

# Diplomarbeit

## **Aufbau und Untersuchung eines Messdatenerfassungssystems zur Abfrage von Prozessdaten und Steuerung von Systemkomponenten am Radioteleskop Effelsberg Bad Münstereifel**

**Bernhard Hilbig**

*Matrikelnummer: 9005216*

*Erstprüfer:*

**Herr Prof. Dr.-Ing. Andreas Bunzemeier**  
FH-Bonn-Rhein-Sieg Sankt Augustin

*Zweitprüfer:*

**Herr Prof. Dr. rer. nat. Volker Sommer**  
FH-Bonn-Rhein-Sieg Sankt Augustin

Diese Diplomarbeit entstand in Zusammenarbeit mit:

**Max-Planck Institut für Radioastronomie**

*Betreuerin:*

**Frau Dipl.-Ing. Ute Teuber**

*Abteilungsleiter:*

**Herr Dr.-Ing. Reinhard Keller**

*Durchführung:*

**12. November 2007 – 12. Februar 2008**

*Meinen Eltern Luise und Clemens Hilbig*

# 1 Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Erklärung</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Danksagung</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Einleitung</b>	<b>10</b>
6.1	<i>Radioteleskop Effelsberg</i>	10
<b>7</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>13</b>
7.1	<i>Physikalische Messgrößen</i>	13
7.1.1	Vakuum und Vakuumtechnik	13
7.1.2	Kryotemperaturen und Kryotechnik	15
7.1.3	Empfängerbox-Temperatur über Pt-100 Widerstandsthermometer	19
7.1.4	Heliumdruck über WIKA-Druckmessumformer	20
7.2	<i>Messdatenerfassung</i>	23
7.2.1	Kommunikationsprotokoll und Datenaustauschtechnik	23
7.2.1.1	Modbus-TCP	23
7.2.1.2	Ethernet TCP/IP	27
7.2.1.3	FPGA	29
7.2.2	Messdatenerfassungssysteme	31
7.2.2.1	WAGO-I/O-System 750	31
7.2.2.2	CompactRIO von National Instruments	35
7.3	<i>Programmiersprachen</i>	36
7.3.1	CoDeSys	36
7.3.2	VHDL	37
7.3.3	LabVIEW	39
7.4	<i>Elektromagnetische Verträglichkeit EMV</i>	44
7.4.1	Definition der EMV	44

1	Inhaltsverzeichnis	3
7.4.2	Gehäusekonstruktion und EMV	46
7.4.3	Bedeutung für die Radioastronomie in Effelsberg	48
<b>8</b>	<b>Vergleich NI CompactRIO und WAGO-I/O-System</b>	<b>49</b>
8.1	<i>Inbetriebnahme und Zeitmessungen NI Compact RIO</i>	49
8.1.1	Messergebnisse Zeitmessung cRIO 9004 von NI DO Modul cRIO 9472	51
8.1.2	Messergebnisse Zeitmessung cRIO 9004 von NI DI Modul cRIO 9421	55
8.1.3	Gegentaktimpuls-Messung mit NI cRIO 9411 und Darstellung der Frequenz	57
8.2	<i>Inbetriebnahme und Zeitmessungen WAGO-I/O-System 750</i>	58
8.2.1	Messplot mit Tektronix 7254 Phosphor Oszilloskop	58
8.2.2	LabVIEW Messplots	59
8.3	<i>Störstrahlungsverhalten beider Systeme</i>	61
8.3.1	Erster Prüfling: WAGO-I/O-System mit Controller 750-841	61
8.3.2	Zweiter Prüfling: National Instruments CompactRIO mit Controller 9004	63
8.3.3	Fazit der Messungen	66
<b>9</b>	<b>EMAP-Messdatenerfassungssystem für Effelsberg</b>	<b>67</b>
9.1	<i>Hardware</i>	67
9.1.1	Fräsgehäuse für WAGO-I/O-System und Media Converter	67
9.1.2	EMV-19 Zoll Einschub	69
9.1.3	Endmontage und Inbetriebnahme von EMAP	71
9.2	<i>Software</i>	80
9.2.1	EMAP-LabVIEW-Frontpanel	80
9.2.2	EMAP-LabVIEW-Blockdiagramm	86
9.2.3	Unterprogramme / SubVI's	87
<b>10</b>	<b>Abschlussmessungen und Fazit</b>	<b>98</b>
<b>11</b>	<b>Ausblick</b>	<b>102</b>
<b>12</b>	<b>Quellennachweis</b>	<b>103</b>
<b>13</b>	<b>Anhang</b>	<b>104</b>

## 2 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Request-Telegramm für Funktionscode 2 – Lesen mehrerer digitaler Eingangsbits	25
Tab. 2: Response Telegramm auf Anfrage durch Funktionscode 2 – Lesen mehrerer digitaler Eingangsbits	25
Tab. 3: Übersicht einiger festgelegter Funktionscodes des Modbus TCP	26
Tab. 4: Messwertetabelle Verhältnis High- zu Low-Time NI DO Modul cRIO 9472	53
Tab. 5: Messwertetabelle Verhältnis High- zu Low-Time NI DI Modul cRIO 9421	56

## 3 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Radioteleskop Effelsberg (Aufnahme 21.10.2007; Hilbig)	10
Abb. 2: Graphische Darstellung des elektromagnetischen Spektrums	11
Abb. 3: Aufbauschema des Radioteleskop Effelsberg	12
Abb. 4: Vakuummessröhren von Hastings	14
Abb. 5: Innenansicht des 21cm-7 Beam Empfängers mit 70K und 15K–Stufe, Refrigerator und Verstärkern	16
Abb. 6: 21cm-7 Beam-Empfänger mit geschlossenem Strahlungsschild	16
Abb. 7: Spannungs-Temperaturkurve einer Sensordiode DT-470	17
Abb. 8: Bauformen von Sensordioden	17
Abb. 9: Messschaltung mit Sensordiode	18
Abb. 10: JUMO-Widerstandsthermometer	19
Abb. 11: WIKA-Druckmessumformer S-10	20
Abb. 12: Metallfolien Dehnungsmessstreifen	20
Abb. 13: Widerstandsänderung bei Dehnung eines Leiters	21
Abb. 14: Beispiel für eine Wheatstonesche Messbrückenschaltung	22
Abb. 15: Beispiel für Halbbrücke	22
Abb. 16: Unterschied Modbus-Standard und TCP-Telegramm (links über RS232 bzw. RS485; rechts über TCP/IP)	24
Abb. 17: FPGA der Firma Xilinx	29
Abb. 18: Beispiel für WAGO-Feldbusknoten (links); Feldbuscontroller 750-841 (rechts)	31
Abb. 19: Beispiel für Ausgangsdaten-Prozessabbild des Controllers	32
Abb. 20: Ausschnitt aus der html-Seite des WAGO-Webserver des Controller	33
Abb. 21: 2-Kanal Analog Eingangsklemme 4-20mA (links) bzw. 0-10V (rechts)	34
Abb. 22: 8-Kanal Digital Eingangs-(links) und Ausgangsklemmen (rechts) jeweils 5/12V 0,2ms	34
Abb. 23: Echtzeit Controller (Links), 8-fach Chassis mit Backplane (Mitte); I/O-Module (Rechts)	35

Abb. 24: Beispiel für CoDeSys Verknüpfungssteuerung mit zwei Netzwerken, UND/ODER-Logikbaustein, Flip-Flop (S3) mit Rücksetzdominanz, Trigger-Baustein (Trig3) und Ausschaltverzögerung (T1) _____	36
Abb. 25: LabVIEW While-Schleife mit Condition Terminal (links) und For-Schleife (rechts) _____	41
Abb. 26: LabVIEW Blockdiagramm einer Case-Struktur mit Menü-Ring (links); Menü-Ring Frontpanel (rechts) _____	41
Abb. 27: LabVIEW flache Sequenzstruktur _____	42
Abb. 28: LabVIEW Anzeige-Element mit zugehörigem Eigenschaftsknoten _____	42
Abb. 29: LabVIEW Array mit drei Elementen im Frontpanel _____	42
Abb. 30: LabVIEW Frontpanelanzeigeelemente Tabellenstring (links) und String-Element als Passwortanzeige (rechts) _____	43
Abb. 31: Frontpanel eines unter LabVIEW programmierten Funktionsgenerators _____	43
Abb. 32: Frontpanel eines unter LabVIEW programmierten Funktionsgenerators _____	43
Abb. 33: Target-VI-Blockdiagramm mit einstellbarem Tastverhältnis und Ausgabe auf DO NI cRIO 9472 _____	51
Abb. 34: 16ms Periodendauer (62,5Hz); pos. u. neg. Flanke; direkt mit TK (10Mohm) an Klemmstelle _____	51
Abb. 35: 16ms Periodendauer (62,5Hz); pos. u. neg. Flanke; mit TK an 909Ω gemessen _____	52
Abb. 36: 16ms Periodendauer (62,5Hz) links und 0,2ms Periodendauer (5kHz) rechts gesamter Signalverlauf _____	52
Abb. 37: Diagramm Verhältnis Low-Time real zu eingestellt aufgetragen über die Frequenz 1-1000Hz _____	53
Abb. 38: 16ms Periodendauer (62,5Hz); pos. Flanke, geschirmte Leitung an 470Ω gemessen _____	54
Abb. 39: Frontpanel (links) und Blockdiagramm (rechts) zur Darstellung des Digitalsignals (Host-Programm) _____	55
Abb. 40: Blockdiagramm zur Darstellung des Digitalsignals (Target-Programm) _____	55
Abb. 41: Verhältnis Low-Time real zu eingestellt aufgetragen über die Frequenz 1-1000Hz _____	56
Abb. 42: 32-Bit-Zähler Target-Programm (links) und Host-Programm zum Messen der Gegentaktfrequenz (rechts) _____	57
Abb. 43: Ausgabe der Gegentaktfrequenz im Host-Programm Frontpanel (links); Parallel zur LabVIEW – Messung angeschlossener Frequenzzähler (rechts) _____	57
Abb. 44: 10ms Periodendauer; DO 750-501; Stimulus wird in LabVIEW-Programm erzeugt _____	58
Abb. 45: WAGO-Klemmen mit 5 ms abgetastet; DI 750-400 _____	59
Abb. 46: WAGO-Klemmen mit 10 ms abgetastet; DI 750-400 _____	59
Abb. 47: WAGO-Klemmen mit 50 ms abgetastet; DI 750-400 _____	59
Abb. 48: WAGO-Klemmen mit 500 ms abgetastet; DI 750-400 _____	60
Abb. 49: Nahfeldmessung; 0-1GHz; Prüfling eingeschaltet (links) und 0-1GHz; Prüfling ausgeschaltet (rechts) _____	61
Abb. 50: Fernfeldmessung mit Log.-Period. Antenne; Messabstand 1,5m; 0-3GHz; Prüfling eingeschaltet (links) und 0-3GHz; Prüfling ausgeschaltet (rechts) _____	62
Abb. 51: Fernfeldmessung mit Log.-Period. Antenne; Messabstand 1,5m; 0-3GHz; Prüfling eingeschaltet; Polarisation 90° (links) und 0-3GHz; Prüfling ausgeschaltet; Polarisation 90° (rechts) _____	62
Abb. 52: Nahfeldmessung; 0-1GHz; Prüfling eingeschaltet (links) und 0-1GHz; Prüfling ausgeschaltet (rechts) _____	63

