstandes	65
Wärmeflussplatten	65
Wechselspannung, Adapterkabel	376
Wechselstrom	241
Wegaufnehmer	220
Wegtaster	220
Wet-Bulb-Globe-Temperatur-Messung	49
Wetterstation	134
WIN-Control	452
Windfahne	154
Windgeschwindigkeit	137
Windgeschwindigkeitsgeber	150
Windrichtung	137
Windrichtungsgeber	154
WLAN-Modul	420

Z

Zangenstromwandler	241
Zugstange, Wegaufnehmer	221
Zweistabmesskette	302
Zyklus	451