Abb. 53: Fernfeldmessung mit Log.-Period. Antenne; Messabstand 1,5m; 0-3GHz; Prüfling eingeschaltet (links) und 0-3GHz; Prüfling ausgeschaltet (rechts)	64
Abb. 54: Fernfeldmessung mit Log.-Period. Antenne; Messabstand 1,5m; 0,3-1,2GHz; Prüfling eingeschaltet (links) und 0,3-1,2GHz; Prüfling ausgeschaltet (rechts)	64
Abb. 55: Fernfeldmessung mit Log.-Period. Antenne; Messabstand 1,5m; 0-3GHz; Prüfling eingeschaltet; Polarisation 90° (links) und 0-3GHz; Prüfling ausgeschaltet; Polarisation 90°(rechts)	64
Abb. 56: Nahfeldmessung WAGO-I/O-System (links) realer Messabstand; Fernfeldmessung am Beispiel cRIO mit Log.-Period.-Antenne (Bild nur zur Dokumentation, kein realer Messabstand)	65
Abb. 57: Messaufbau EMV-Messungen mit cRIO und WAGO-I/O-System	65
Abb. 58: AutoCAD Inventor Explosionszeichnung des gesamten Gehäuseentwurfes	69
Abb. 59: eDrawings-Explosionszeichnung des Gehäusotyp Polyrack MAGIC;, Frontplatte und Farben verschieden	70
Abb. 60: Wago-ProServe 3D Ansicht der Bestückung des Feldknotens für EMAP	71
Abb. 61: Gehäuseunterteil-Endmontage	72
Abb. 62: Klemmenbelegungsplan der Gehäuseunterteil-Endmontage; WAGO-I/O-System mit Anschluss an Sub-D-Konnektoren	73
Abb. 63: Frästasche des Gehäuseunterteil mit Spannungsanschlüssen, Leuchtdioden und Einschraub-Filtern	74
Abb. 64: Endmontage der Converterbox (links); Abbildung Allied Telesyn Media-Converter (rechts)	74
Abb. 65: Gehäuseoberteil mit Endmontage Converterbox (oben) und Endmontage Gehäuseunterteil (unten)	75
Abb. 66: Seitenblech des Gehäuseunterteils mit gefilterten Sub-D-Konnektoren	75
Abb. 67: Montage des Fräsgehäuses (unten) und Netzteile (oben) auf Aluminiumplatte in 19-Zoll-Einschub	76
Abb. 68: Frontplatte des 19-Zoll-Einschubs	76
Abb. 69: Bestückungs- u. Kontaktplan der Einschubendmontage	77
Abb. 70: Endmontage des Einschub mit allen Betriebsmitteln	78
Abb. 71: Einschub-Rückplatte mit Sub-D-, Lichtwellenleiter- u. Netzanschluss	78
Abb. 72: EMAP-Unterverteilung in Primärfokuskabine (links) mit Sensor- u. Steuergeräteleitungen (unten) und Signalleitungen für Einschub (oben); Geschlossener Einschub des Messdatenerfassungssystems(rechts)	79
Abb. 73: Ausschnitt aus dem Frontpanel des Hauptprogramms; Übersicht Primärfokuskabine	80
Abb. 74: Ausschnitt Pop-Up-Fenster nach Betätigen der Schaltfläche PFK Rx1	81
Abb. 75: Ausschnitt Pop-Up-Fenster nach Betätigen der Schaltfläche PFK Rx1 A	82
Abb. 76: Weitere Anzeigen der Empfängerdaten im Unterprogramm PFK Rx1 A	83
Abb. 77: Fehler- und Statusmeldung des Messdatenerfassungssystems	83
Abb. 78: Programm-Legende unter Info-Schalfläche	84
Abb. 79: Frontpanel gesamtes Hauptprogramm	85
Abb. 80: Ausschnitt des Hauptprogramm-Blockdiagramms mit SubVI's und gestapelten Sequenzen	86
Abb. 81: Ausschnitt des Hauptprogramm-Blockdiagramm bei Auswahl von PFK Rx1	87
Abb. 82: Blockdiagramm des Funktionscode 3 mit Anzeigeelementen für 4-20mA Einheitssignal	89

Abb. 83: Ausschnitt des Blockdiagramm des Funktionscode 2 (Lesen mehrerer digitaler Eingänge) 16 Bit mit boolschen Anzeigeelementen _____	90
Abb. 84: Ausschnitt des Blockdiagramm des Funktionscode 15 (Schreiben mehrerer digitaler Eingänge) 16 Bit mit boolschen Schaltelementen _____	91
Abb. 85: Ausschnitt Frontpane (links) und Blockdiagramm (rechts) Kryotemperatur-Tabellenstring am Beispiel des DT500 SubVI an Rx1A _____	92
Abb. 86: Sensordiodenkennlinie am Beispiel des Typs DT500 von 300-45 und 45-10 Kelvin _____	93
Abb. 87: Sensorkennlinienverlauf Vakuummessung _____	94
Abb. 88: Blockdiagramm Kryotemperaturmessung Rx1A SubVI _____	94
Abb. 89: Blockdiagramm Vakuummessung SubVI _____	95
Abb. 90: Blockdiagramm Boxtemp SubVI zur Umrechnung von Einheitssignal in Temperatur °C ____	95
Abb. 91: Blockdiagramm Heliumdruck SubVI zur Umrechnung von Einheitssignal in Druckeinheit psi 96	
Abb. 92: Stringkonstante mit Modbus-Wert bei Busknoten-Unterbrechung mit entsprechender Fehlermeldung (unten) _____	97
Abb. 93: Ausschnitt aus dem Blockdiagramm des Error-Handling SubVI; Fehlermeldung bei Auftreten des Fehlercode 56 _____	97
Abb. 94: Nahfeldmessung; 0-1GHz; Prüfling eingeschaltet; ohne Abschirmungsmaßnahmen (links), mit Abschirmungsmaßnahmen (rechts) _____	98
Abb. 95: : Nahfeldmessung; 0-1GHz; Prüfling ausgeschaltet; ohne Abschirmungsmaßnahmen (links), mit Abschirmungsmaßnahmen (rechts) _____	98
Abb. 96: Fernfeldmessung mit Log.-Period. Antenne; Messabstand 1,5m; 0-3GHz; Prüfling eingeschaltet ohne Abschirmungsmaßnahmen (links; 0-1GHz Prüfling eingeschaltet (rechts) mit Abschirmungsmaßnahmen _____	99
Abb. 97: Fernfeldmessung mit Log.-Period. Antenne; Messabstand 1,5m; 0-3GHz; Prüfling ausgeschaltet ohne Abschirmungsmaßnahmen (links); 0-1GHz Prüfling ausgeschaltet (rechts) mit Abschirmungsmaßnahmen _____	99
Abb. 98: Fernfeldmessung mit Log.-Period. Antenne Pol. 90°; Messabstand 1,5m; 0-3GHz; Prüfling eingeschaltet ohne Abschirmungsmaßnahmen (links); 0-1GHz Prüfling eingeschaltet (rechts) mit Abschirmungsmaßnahmen _____	99
Abb. 99 Fernfeldmessung mit Log.-Period. Antenne Pol. 90°; Messabstand 1,5m; 0-3GHz; Prüfling ausgeschaltet ohne Abschirmungsmaßnahmen (links); 0-1GHz Prüfling ausgeschaltet (rechts) mit Abschirmungsmaßnahmen _____	100
Abb. 100: Messung mit Nahfeldsonde an Sub-D-Anschlüssen unterhalb des Lichtwellenleiteranschlusses _____	100
Abb. 101: Ausschnitt der Zeitmessung des Datentransfers zwischen Request und Response (Software Wireshark Network Analyze) _____	101

## 4 Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Diplomarbeit selbständig verfasst, noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel verwendet, sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift

## 5 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich bei dieser Diplomarbeit unterstützt haben.

Ein besonderer Dank gilt meiner Betreuerin Frau Dipl. Ing. Ute Teuber, sowie Herrn Dr. Reinhard Keller, Abteilungsleiter der Abteilung 3, den Kollegen der gesamten Systemgruppe, Feinmechanik und allen anderen in Effelsberg, die mir mit Rat und Tat zur Seite standen.

Ebenso danke ich den Herrn Professoren Dr.-Ing. Andreas Bunzemeier und Dr. rer. nat. Volker Sommer.

Mein größter Dank gilt meinem Vater Clemens Hilbig, der mich immer in allen Lebenslagen unterstützt und mir das Studium der Elektrotechnik möglich gemacht hat.

## 6 Einleitung

### 6.1 Radioteleskop Effelsberg

Das Max-Planck-Institut für Radioastronomie ist eines der Forschungsinstitute der Max-Planck-Gesellschaft. Die Hauptgebiete des Instituts sind die Radio- und Infrarotastronomie, sowie die theoretische Astrophysik. Ein wichtiger Bestandteil des Instituts ist das Radio-Observatorium in Effelsberg mit seinem freibeweglichen 100-Meter-Radioteleskop, welches 1972 in Betrieb genommen wurde. Es ist das einzige in Europa und zweitgrößte Radioteleskop der Welt, neben dem Robert C.-Byrd-Radioteleskop des NRAO (National Radio Astronomy Observatory) in Green Bank, West Virginia, USA.



Abb. 1: Radioteleskop Effelsberg (Aufnahme 21.10.2007; Hilbig)

Die Antennenfläche beträgt rund  $7850\text{m}^2$  und besteht aus 2352 Aluminium Panelen mit einer speziellen Lackierung zur optimalen Reflektion.

Das Gesamtgewicht der Stahlkonstruktion des Teleskops beträgt 3200t. Trotz des hohen Gewichts lässt sich eine Justiergenauigkeit von etwa 0,3mm der Hauptachsen erreichen. Die hohe Genauigkeit wird durch gegeneinander arbeitende Motorpaare erreicht. Die Drehung des Teleskops um die Hauptachse wird Azimut, die Bewegung der Antenne um die Horizontalachse Elevation genannt. Für eine 360°-Drehung im Azimut braucht das Teleskop ca. 12 Minuten. Der Königszapfen bildet den zentralen Drehpunkt und hält das Teleskop in der Spur, wobei die Hauptlast auf den Stützen liegt. Die Räder der Hauptstützen laufen auf einer im Fundament eingelassenen Schiene. Durch den Königszapfen werden alle relevanten Kabel in die das Teleskop geführt. Sie sind für die Umdrehungen entsprechend gelagert, wobei eine maximale Umdrehung bedingt durch diese Kabel bei 480° liegt.

Die Radioastronomie ist ein Teilgebiet der Astronomie, bei welcher astronomische Objekte mittels ihrer ausgesendeten Radiowellen beobachtet und untersucht werden. Der Radiowellenbereich umfasst einen großen Teil des elektromagnetischen Spektrums von Frequenzen im Bereich von einigen Hertz bis hinzu einem Terahertz (1THz =  $10^{12}$ Hz). Die folgende Grafik zeigt das gesamte elektromagnetische Spektrum in einem Wellenlängenbereich zwischen 10km (Radiowellen) und 0,1pm (Gammastrahlung):

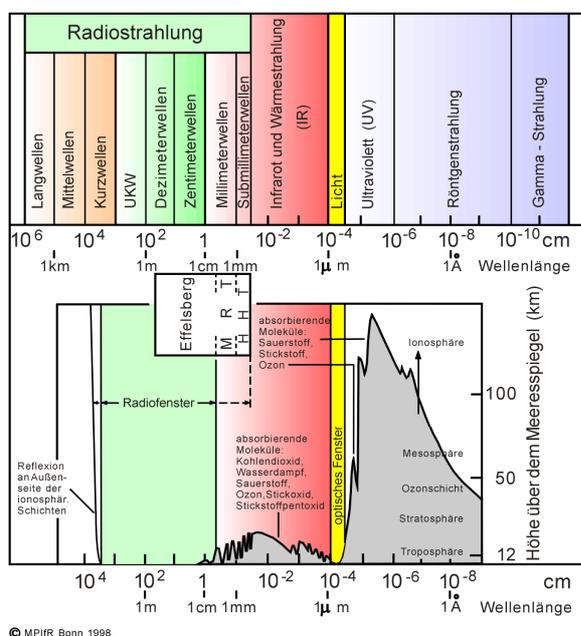


Abb. 2: Graphische Darstellung des elektromagnetischen Spektrums [ 7]

Das Teleskop kann zum Empfang von Radiowellen im Bereich von 90cm bis hinunter zu 3,5mm Wellenlänge eingesetzt werden. Zum Einsatzgebiet zählen unter anderem

Beobachtungen von Pulsaren, kalten Gas-Staubwolken, Sterneneinsturzgebieten, von Schwarzen Löchern ausgehenden Materiejets und von Kernen ferner Galaxien.

Die verwendeten Empfänger sind in zwei Kabinen untergebracht. Die Empfänger der Primärfokuskabine werden für Linienempfang, die des Sekundärfokus für Kontinuumsmessungen verwendet. Der Parabolspiegel hat die Funktion, die aus dem Weltall einfallende Strahlung im Primärfokus zu bündeln. Mit einem Umlenkspiegel in der Nähe des Brennpunktes wird die Radiostrahlung zum Sekundärfokus reflektiert. Es können wechselweise Messungen an beiden Punkten stattfinden.

Die Primärfokuskabine befindet sich an der Spitze von vier verstreuten Stützbeinen, 30 Meter über der Oberfläche des Parabolspiegels und ist über einen Treppenaufgang innerhalb eines der Stützbeine zugänglich. In der Kabine sind die sog. Empfängerschränke installiert, die es möglich machen auch vor Ort zusätzlich zum Steuerraum Messungen zu betrachten.

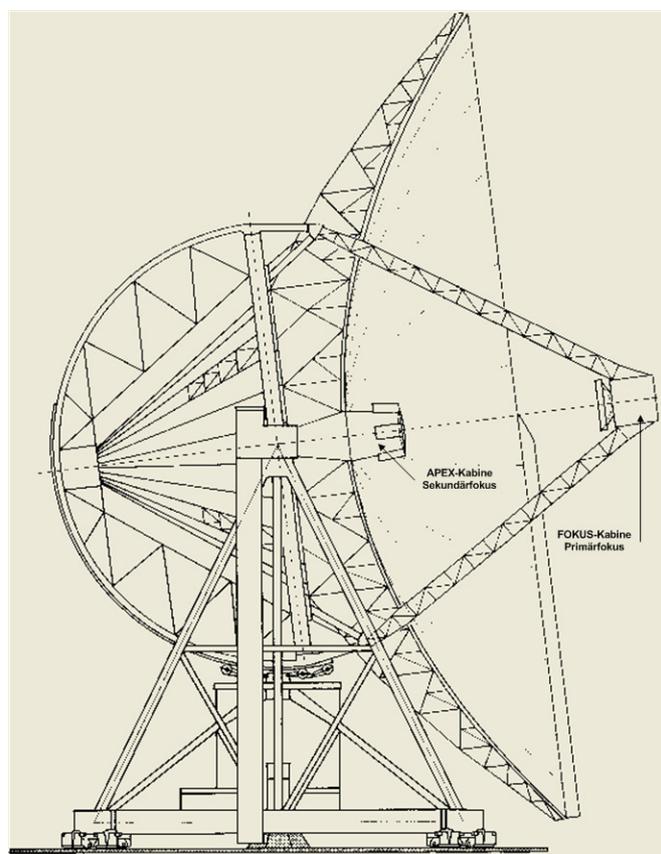


Abb. 3: Aufbauschema des Radioteleskop Effelsberg [ 7 ]

Die Empfängerboxen werden über eine kreisrunde Öffnung in eine in ihrer Höhe verstellbare Röhre bis zum Brennpunkt eingeschoben. Zum Austausch von Empfängern für andere Frequenzen muss der Messbetrieb unterbrochen werden. Es befinden sich insgesamt immer drei Empfänger im Primärfokus in Betriebsbereitschaft. Ihre Temperaturen, Vakuum- und Heliumdrücke werden über ein Messdatenerfassungssystem im Anschluss an diese Diplomarbeit über einen PC erfassbar sein.

## 7 Grundlagen

Für den Empfang der sehr schwachen Radiowellen aus dem All bedarf es besonderer Empfänger, welche am Institut entwickelt und gebaut werden. Diese Empfänger enthalten äußerst rauscharme Elektronik was durch den Einsatz spezieller Kryogen<sup>1</sup>- und Vakuumtechnik unterstützt und möglich wird. Zur Überwachung der physikalischen Größen von Temperatur und Vakuum stehen digitale Anzeigen an den so genannten Refrigeratorsteuergeräten, sowohl in den Fokuskabinen in der Antenne, als auch im Empfängerraum zur Verfügung.

### 7.1 Physikalische Messgrößen

#### 7.1.1 Vakuum und Vakuumtechnik

Ein Vakuum ist ein im Idealfall völlig materiefreier Raum. Im Realfall ein evakuierter Raum mit verdünntem Gas, dessen Druck weit unter Atmosphärendruck bei Normalbedingungen liegt.

Der Idealfall ist nur theoretisch möglich, praktisch gibt es allerdings 4 Bereiche:

- Grobvakuum                      1000 – 1 mbar
- Feinvakuum                      1 - 10<sup>-3</sup> mbar
- Hochvakuum                      10<sup>-3</sup> – 10<sup>-7</sup> mbar
- Ultrahochvakuum              10<sup>-7</sup> – 10<sup>-12</sup> mbar

Zur Erzeugung eines Vakuums muss in einem Volumen die Gasdichte und damit der Gasdruck verringert werden. Hierzu kommen verschiedene Vakuumpumpen zum Einsatz, welche z.B. über Kompressionsstufen Gasteilchen aus dem Volumen entfernen und an die Atmosphäre abgeben. Für die radioastronomischen Empfänger des Instituts wird Fein- bis Hochvakuum erzeugt, welches in zwei Stufen geschieht:

- Erzeugung eines Vordrucks im Rezipienten durch mechanisch wirkende Pumpen (Drehschieberpumpen) bis 10<sup>-3</sup> mbar
- Turbomolekularpumpen erzeugen dann das Hochvakuum bis zu 10<sup>-7</sup> mbar

---

<sup>1</sup> Kryo = griech. „Eis, Frost“; gen von generare = lat. „erschaffen“

Der Druckverlauf bei der Erzeugung eines Vakuums ähnelt einer Exponentialfunktion. Der Funktionsgraph einer Exponentialfunktion konvergiert gegen Null, lässt man den Exponenten gegen Minus Unendlich streben. Im Vergleich mit dem Verlauf eines Vakuums müsste man demnach unendlich lange pumpen, um ein absolutes Vakuum erzeugen zu können. Es kommt ständig zur Gasabgabe von Oberflächen, was zu einer Druckerhöhung im Volumen führt. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass die Oberflächenbeschaffenheit sehr glatt ist. Die in Effelsberg verwendeten Vakuumbehälter sind ähnlich konstruiert wie ein Kryostat, allerdings heißen sie in der Radioastronomie Dewar<sup>2</sup>. Um das Vakuum zu messen wird eine Hastings Vakuum Messröhre verwendet (*siehe Abbildung 4*). Ein Multivibrator<sup>3</sup> erzeugt eine 5V, 720 Hz Rechteck-Wechselspannung. Die Größe der Spannung kann über zwei Potentiometer auf  $\pm 240$  mV abgeglichen und symmetrisiert werden. Diese Heizspannung dient der Erwärmung eines Schaltkreises aus zwei Thermoelementen in Brückenschaltung. Eine Änderung des Drucks in der Messröhre ändert die thermische Leitfähigkeit des umströmenden, kühlenden Mediums. Diese Temperaturänderung ruft eine Änderung der Thermospannung an den Thermoelementen hervor.

Ein drittes, nicht beheiztes, Thermoelement ist in Reihe zu den anderen Elementen und einem Anzeigergerät geschaltet. Das dritte Element sorgt für eine automatische Temperaturkompensation und das Messgerät zeigt die entstehende Gleichspannung in Abhängigkeit des sich ändernden Drucks und der damit variierenden Temperatur in der Messröhre an. Zur Bestimmung der Messwerte liegt eine Sensorkennlinie zu Grunde. Auf die Werte und den Kennlinienverlauf wird in *Abschnitt 9.2.3* näher eingegangen.



Abb. 4: Vakuummessröhren von Hastings [ 12]

---

<sup>2</sup> Dewar, Sir James; Erfinder des Dewar- Gefäßes (Thermoskanne)

<sup>3</sup> Elektronische Schaltung zur Erzeugung zweier Schaltzustände (Kippstufen)

### 7.1.2 Kryotemperaturen und Kryotechnik

Der Begriff Kryogen bezeichnet den Zustand für tiefe Temperaturen unterhalb  $-150^{\circ}\text{C}$ , bzw. 123 Kelvin. Gebräuchlich ist dieser Begriff für Stoffe wie z.B. flüssiger Stickstoff, Wasserstoff oder Helium. Die Bereiche der Kryo- und Vakuumtechnik liegen technologisch nah beieinander, da es in beiden Fällen um die Aufrechterhaltung von extremen Zuständen geht. In der Kryotechnik ist das Ziel die Abkühlung von Materie nahe dem absoluten Nullpunkt von 0 Kelvin. Die bereits erwähnten Empfangsverstärker enthalten unter anderem Halbleiterbauteile, welche immer ein Eigenrauschen besitzen. Dieses Rauschen, kann auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden. In der Elektronik ist meist die Fluktuation, also die Beweglichkeit der elektrischen Ladungsträger gemeint (Brownsche Bewegung). Rauschen ist ein breitbandiges Signal mit einem zufallsbedingten Spannungsverlauf. Es kann wegen des Fehlens jeglicher Gesetzmäßigkeiten aus dem Frequenzbereich eines Nutzsignals nicht mehr herausgefiltert werden. Der Anteil des Rauschens an einem Nutzsinal wird mittels des Signal-Rausch-Verhältnisses, kurz SNR (Signal to Noise Ratio) bestimmt. Definiert wird dieses Verhältnis durch den Quotienten aus der Summe von Signal und Rauschen geteilt durch das Rauschen. Hierzu muss zuerst das „verrauschte“ Signal und anschließend das Rauschen alleine mit Effektivwertmessgeräten (True-RMS<sup>4</sup>) vermessen werden. Es gibt verschiedene Arten von Rauschen, z. B. Thermisches Rauschen oder Johnson Noise. Man spricht vom so genannten Johnson-, oder Nyquist-Noise, wenn das Rauschen temperaturabhängig ist, also ein thermisches Rauschen. Es kommt bereits im stromlosen Zustand in allen Wirkwiderständen vor. Es ist unabhängig vom Strom, da die thermische Energie der Elektronen wesentlich größer ist, als die Bewegungsenergie der driftenden Ladungsträger. Mittels der Kryotechnik wird soweit gekühlt, dass die Ladungsträgerbewegung und das damit verbundene Eigenrauschen der Empfänger verringert. Diese Kühlung geschieht im Empfänger-Dewar durch die Refrigeratoren<sup>5</sup>, bzw. Refrigeratorpumpen. Diese Pumpen arbeiten mit einem geschlossenen Heliumkreislauf, wobei sich das von einem Kompressor gelieferte Gas

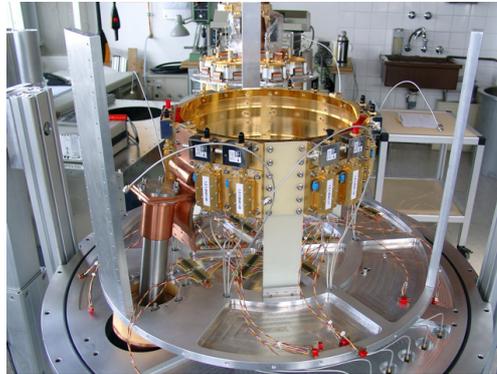
---

<sup>4</sup> Root Mean Square

<sup>5</sup> Refrigerator = engl. Kühlschrank;

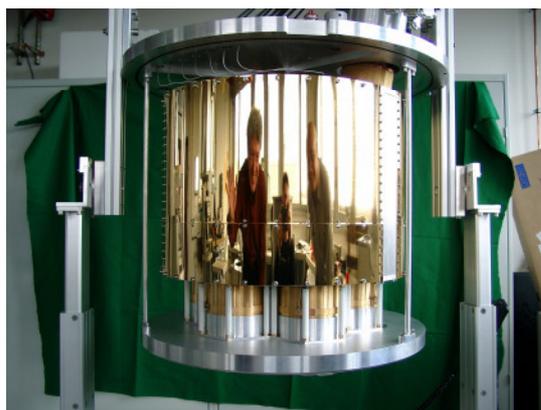
im Kaltkopf des Expansionszylinders entspannt. Die im Institut verwendeten Refrigeratoren besitzen zwei Kältestufen:

- Erste Stufe 70 Kelvin
- Zweite Stufe unter 15 Kelvin



*Abb. 5: Innenansicht des 21cm-7 Beam Empfängers mit 70K und 15K-Stufe, Refrigerator und Verstärkern [ 7]*

In *Abbildung 4* ist als Beispiel der gesamte Dewar des neuen 21cm-7 Beam Empfängers mit Refrigerator zu sehen. Der auf dem Bild zu erkennende vergoldete Bereich ist die bereits erwähnte 15K - Stufe mit den einzelnen Empfangsverstärkern. Die drei senkrecht stehenden Streben tragen das Strahlungsschild, welches die Reflektion der äußeren, warmen Behälterwand gewährleistet und die erste Kühlstufe von 70 Klevin umschließt.



*Abb. 6: 21cm-7 Beam-Empfänger mit geschlossenem Strahlungsschild [ 7]*

Zur messtechnischen Ermittlung der Kryotemperaturen in den Empfängern werden spezielle Silizium Dioden von Lake Shore Cryotronics, Typ DT-470, bzw. DT-500 als Sensoren eingesetzt. Die Spannung am P-N-Übergang der Diode ändert sich mit der

Temperatur, die auf das verwendete Material einwirkt. Das am meisten verwendete Material für Dioden ist Silizium, ebenso wie Gallium Arsenid bzw. Gallium Aluminium Arsenid. Silizium-Dioden können für einen großen Temperaturbereich von 1,4 – 500 Kelvin eingesetzt werden. Im Bereich von 25 – 500 Kelvin besitzt die Diode eine Empfindlichkeit von 2,3mV/K, wobei die Spannungs-Temperaturkurve einen nahezu linearen Verlauf aufweist. Bei Temperaturen unterhalb von 25 Kelvin nimmt die Empfindlichkeit zu und der Kurvenverlauf ist nicht mehr linear.

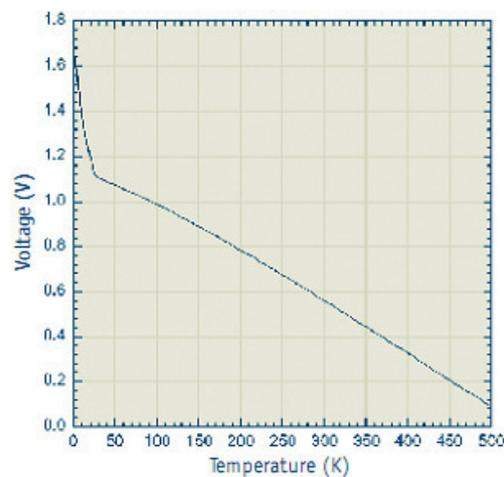


Abb. 7: Spannungs-Temperaturkurve einer Sensordiode DT-470 [ 3]

Sensordioden werden üblicherweise auf einem speziellen Halbleitermaterial aufgebracht. Die in der Industrie am häufigsten verwendete Bauform für Sensoren ist die SD-Bauform, welche sich durch ihre Robustheit und Stabilität auszeichnet.

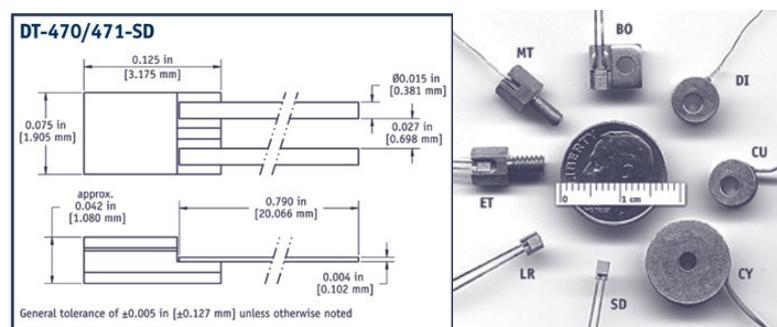


Abb. 8: Bauformen von Sensordioden [ 3]

Die Dioden werden in einem Schaltkreis mit einem Konstantstrom von  $10\mu\text{A}$  betrieben, wobei die Ausgangsspannung bei Raumtemperatur  $0,5\text{ V}$  beträgt, bei  $77\text{ Kelvin}$  sogar  $1\text{V}$ .

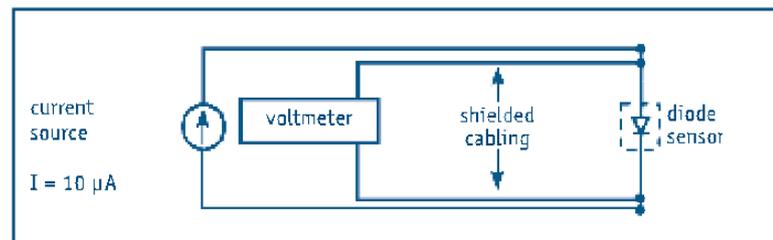


Abb. 9: Messschaltung mit Sensordiode [ 3]

Die Spannung der Sensordiode wird in den Refrigeratorsteuereinschüben mittels eines Instrumentenverstärkers verstärkt, so dass am Ausgang ein  $0\text{-}10\text{-Volt}$ -Wert je Temperaturbereich anliegt. Diese Ausgangsspannung wird einem  $10\text{ Bit}$  Analog-Digital-Wandler zugeführt. In zwei EPROM's<sup>6</sup> sind die Spannungs-Temperaturwerte gespeichert und adressiert. Je nach Spannungswert am Ausgang des Instrumentenverstärkers wird ein anderes Bit angesprochen, der dazu gehörige Temperaturwert unter der entsprechenden Adresse des EPROM ausgelesen und anschließend auf den in der Frontplatte montierten LCD-Anzeigen ausgegeben. Die gesamte Spannungs-Temperaturkurve ist zur höheren Auflösung in zwei Teile unterteilt worden und durchläuft zweimal den Bereich von  $0\text{-}10\text{V}$ . Der obere Messbereich erstreckt sich über  $300\text{ bis }45\text{ Kelvin}$  und der Untere von  $45\text{ bis }10\text{ Kelvin}$ . Bei der Umschaltung der beiden Bereiche wird ein Bit gesetzt. Auf die Wertetabelle der Sensorkennlinie wird, ebenso wie für die Vakuummessung, in *Abschnitt 9.2.3* näher eingegangen.

<sup>6</sup> Electrical Programmable Read Only Memory (Elektrisch programmierbarer Nur-Lese-Speicher)

### 7.1.3 Empfängerbox-Temperatur über Pt-100 Widerstandsthermometer

Die Empfängerbox stellt das Gehäuse für die Dewar dar. Zur Überwachung der allgemeinen Raumtemperatur in den Empfängerboxen sind Temperatursensoren mit integriertem Messumformer für 4 – 20 mA, bzw. 0 – 10 V angeschafft worden. Es handelt sich um Widerstandsthermometer der Firma JUMO für Zwei-, Drei- oder Vierleiterschaltung mit einem Pt 100 Messeinsatz. Bei einem Pt 100 handelt es sich um einen thermoresistiven Temperaturfühler. Das Messprinzip basiert auf der Änderung der Temperaturabhängigkeit des spezifischen Widerstands von Platin. Pt steht für Platin und 100 bedeutet, dass der Widerstand bei 0°C 100 Ohm beträgt. Die Temperaturkennlinie ist im Bereich von 0 – 100°C nahezu linear:

$$R_v = R_0 \cdot (1 + TK_R \cdot (v - v_0))$$

Mit:

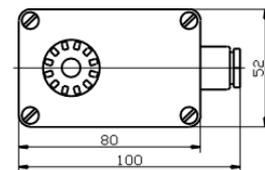
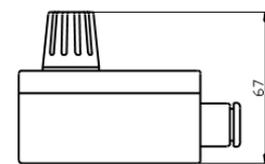
$R_v$  Widerstand bei Temperatur  $v$

$R_0$  Widerstand bei 0°C

$v$  Temperatur in Celsius

$v_0$  Temperatur 0°C

$$TK_R \text{ Temperaturkoeffizient} \quad TK_R = \frac{1}{R_0} \cdot \frac{\Delta R_v}{\Delta v}$$



Typ 902523/12

Abb. 10: JUMO-Widerstandsthermometer [ 10]

Es gibt verschiedene Bauformen von Pt-Widerständen. Im Falle der eingesetzten Sensoren ist der Pt 100 als SMD Bauteil auf einer Platine angebracht und für eine Temperaturspanne von 0 – 60°C ausgelegt. Für die hier vorgesehene Verwendung wird der Sensor in Zweileitertechnik betrieben. Bei der Zweileiterschaltung addiert sich der Widerstand der Messleitung als ein in Reihe geschalteter Widerstand zum Sensor und fließt in das Messergebnis ein. Durch ein Abgleichen mit dem Ergänzungswiderstand kann der Einfluss des Leitungswiderstandes kompensiert werden. Es bleibt der Nachteil des temperaturabhängigen Anteils des Zuleitungswiderstandes. Da hier die Leitungslänge kurz ist, kann der Spannungsfall vernachlässigt werden. Ein weiterer Messfehler wird durch die vom Messstrom erzeugte Verlustleistung verursacht. Da in den Boxen kein ständiger Luftstrom den Messkopf umspült kommt es hier zu einem geringen Abtrag der selbst erzeugten Wärme. Die Thermometer benötigen beim Betrieb

mit 4-20mA eine Nennspannung von 7,5-30V und werden von der Bussspannung über die WAGO-4-20mA-Klemmen Typ 750-466 (siehe Abschnitt 7.2.2.1, Abb. links) mit 24V versorgt.

#### 7.1.4 Heliumdruck über WIKA-Druckmessumformer

Für die Messung des Heliumdrucks in den Vor- bzw. Rücklaufleitungen befinden sich an sechs Messstellen (3 Vor- bzw. Rücklauf) in der Primärfokuskabine des Teleskops Druckmessumformer der Firma WIKA Typ S-10.

Druck ist physikalisch definiert als Kraft pro Fläche und hat die Einheit Pascal:

$$p = F/A$$

Mit:

$p$  Druck in Pa

$F$  Kraft in N

$A$  Fläche in  $m^2$



Abb. 11: WIKA-Druckmessumformer S-10 [ 4]

Als Sensorelement befindet sich im Messkopf des Umformers ein piezoresistiver Drucksensor, bestehend aus einer innen liegenden, kreisförmigen Membran mit einem eindiffundierten Dehnungsmessstreifen (DMS) aus Silizium. Die Betriebsspannung wird ebenfalls wie bei den in Abschnitt 7.1.3 genannten Temperatursensoren von den WAGO-4-20mA-Klemmen bezogen.

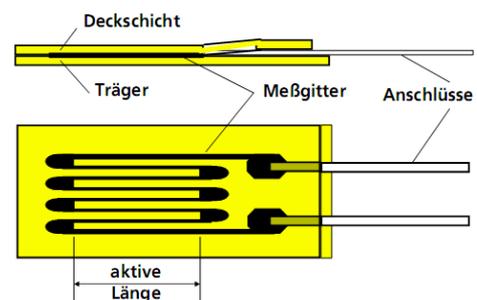


Abb. 12: Metallfolien Dehnungsmessstreifen [ 11]

Die Sensoren können ebenfalls in Zwei- oder Dreileitertechnik betrieben werden. Durch eine Druckänderung findet eine mechanische Verformung der Membran statt, wodurch sich der Widerstand des Dehnungsmessstreifens aufgrund des piezoresistiven Widerstandeffektes ändert.

Für die Widerstandsänderung eines Leiters bei Dehnung und eines unbelasteten Dehnungsmessstreifens gilt:

$$R_0 = \rho \cdot \frac{4 \cdot l_0}{\pi \cdot d_0^2}$$

Mit:

$R_0$  Widerstand im unbelasteten Zustand

$\rho$  Spezifischer Widerstand

$l_0$  Leiterlänge

$d_0$  Leiterdurchmesser

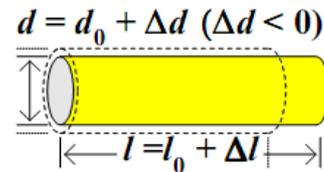


Abb. 13: Widerstandsänderung bei Dehnung eines Leiters [ 11]

Für den belasteten DMS gilt:

$$R_0 + \Delta R_0 = (\rho + \Delta \rho) \cdot \frac{4 \cdot l_0}{\pi \cdot d_0^2}$$

Mit:

$R_0$  Widerstand im unbelasteten Zustand

$\Delta R_0$  Widerstandsänderung durch Belastung

$\rho$  Spezifischer Widerstand

$l_0$  Leiterlänge

$d_0$  Leiterdurchmesser

Durch Umformen und Nebenrechnungen kommt man auf:

$$\frac{\Delta R}{R_0} = 2 \cdot \varepsilon - \frac{\Delta(N \cdot \mu_B)}{N \cdot \mu_B} \equiv k \cdot \varepsilon$$

Mit:

$k$  Empfindlichkeit des DMS

$\Delta(N \cdot \mu_B) \approx 0$  bei Metallen und damit  $k=2$

Die Änderung des Widerstandes wird durch die Einbindung in eine elektronische Brückenschaltung (Wheatstonesche Messbrücke) erfasst und in Form einer elektrischen Spannung mittels eines Operationsverstärkers verstärkt. Es gibt drei Möglichkeiten für eine Wheatstonesche Brückenschaltung: Viertel-, Halb- und Vollbrücke.

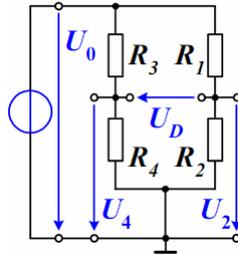


Abb. 14: Beispiel für eine Wheatstonesche Messbrückenschaltung [ 11]

Eine Messbrücke gilt als abgeglichen, wenn die Diagonalspannung  $U_D$  gleich 0V beträgt. Für das Widerstandsverhältnis gilt dann:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

Häufig wird eine Viertelbrücke genutzt. Hierbei stellt  $R_2$  z.B. den Messwertaufnehmer dar. Über einen Vergleichswiderstand  $R_V$ , z.B. ein Potentiometer, ist es möglich die Brücke im Ruhezustand abzugleichen, d.h. dass die Diagonalspannung  $U_D$  bei angelegter Betriebsspannung  $U_0$  Null beträgt. Dies nennt man eine Halbbrücke.

Die Diagonalspannung berechnet sich wie folgt:

$$U_D = U_0 \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right)$$

Mit:

$U_D$  Diagonalspannung

$U_0$  Eingangsspannung

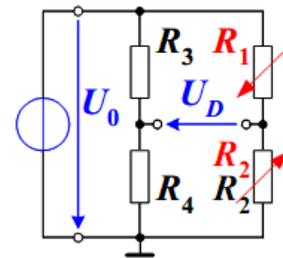


Abb. 15: Beispiel für Halbbrücke [ 11]

Der entstehende Druck wird somit in ein standardisiertes, elektrisches Messsignal umgewandelt und mittels eines Operationsverstärkers verstärkt. Dieses Signal verändert sich proportional zum Druck und kann entsprechend ausgewertet werden.

## 7.2 Messdatenerfassung

### 7.2.1 Kommunikationsprotokoll und Datenaustauschtechnik

#### 7.2.1.1 Modbus-TCP

Modbus-TCP wird als Quasi-Standard für die industrielle Kommunikation neben EtherNet/IP, EtherCAT und Powerlink über Ethernet eingesetzt. Es ist eines von vielen Protokollen der Feldbuskommunikation bei industriellen Anwendungsgebieten. Feldbus dient als Kommunikationssystem dazu eine große Anzahl an Feldgeräten wie Aktoren, Sensoren und Stellglieder mit einer Steuerungseinheit zu verbinden. Als Standard-Protokolle werden in der Industrie häufig z.B. Profinet IO, EtherNet/IP, EtherCAT und Modbus-TCP eingesetzt. Mit steigenden Anforderungen wächst der Verkabelungsaufwand der Feldbussysteme der Automatisierungstechnik. Somit entstanden die sogenannten Feldbus-on-Ethernet-Lösungen und Ethernet-TCP/IP (*siehe Abschnitt 7.2.1.2*) wurde als eine weitere Übertragungstechnik für das bereits seit 1979 bekannte Modbus-Protokoll zugelassen. Diese Lösungen kennzeichnen sich dadurch, dass das jeweilige Feldbusprotokoll weitgehend unverändert beibehalten und Ethernet-TCP/IP als neue Übertragungstechnik genutzt wird.

Modbus-TCP ist heute ein von Schneider Automation in die für die Internetstandardisierung zuständige Organisation IETF (Internet Engineering Task Force) eingebrachter, offener Internet-Draft-Standard<sup>7</sup>.

Hierbei ist die Ursprungsvariante der Modbus-Dienste und das Objektmodell unverändert beibehalten und auf TCP/IP als Übertragungsmedium abgebildet worden. Somit ist eine weitere Variante entstanden neben Modbus-RTU<sup>8</sup> zur asynchronen Übertragung über RS-232 oder RS-485, Modbus-Plus für High-Speed-Kommunikation über ein Token-Passing-Netzwerk<sup>9</sup>.

---

<sup>7</sup> Regel zur Festlegung der Internetkommunikation; Festlegung von Protokolltypen

<sup>8</sup> Remote Terminal Unit (Fernbedienungsterminal)

<sup>9</sup> Verfahren der zweiten Schicht des OSI-Modells

Ein gemeinsames und einheitliches Anwendungsprotokoll legt den Zugriff für ein universelles Objektmodell der automatisierungstechnischen Daten- und Kommunikationsdienste fest.

Das nach dem Client-Server-Prinzip organisierte Anwendungsprotokoll ist unabhängig vom jeweils verwendeten Übertragungsmedium. Mit dem Aussenden des Request<sup>10</sup>-Telegramms initiiert der Client (Computer) einen Dienstauftrag, der vom Server (Steuerungssystem) mit einem Response<sup>11</sup>-Telegramm beantwortet wird. Request- und Response-Telegramm enthalten Parameter und Daten. Die Unterschiede zwischen dem Modbus-Standardtelegramm und dem Modbus-TCP-Telegramm sind in der folgenden Abbildung dargestellt:

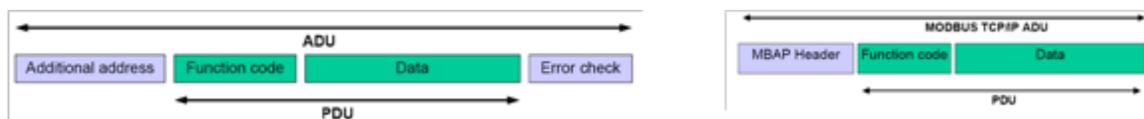


Abb. 16: Unterschied Modbus-Standard und TCP-Telegramm (links über RS232 bzw. RS485; rechts über TCP/IP) [ 8]

Während bei einer Modbus-Standardkommunikation zusätzlich zu Befehlscode und Daten noch die Slave-Adresse und eine CRC<sup>12</sup>-Prüfsumme übertragen werden, übernimmt diese Funktion bei Modbus-TCP das unterlagerte TCP<sup>13</sup>. Am Beispiel eines „Read Discrete Input“-Kommandos werden nachfolgend die Interaktionen zwischen Client und Server beschrieben. Der Client fordert mit diesem Befehl das Lesen der digitalen Eingänge des Servers an. Der Befehlscode und die Parameter werden im Request-Telegramm an den Server geschickt:

<sup>10</sup> Anfrage

<sup>11</sup> Antwort

<sup>12</sup> Cyclic Redundancy Check (Zyklische Redundanzprüfung)

<sup>13</sup> Transmission Control Protocol (Übertragungskontroll-Protokoll)

Funktionscode	z.B. 2	1 Byte
Startadresse	0-65535	2 Byte
Anzahl der Eingänge	1-2000	2 Byte

Tab. 1: Request-Telegramm für Funktionscode 2 – Lesen mehrerer digitaler Eingangsbits [ 8]

Hat der Server den Lesebefehl korrekt empfangen, so werden die gewünschten Eingangsdaten im Response-Telegramm an den Client übertragen. Das Response-Telegramm hat folgenden Aufbau:

Funktionscode	1 Byte
Anzahl	1 Byte
Daten	N Byte

Tab. 2: Response Telegramm auf Anfrage durch Funktionscode 2 – Lesen mehrerer digitaler Eingangsbits [ 8]

N entspricht der Anzahl der Eingänge dividiert durch 8. Ist der Divisionsrest größer als 0, dann wird N um eins erhöht und die restlichen Bits werden im letzten Byte übertragen, wobei nicht benötigte Bits mit Nullen aufgefüllt werden. Kann der Server die angeforderten Daten nicht bereitstellen, dann sendet er anstelle des Response-Telegramms ein Error-Telegramm an den Client.

Neben dem „Read Discrete Inputs“ - Befehl definiert Modbus noch viele weitere festgelegte Standardbefehle. Darüber hinaus können die Funktionscodes 65-72 und 100-110 für benutzerdefinierte Dienste genutzt werden. Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten, festgelegten Funktionscodes:

Anwendung	Art	Befehl	Code
Bitweise	Eingänge	Read Discrete Input	02
Bitweise	Ausgänge/Coils	Read Coils	01
Bitweise	Ausgänge/Coils	Write Single Coil	05
Wortweise	Eingänge	Read Input Register	04
Wortweise	Ausgänge/Coils	Write Single Register	06

Tab. 3: Übersicht einiger festgelegter Funktionscodes des Modbus TCP [ 8]

Das Modbus-Datenmodell ist einfach strukturiert und unterscheidet vier Grundtypen:

- Discrete Inputs (Eingänge),
- Coils (Ausgänge)
- Input Register (Eingangsdaten)
- Holding Register (Ausgangsdaten)

Hersteller von Modbus-Endgeräten geben in den Betriebshandbüchern ihrer Peripherien an, welche Funktionscodes verwendet werden, bzw. für das jeweilige System festgesetzt sind.

Modbus-TCP verwendet für die Datenübertragung in Ethernet-TCP/IP-Netzwerken das bereits oben erwähnte TCP für die Übertragung des Modbus-Anwendungsprotokolls. Die Parameter und Daten werden dabei nach dem Encapsulation<sup>14</sup>-Prinzip in das TCP-Telegramm eingebunden. Beim Vorgang der Einbettung erzeugt der Client einen Modbus Application Header, welcher dem Server die Interpretation der empfangenen Parameter und Befehle ermöglicht. Es darf in einem TCP/IP-Telegramm nur ein Modbus-Anwendungstelegramm eingebettet werden.

Modbus-TCP arbeitet verbindungsorientiert. Bevor Nutzdaten über Modbus-TCP übertragen werden können, muss zunächst eine TCP/IP-Verbindung zwischen Client

<sup>14</sup> Einbettung

und Server aufgebaut werden. Serverseitig ist für Modbus-TCP die Portnummer 502 festgelegt. Der Verbindungsaufbau geschieht typischerweise automatisch über das TCP/IP-Socketinterface durch die Protokollsoftware.

Ist die TCP/IP-Verbindung zwischen Client und Server hergestellt, ist es möglich, dass Client und Server beliebig Nutzdaten über diese Verbindung übertragen. Es können gleichzeitig mehrere TCP/IP-Verbindungen aufgebaut werden, wobei die maximale Anzahl von der jeweiligen Leistungsfähigkeit der TCP/IP-Anschaltung abhängt. Bei der zyklischen Übertragung von Eingangs- und Ausgangsdaten bleibt die Verbindung zwischen Client und Server permanent bestehen. Im Falle einer Bedarfsdatenübertragung für Parameter oder Diagnosemeldungen kann die Verbindung nach Abschluss der Datenübertragung ab- und bei erneutem Kommunikationsbedarf wieder aufgebaut werden.

#### 7.2.1.2 Ethernet TCP/IP

Ethernet ist die am häufigsten genutzte, kabelgebundene LAN<sup>15</sup>-Technologie und wird zum Datenaustausch aller in einem Netzwerk angeschlossenen Geräte, wie z.B. Computer und Drucker genutzt.

Heutiges Ethernet bietet verschiedene Übertragungsgeschwindigkeiten, wobei die klassische Ethernet-Variante mit 10MBit/s arbeitet. Eine weitere Variante stellt das 100MBit/s Fast-Ethernet dar. Die Übertragung findet über eine 4-adrige Leitung mit paarweise verdrehten Leitern statt, auch Twisted Pairs genannt. Das eine Leiterpaar wird zum Senden, das Andere zum Empfangen von Daten genutzt. Diese Methode des gleichzeitigen Senden und Empfangens erfüllt die Voraussetzungen für einen Vollduplex-Betrieb. Die in einem Netzwerk befindlichen Teilnehmer werden sternförmig über Hubs oder Switches angeschlossen und nutzen das CSMA/CD<sup>16</sup>-Zugriffsverfahren.

---

<sup>15</sup> Local Area Network

<sup>16</sup> Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection = Mehrfachzugriff mit Trägerprüfung und Kollisionserkennung

TCP/IP ist das Transport- und Netzwerkprotokoll des Internets. TCP<sup>17</sup> beschreibt ein Verfahren, das zusammen mit dem Internet Protocol (IP) für den Datentransfer zwischen Computern über das Netzwerk verwendet wird. Während das IP-Protokoll für die eigentliche Übermittlung der Daten zuständig ist, überwacht TCP die einzelnen Datenpakete einer Nachricht, um so sichere Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zu gewährleisten. Für die Sicherheit der Übertragung wird durch Prüfsummen und Quittungen gesorgt.

Auch das UDP<sup>18</sup>/IP-Protokoll wird zusammen mit Ethernet-Netzwerken eingesetzt. UDP arbeitet im Gegensatz zu TCP quasi unzuverlässig und verbindungslos, d.h. es gibt keine Überprüfung der Datenübertragung zwischen Sender und Empfänger.

Der Vorteil einer Verbindung über UDP liegt im geringen Rechenaufwand, was hinsichtlich von Echtzeitübertragung eine entsprechende Rolle spielt.

Zur eindeutigen Identifikation der einzelnen Teilnehmer eines Netzwerks erhält jeder eine logische Adresse. Diese IP-Adresse besteht aus 32 Bits und wird in einer 4-Byte-Notation angegeben, z.B. 192.168.1.5. Eine weitere Adressierung neben der logischen Adresse ist die physikalische MAC<sup>19</sup>-Adresse. Diese Adresse ist global eindeutig und gewährleistet eine individuelle Adressierung aller Systeme in einem Ethernet. So ist es möglich, dass zwei Teilnehmer mit gleicher IP-Adresse, aber unterschiedlicher MAC-Adresse ersetzt werden können ohne eine Konfiguration des gesamten Netzwerkes vornehmen zu müssen.

Ethernet findet durch seine nutzbringenden Eigenschaften als Industrial-Ethernet immer mehr Einsatz in der industriellen Feldtechnik. Über Industrial Ethernet lassen sich leistungsfähige Kommunikationsnetze mit großer Ausdehnung aufbauen. Es ermöglicht eine Vernetzung unterschiedlichster Anwendungsbereiche, wie z.B. Messwerte und Fertigung.

---

<sup>17</sup> Transmission Control Protocol

<sup>18</sup> User Datagram Protocol

<sup>19</sup> Media Access Control

### 7.2.1.3 FPGA

FPGA steht für Field Programmable Gate Array. Es handelt sich dabei um einen integrierten, programmierbaren Schaltkreis der Digitaltechnik.

Die Struktur eines FPGA umfasst durch ein Verbindungsnetzwerk verknüpfte programmierbare Logik-blöcke, welche eine kombinatorische Logik, sowie Flip-Flop's<sup>20</sup> enthalten. Die Logik ist auf sog. LUT's<sup>21</sup> aufgebaut.



Abb. 17: FPGA der Firma Xilinx [ 16]

Ein LUT ist ein Speicher, welcher eine beliebige kombinatorische Funktion (NAND, XOR, AND, Multiplexer etc.) aus den Eingangssignalen realisiert. Die Anzahl der Eingangssignale pro LUT ist vom FPGA abhängig und liegt meist zwischen 4 und 6. Für Funktionen, die mehr Eingänge erfordern, als eine einzige LUT besitzt werden mehrere LUT's direkt miteinander verschaltet. Die Flip-Flop's dienen dazu Signalwerte zwischenspeichern, um sie im nächsten Takt weiterverarbeiten zu können. Das Verhältnis zwischen der Anzahl der LUT's und der Anzahl der Flip-Flop's ist gleich. Aktuelle FPGA's bestehen aus bis zu einigen zehntausend Logikelementen. Die Logikblöcke sind in einem Array angeordnet und über ein Verbindungsnetzwerk, bestehend aus lokalen und globalen Verbindungen, verknüpft.

Zur synchronen Koordination der Schaltkreise, Datenverarbeitung und zur Änderung der Schaltzustände der taktgesteuerten Flip-Flop's verfügt ein FPGA über ein Taktsignal (Clock, CLK).

---

<sup>20</sup> Bistabile Kippstufen; einfachste Speicherung für ein Bit

<sup>21</sup> Look Up Table; Berechnungsverfahren auf Tabellenstruktur (Digitaltechnik, Informatik)

Die Speicherzellen eines FPGA sind in Form von SRAM-Zellen realisiert. Ein SRAM<sup>22</sup> ist ein flüchtiger Speicher, dessen Daten bei Abschalten der Spannungsversorgung verloren gehen. Deswegen besitzen FPGA's externe, nichtflüchtige Speichermedien wie z.B. EEPROM<sup>23</sup>. Dieser Speicher besteht aus einer Matrix von Feldeffekt-Transistoren mit isolierter Oxidschicht (Floating gate).

Eine VHDL-Beschreibung einer Digitalschaltung (*siehe Abschnitt 7.3.2*) wird mittels eines EDA-Tool (Electronic-Design-Automation) in ein LUT umgesetzt und auf dem FPGA abgelegt.

Aufgrund der hohen Integrität können FPGA's komplexe Digitalschaltungen bilden und als „System-on-chip“ agieren.

---

<sup>22</sup> Static Random Access Memory (Statischer Speicher mit wahlfreiem Zugriff)

<sup>23</sup> Electrical Erasable Programmable Read Only Memory (Elektrisch-Löschbarer Programmierbarer-Nur-Lese-Speicher)

## 7.2.2 Messdatenerfassungssysteme

### 7.2.2.1 WAGO-I/O-System 750

Das WAGO-I/O-System ist ein feldbusunabhängiges, modular aufgebautes Ein- und Ausgabe –System für die dezentrale Automatisierung. Der System-Controller 750-841 ist ein programmierbarer Feldbuscontroller mit Ethernet Anschluss über RJ45-Steckverbinder. Wahlweise kann der Controller 10/100 Mbit/s über Ethernet 100BaseTX oder 10BaseT mit übergeordneten Systemen, z.B. PC's kommunizieren. Er basiert auf einer 32 Bit – CPU und ist Multitasking fähig, was bedeutet, dass mehrere Programme gleichzeitig ausgeführt werden können.

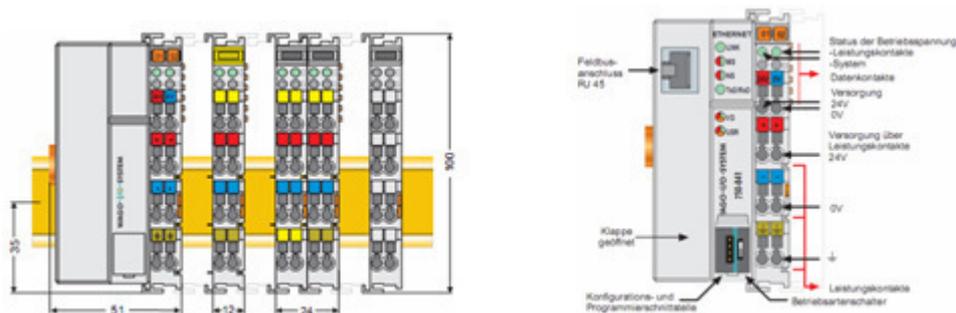


Abb. 18: Beispiel für WAGO-Feldbusknoten (links); Feldbuscontroller 750-841 (rechts) [ 14]

Beim Einschalten erstellt er ein lokales Prozessabbild aller im Feldknoten befindlichen E/A-Klemmen<sup>24</sup>. Dabei werden alle analogen Module wortweise, alle Digitalen bitweise adressiert. Die physikalische Anordnung der Bus-Klemmen kann beliebig sein, da der Controller selbstständig erkennt, bei welchem Modul es sich um eine Ein- bzw. Ausgangsklemme handelt und erstellt dementsprechende Datenbereiche im Prozessabbild. Es werden zuerst alle analogen, anschließend alle digitalen Klemmen abgefragt und adressiert, wobei die digitalen Adressbits zu Worten zusammengefasst sind. Die maximale Anzahl angereicherter Klemmen eines gesamten Feldknoten beträgt 64, wobei ein Bus-Endmodul den Busabschluss bildet. Die Bearbeitung der Prozessdaten erfolgt

<sup>24</sup> Ein-/ Ausgang – Klemmen (I/O = Input/Output)

vor Ort im Controller, welcher hierfür einen 512KB Programm-, 256 Daten- und 24KB Retain-Speicher zur Verfügung stellt.

Die Programmierung einer Applikation kann z.B. mittels der auf dem Standard Programmiersystem CoDeSys (*siehe Abschnitt 7.3.1*) basierenden WAGO-I/O-PRO CAA Software erfolgen. Diese Software ist eine WAGO-spezifische Erweiterung zur Implementierung der für alle WAGO Controller üblichen Target-Dateien. Bei dem WAGO-I/O-System handelt es sich nicht um eine SPS, sondern um eine Klemmenanschlusstechnik mit programmierbarer Intelligenz. Zur Kommunikation der Messdaten via Ethernet unterstützt der Controller verschiedene Netzwerkprotokolle. Der Prozessdatenaustausch erfolgt über die Kommunikationsprotokolle MODBUS-TCP (*siehe Abschnitt 7.2.1.1*) und Ethernet TCP/IP (*siehe Abschnitt 7.2.1.2*), welche beide wahlweise oder parallel verwendet werden können. In einer xml-Datei werden die Schreibberechtigung auf die I/O-Module, bzw. die Zugriffsrechte des Controllers festgelegt.

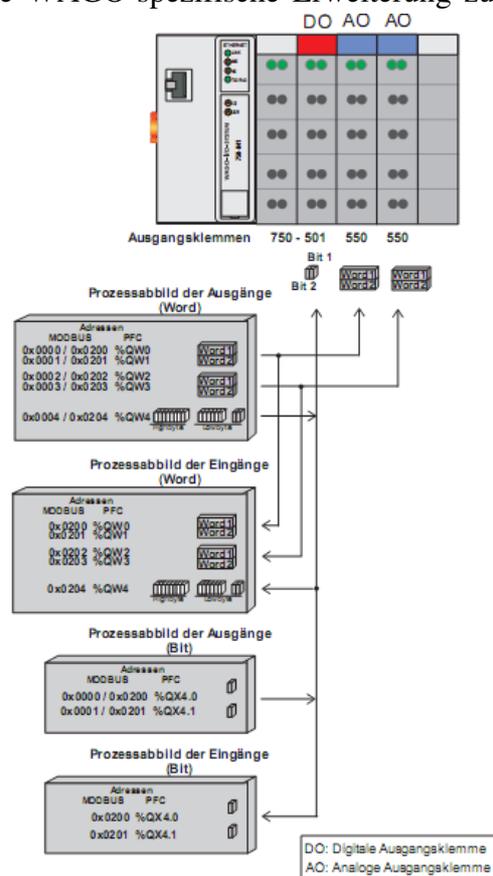


Abb. 19: Beispiel für Ausgangsdaten-Prozessabbild des Controllers [ 14]

Die Protokolle HTTP, BootP, DHCP, DNS, SNTP, SNMP und SMTP werden für die Verwaltung und Systemdiagnose gebraucht. Informationen über die Konfiguration oder den Status, sowie die Ein- und Ausgangs-Daten des Feldbusknotens sind als HTML-Seite im Controller, welcher über einen internen Server verfügt, gespeichert und können mit einem Web-Browser abgefragt werden (*siehe Abbildung 20*).

Zur Konfiguration des Systems gibt es zwei Möglichkeiten. Es kann zum Einen über serielle Kommunikations- und Programmierschnittstelle am Controller (4-polige Stiftleiste hinter Abdeckklappe) und der von WAGO mitgelieferten Software WAGO-Settings erfolgen, oder über den bereits erwähnten internen Webserver via Ethernet,

wobei bestimmte Bereiche eine Kennwortabfrage besitzen. Über die Eingabe der IP-Adresse des Controllers gelangt man auf den Webserver:

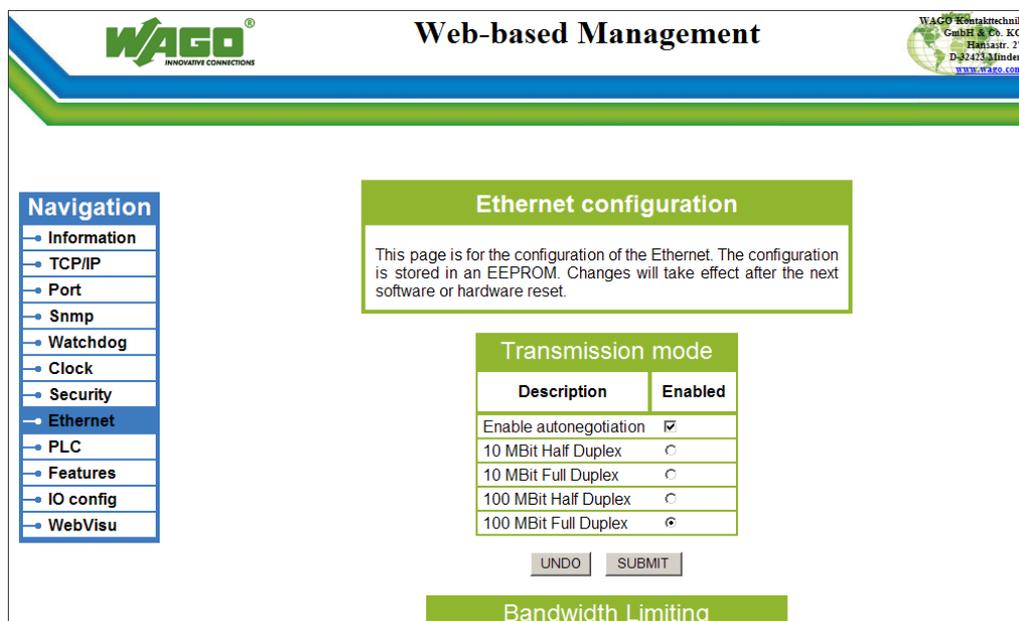


Abb. 20: Ausschnitt aus der html-Seite des WAGO-Webserver des Controller

Alle relevanten Einstellungen wie die Systemzeit, IP-Adresse, Änderung der Zugriffspasswörter usw. können hier vorgenommen werden.

Ebenso ist unter dem Link „IO config“ das Prozessabbild des Feldknotens einzusehen, sofern vorher die Generierung der geneaconf.xml-Datei auf dem Controller unter dem Link „Features“ aktiviert worden ist.

Als I/O-Module kommen zwei verschiedene Typen analoger Eingangsklemmen, sowie 8-bit digitale Eingangs-, und 8-Bit Ausgangsklemmen zum Einsatz.

Für die Messung der 4-20mA Einheitssignale der Druck- und Boxtemperatursensoren wird Klemmentyp 750-466 (Abbildung 21 links) und für die Messung der 0-10V Signal Klemmentyp 750-467 (Abbildung 21 rechts) verwendet. Die digitalen Eingänge bzw. Ausgänge mit jeweils 8 Bit werden über den Klemmentypen 753-434 (Abbildung 22 links) und 753-534 (Abbildung 22 rechts) realisiert.

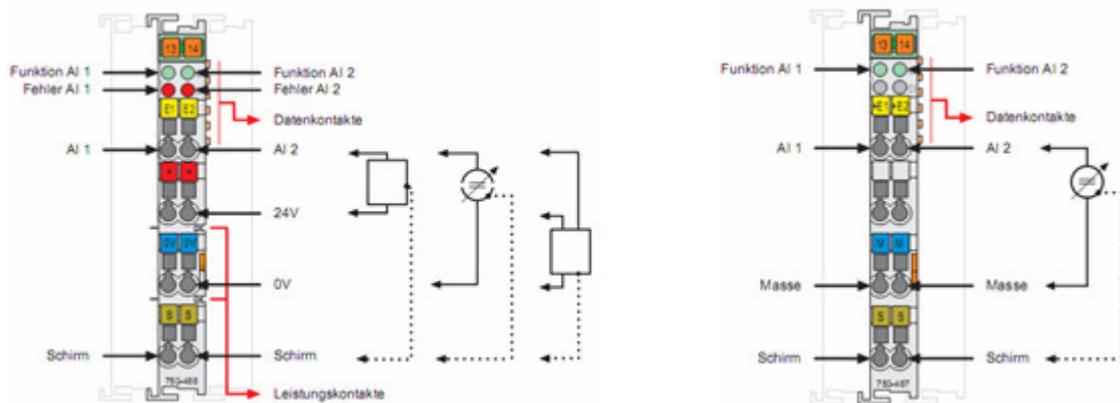


Abb. 21: 2-Kanal Analog Eingangsklemme 4-20mA (links) bzw. 0-10V (rechts) [ 14]



Abb. 22: 8-Kanal Digital Eingangs-(links) und Ausgangsklemmen (rechts) jeweils 5/12V 0,2ms [ 14]

Mit zusätzlichen Potentialeinspeiseklemmen stehen verschiedene Spannungsbereiche im Datenerfassungssystem zur Verfügung. Somit kann z.B. der Bereich des Feldbusknotens der 4-20mA Analog-Eingangsklemmen mit der 24 Volt Versorgungsspannung des Feldbuscontrollers versorgt werden, um auf der Busseite die angeschlossenen Sensoren mit gleicher Betriebsspannung zu betreiben. Es ist möglich mit einer zusätzlichen Einspeiseklemme einen nachfolgenden Bereich des Knotens mit einer anderen Betriebsspannung zu versorgen, z. B. 5 Volt für TTL<sup>25</sup>.

<sup>25</sup> Transistor-Transistor-Logik (5V Level)

### 7.2.2.2 CompactRIO von National Instruments

CompactRIO von National Instruments ist ein Embedded-Datenerfassungs-, Steuer- und Regelsystem, welches auf der Technologie für rekonfigurierbare I/O's basiert. Compact RIO besteht aus einem Echtzeit- (Real-Time) Controller mit Echtzeitprozessor und Betriebssystem VX-Works, FPGA (*siehe Abschnitt 7.2.1.3*) und einem Chassis mit Backplane<sup>26</sup> zur Kontaktierung der steckbaren I/O-Module. Die I/O-Module sind über die Chassis-Backplane mit dem FPGA verbunden und ermöglichen das direkte Anbinden von Sensoren. Der FPGA arbeitet mit einem 40 MHz Takt und beinhaltet 3 Millionen Gatter. Der Power-PC besitzt eine Taktfrequenz von 200, bzw. 400MHz und verfügt über einen 10/100 Base T-Ethernet-Anschluss, sowie eine serielle RS232 Schnittstelle zum Anschluss von Peripheriegeräten.



Abb. 23: Echtzeit Controller (Links), 8-fach Chassis mit Backplane (Mitte); I/O-Module (Rechts) [ 2]

Als Speichermedien sind ein Compact-Flash-Speicher mit 512 MB und ein 64 MB großes DRAM integriert. Jedes I/O-Modul ist direkt mit dem FPGA verbunden.

Die Kommunikation zwischen FPGA und dem Embedded-Echtzeitprozessor findet über einen Hochgeschwindigkeits-PCI-Bus statt. Die Programmierung von NI CompactRIO basiert auf der zusätzlichen Software LabVIEW-FPGA und LabVIEW-Real-Time von National Instruments. Diese ermöglicht Anwendern den Entwurf, sowie die benutzerdefinierte Anpassung des Systems mit grafischen Programmierwerkzeugen, wie zum Beispiel LabVIEW 8.2.1 (*siehe Abschnitt 7.3.3*). Für Testzwecke hat National Instruments ein System zur Verfügung gestellt. Dieses System wurde im Vergleich mit dem WAGO-I/O-System 750 in Betrieb genommen und unter anderem auf sein Störstrahlungsverhalten untersucht (*siehe Abschnitt 8.3.1*).

<sup>26</sup> Busplatine

## 7.3 Programmiersprachen

### 7.3.1 CoDeSys

CoDeSys ist ein Programmiersystem von SSS<sup>27</sup> auf grafischer Basis zur Programmierung von SPS<sup>28</sup> in der Automatisierungstechnik. Als häufigste der drei möglichen Programmiererebenen wird der Funktionsplan (FUP) genutzt. In dieser Programmieroberfläche werden in aufeinander folgenden Netzwerken mittels grafischer Logikbausteine Verknüpfungssteuerungen erstellt. Neben den Standardlogiken wie UND, ODER können Flip-Flop's als Speicherbausteine programmiert werden. Sie speichern den Ausgangszustand eines Netzwerkes und schalten in einer SPS die dazugehörigen Ein- bzw. Ausgänge. Ebenso können Ein- und Ausschaltverzögerungen realisiert werden mit einstellbaren Schaltzeiten.

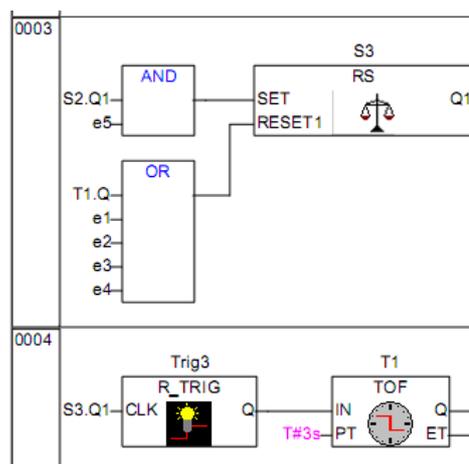


Abb. 24: Beispiel für CoDeSys Verknüpfungssteuerung mit zwei Netzwerken, UND/ODER-Logikbaustein, Flip-Flop (S3) mit Rücksetzdominanz, Trigger-Baustein (Trig3) und Ausschalt-verzögerung (T1)

Die Programme werden seriell abgearbeitet. So können Ablaufsteuerungen programmiert werden, in denen jedes gerade ausführende Netzwerk Übergangsbedingungen für das darauf auszuführende Folgenetzwerk stellt.

<sup>27</sup> Smart-Software-Solution

<sup>28</sup> Speicher-Programmierbare-Steuerungen

Bevor die erstellten Steuerungen übersetzt und auf eine SPS geladen werden, kann man mit der Simulation das Programm testen, indem man von Hand die Übergangsbedingungen schaltet auf Wahr (TRUE) oder Falsch (FALSE).

Zur Erstellung einer graphischen Steuerfläche und Visualisierung des Ablaufs können geometrische Objekte mit Variablen der Ein- und Ausgänge der Steuerung verknüpft werden. Somit hat man eine Schalt- und Überwachungsmöglichkeit, was auch die Simulation erleichtert.

Zu Anfang wird ein Projekt angelegt und die zu steuernde Hardware aus einer Liste ausgewählt. In der anschließenden Konfiguration können die Ein- und Ausgänge zur besseren Übersicht der Verknüpfungssteuerung umbenannt werden. Ebenso ist die Kommunikationsform vorzugeben, wie z.B. TCP/IP.

In einer Liste über den Netzwerken im Programmierfeld müssen alle Variablen und Programminstanzen deklariert werden. Es wird hier bezeichnet um welche Art von Variablen, bzw. Instanzen es sich handelt, z.B. global oder lokal. Ebenso muss angegeben werden um welchen Typ von Verknüpfungsbausteinen es sich handelt. Dies kann z.B. BOOL, RS, SR, TON, TOF oder TIME sein, je nach Instanzbezeichnung.

Alle Hardware Ein- und Ausgänge sind in der Konfiguration mit einer Adresse versehen. Für binäre Eingänge lauten diese %IX und binäre Ausgänge %QX. Im Anhang an die Kürzel folgen Adressnummern, z.B. %IX 0.1 oder %QX1.2.

Unter CoDeSys können keine mathematischen Operationen programmiert werden. Das Programm dient hauptsächlich der Erstellung von Ablaufsteuerungen. Ebenso ist die Möglichkeit von statistischen Auswertungen oder der Datenspeicherung wie bei LabVIEW (*siehe Abschnitt 7.3.3*) nicht gegeben.

### 7.3.2 VHDL

VHDL ist die Abkürzung für *Very High Speed Integrated Circuit* Hardware Description Language (auch VHSIC Hardware Description Language). Es handelt sich hierbei um eine Hardwarebeschreibungssprache für digitale Schaltungen, welche zwei Aufgaben in der Schaltungsentwicklung erfüllt.

Zum Einen der Schaltungsentwurf, auch Schaltungssynthese genannt, wobei VHDL die Funktion der Digitalschaltung beschreibt und ein Computerprogramm, das sog. Synthesetool, dies in eine Schaltung umsetzt. Des Weiteren gibt es die Schaltungsverifikation, bei welcher anschließend mittels einer sog. Testbench (Prüfstand) geprüft wird, ob die Schaltung ihre spezifizierten Eigenschaften erfüllt. Verifikation bezieht sich somit auf den korrekten Entwurf und wird grundsätzlich einmal durchgeführt.

Wie in der Programmiersprache C werden die Schlüsselwörter in Englisch eingegeben, z.B. „if, then, else“. Der gesamte Programmtext wird als VHDL-Modul bezeichnet dessen Grundstruktur drei Bereiche umfasst.

Die Entity beschreibt die Ein- und Ausgangssignale und somit die äußere Schnittstelle des Moduls. In der Architecture ist die Funktion beschrieben, wobei ein Modul mehrere dieser Architecture enthalten kann.

Das Package ist ähnlich der Header-Datei unter C und enthält Definitionen und Funktionen.

Die Leitungen einer Schaltung bezeichnet man in VHDL als Signal. Sie müssen in ihrem Datentyp festgelegt werden (z.B. Vektor) und sind in der Architecture definiert. Ein- und Ausgangssignale bezeichnet man als Port. Sie werden in der Entity definiert, in der Architecture verwendet und können bidirektional (Datenübertragung in zwei Richtungen) sein. Weitere Textbestandteile sind Kommentare, Bezeichner oder Konstanten. Zur Beschreibung von VHDL Funktionalitäten gibt es als wesentliche Elemente die Prozesse. Ein Prozess wird sequentiell, unterschiedliche Prozesse parallel abgearbeitet. Es werden zwei Arten von Prozessen unterschieden. Für Schaltnetze gibt es Prozesse kombinatorischer, für Schaltwerke Prozesse sequentieller Funktionalität. Als Schaltnetz bezeichnet man die Kombination aus elementaren logischen Schaltgliedern (Logikgatter).

Schaltwerke sind sequentielle Schaltungen deren Ausgangszustand von aktuellen und vorangegangenen Eingangswerten abhängig ist. Ein Beispiel für Schaltwerke sind Kippglieder, wie z.B. Flip-Flop's. In einer Hardwarebeschreibung wie VHDL können diese Logikverknüpfungen beschrieben und anschließend als gesamte Digitalschaltung in eine aus Standardzellen bestehende Netzliste übertragen werden.

Die so entstandene Schaltung wird auf z.B. einem FPGA (*siehe Abschnitt 7.2.1.3*) abgelegt.

### 7.3.3 LabVIEW

LabVIEW ist eine grafische, auf G basierende Programmiersprache, die eine PC-basierte virtuelle Instrumentierung ermöglicht. Es können anwenderdefinierte Messsysteme individuell erstellt werden.

Elementar ist die Programmierung der sog. Virtuellen Instrumente, kurz VI's. Sie bestehen jeweils aus einem Frontpanel und einem Blockdiagramm.

Das Frontpanel (*siehe Abbildung 31*) stellt die eigentliche Bedienoberfläche dar. Es ist die interaktive Schnittstelle zwischen dem Anwender und der eigentlichen Anwendung. Hier befinden sich die in der Programmbibliothek ausgewählten Anzeige- und Bedienelemente. Mittels eines Fangrasters können die Elemente ausgerichtet und individuell farblich unterlegt und beschriftet werden.

Im Blockdiagramm (*siehe Abbildung 32*) kontaktiert man die einzelnen Elemente wie eine elektrische Schaltung mit einem virtuellen Verbindungswerkzeug. Es stellt das eigentlich ausführbare Programm hinter dem Frontpanel dar. Die einzelnen Verbindungen transportieren bei der Ausführung des VI's die Daten zwischen den Elementen repräsentativ durch Zahlenwerte.

Der eigentliche Programmablauf wird im Unterschied zu CoDeSys zum Beispiel durch vordefinierte Funktionen und Ablaufstrukturen, wie z.B. Schleifen, Sequenzen oder Fallunterscheidungen umgesetzt. Die Abarbeitung des Programms erfolgt unter CoDeSys rein sequentiell, hingegen LabVIEW parallel.

Datenerfassung, Datenanalyse und Datenpräsentation sind die drei Teilaufgaben, die ein LabVIEW-VI typischerweise erfüllt. Bei der Datenerfassung werden z.B. die analogen Daten eines Sensors über einen A/D-Wandler in digitalisierter Form dem PC zugeführt und mit LabVIEW erfasst. Zur Datenanalyse können diese Messdaten mathematisch bearbeitet, statistisch erfasst, skaliert oder anderweitig formatiert werden. Das Speichern der Ergebnisse kann in verschiedenen Dateiformaten, wie z.B. .xls für Excel oder .txt für Textdateien erfolgen.

Für die Datenpräsentation sind verschiedene Graphen oder Anzeigen zur detaillierten Betrachtung auf dem Frontpanel vorhanden. Diese Möglichkeiten der Datenbetrachtung Verarbeitung und Speicherung ist in den anderen, oben erwähnten Programmiersprachen nicht möglich. CoDeSys bietet zwar ebenfalls die Möglichkeit der Programmierung einer Bedienoberfläche, dennoch dient diese lediglich als optische Unterstützung für den Anwender und zur Steuerung des ablaufenden Programms. Sie wird erst nach dem fertigen Programmcode erstellt und ist graphisch weniger ansprechend als bei LabVIEW. Ein weiterer Vorteil von LabVIEW ist, dass bei sehr komplexen und umfangreichen Programmen die Fehlersuche übersichtlicher ist. CoDeSys weist bei der Übersetzung ebenfalls auf Fehler hin, jedoch kann ein Fehler über mehrere Programmnetzwerke verlaufen und ist dann mühsam zu finden. LabVIEW-Programmfehler werden durch einen animierten Hinweis an der Fehlerstelle sichtbar. Es zeigten sich weitere Vorteile der LabVIEW-Programmierung in dieser Diplomarbeit insbesondere hinsichtlich der komplexen Messdatenerfassung von Empfängertemperaturen und Vakuumdrücken (*siehe Abschnitt 9.2.3*).

Im Folgenden sind ein paar in dieser Arbeit genutzte Programmelemente erläutert. Eine vollständige Erklärung aller Möglichkeiten bei der Programmierung mit LabVIEW Version 8.2.1 wäre an dieser Stelle zu umfangreich.

Zum Ausführen eines VI's werden bestimmte Kontrollstrukturen benötigt, z.B. For- oder While-Schleifen. Beide Schleifen haben unterschiedliches Ablaufverhalten.

Eine While-Schleife wird mindestens einmal nach Programmstart ausgeführt, in Abhängigkeit der Abbruchbedingung am sog. Condition Terminal. Soll ein Programm innerhalb der Schleife so lange ausgeführt werden bis ein Abbruch durch den Anwender stattfindet, verbindet man das Terminal mit einem Schaltelement.

Anders bei einer For-Schleife. Sie wiederholt die Ausführung in N-fachen Iterationsschritten, welche am Eingang z.B. über eine konstante Zahl vorgegeben werden.

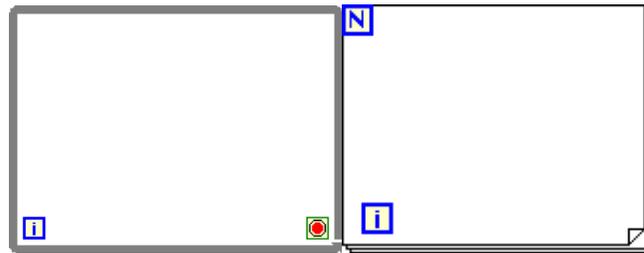


Abb. 25: LabVIEW While-Schleife mit Condition Terminal (links) und For-Schleife (rechts)

Zur Verzweigung eines Programms wird eine Case-Struktur genutzt. Diese Struktur gleicht in anderen Programmiersprachen wie z.B. VHDL einer if-else-Abfrage. Bei Anwendung einer Case-Struktur muss ein Ausgangszustand definiert werden, die sog. Voreinstellung. Diese Einstellung legt einen Ausgangsfall fest, welcher ausgeführt wird solange kein anderer Fall am Terminal (Fragezeichen) ausgewählt ist. Die Ausführungsreihenfolge der Case-Struktur kann bestimmt werden, d.h. es kann festgelegt werden, welcher Fall an welcher Stelle steht. Dies ist insbesondere bei der Auswahl durch einen Menü-Ring wichtig.

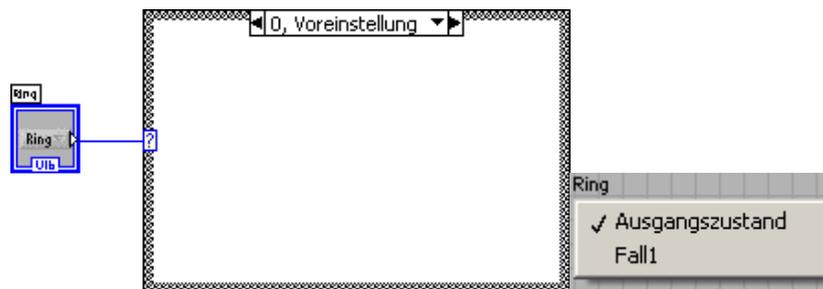


Abb. 26: LabVIEW Blockdiagramm einer Case-Struktur mit Menü-Ring (links); Menü-Ring Frontpanel (rechts)

Ein Menü-Ring ist ein Bedienungswerkzeug z.B. zum Öffnen unterschiedlicher Fälle über ein Pop-Up.

Sollen Programme anstatt parallel nacheinander ausgeführt werden gibt es die Möglichkeit Sequenzstrukturen zu verwenden. Hierzu werden die programmierten VI's in die einzelnen Sequenzen eingefügt.

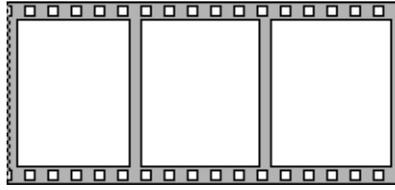


Abb. 27: LabVIEW flache Sequenzstruktur

Um den einzelnen Programmelementen bestimmte Eigenschaften zuzuweisen, erstellt man einen Eigenschaftsknoten. Mit dem Eigenschaftsknoten ist es möglich z.B. Anzeigen zu animieren, sichtbar oder unsichtbar, blinkend usw. zu schalten. Der Zustand des Eigenschaftsknotens ist abhängig von einem Ereignis. Ist die Abfrage am Eingang des Knotens TRUE wird die gewählte Eigenschaft des Elementes ausgeführt. Ein Eigenschaftsknoten ist immer nur mit einem Element verbunden. Für jedes Element muss ein separater Eigenschaftsknoten erstellt werden.



Abb. 28: LabVIEW Anzeige-Element mit zugehörigem Eigenschaftsknoten

Durch die Aufnahme von Messdaten können Datenfelder, sog. Arrays erzeugt werden, welche aus mehreren Spalten und Zeilen bestehen können. LabVIEW bietet eine Vielzahl an Funktionen für Arrays, um z.B. die Größe zu variieren, Elemente einzufügen oder zu ersetzen.



Abb. 29: LabVIEW Array mit drei Elementen im Frontpanel

Die in ein Array eingelesenen Elemente können z.B. in einem Tabellenstring übertragen werden. Ein String ist eine Reihenfolge von anzeigbaren oder nicht anzeigbaren Zeichen, welche jederzeit in ein anderes Format konvertiert werden können. Dies können z.B. ASCII-Zeichen, Hexadezimal- oder Integer-Zahlen sein. Ebenso ist es möglich über die Anzeigeoptionen einen String für eine Passwordeingabe zu konvertieren.

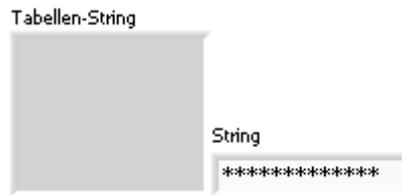


Abb. 30: LabVIEW Frontpanelanzeigeelemente Tabellenstring (links) und String-Element als Passwortanzeige (rechts)

In Kombination mit vielen weiteren Programmelementen lassen sich sehr komplexe Programme erstellen. Diese können im Anschluss an die Programmierung noch in eine .exe-Datei gewandelt werden. Diese Datei kann wie ein normales Windows-Programm z.B. auf einem anderen Rechner gestartet werden.

Als Beispiel für ein vollständiges VI sei das folgende Funktionsgenerator-Programm aufgeführt:

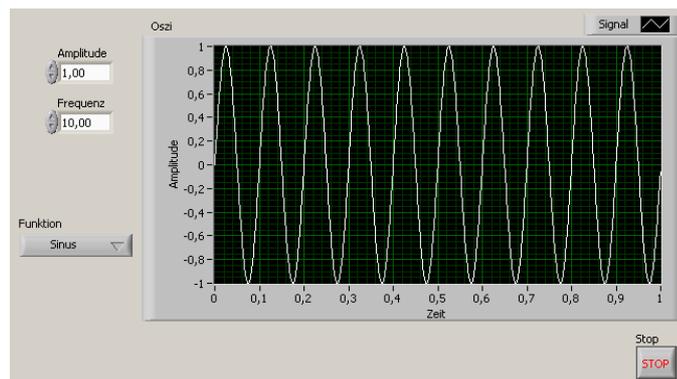


Abb. 31: Frontpanel eines unter LabVIEW programmierten Funktionsgenerators

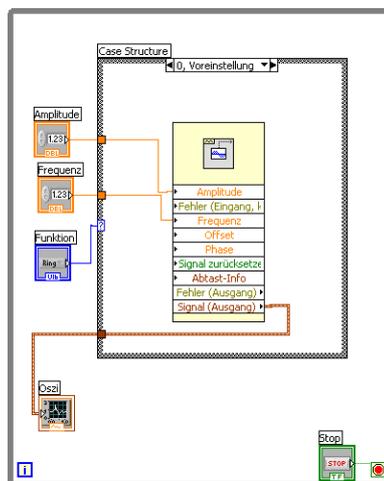


Abb. 32: Frontpanel eines unter LabVIEW programmierten Funktionsgenerators

## 7.4 Elektromagnetische Verträglichkeit EMV

### 7.4.1 Definition der EMV

Die Elektromagnetische Verträglichkeit ist nach europäischer Richtlinie die Fähigkeit eines elektrischen Gerätes in seiner elektromagnetischen Umwelt zu funktionieren, ohne dabei eigene elektromagnetische Strahlung zu verursachen, die andere elektrische Geräte in der Umgebung stört. In der EMV gibt es das sog. Störkopplungsmodell. Das Störungen verursachende Gerät wird als Störquelle und das beeinflusste Betriebsmittel als Störsenke bezeichnet. Die beeinflussende Störung kommt über den Kopplungspfad und unterscheidet sich in vier Bereiche.

- Bei der induktiven Kopplung wird die Störung über ein gemeinsames Magnetfeld erzeugt. Ein elektrischer Strom erzeugt je nach Stromstärke ein Magnetfeld im durchfließenden Leiter. Dieses Magnetfeld induziert in einem zweiten Leiter eine Spannung. Im Falle eines Transformators ist diese Kopplung gewünscht, kann aber in anderen Fällen ebenso störend sein. Mit steigender Frequenz der angelegten Spannung an einer Induktivität steigt die Impedanz, weswegen induktive Kopplungen im niederfrequenten Bereich auftreten.
- Die kapazitive Kopplung kommt durch das Auftreten unterschiedlicher Potentiale eines Schaltkreises zustande. Tritt zwischen zwei Stromkreisen eine Potentialdifferenz auf so bildet sich ein elektrisches Feld aus wie bei einem Kondensator. Dieses Feld führt zu Ausgleichsströmen zwischen den beiden Potentialen, welche einen Spannungsfall erzeugen können und ein Nutzsignal überlagern, bzw. parasitär beeinflussen. Verstärkt wird dieser Einfluss mit steigender Frequenz. Die Impedanz einer Kapazität im Gegensatz zu einer Induktivität wird mit steigender Frequenz größer.
- Galvanische Kopplung, oder Impedanzkopplung, kommt zustande, wenn zwei Ströme über die gleiche Impedanz fließen. Diese Impedanz kann ein gemeinsam genutzter Leiter oder auf einer Platine eine gemeinsam genutzte Masse von unterschiedlichen Schaltkreisen sein. Sie kann ohmsch, induktiv oder kapazitiv sein und ist stark frequenzabhängig. Bei einer ohmschen Impedanz wird die Kopplung mit steigender

Frequenz größer durch den Skineffekt. Induktiv und kapazitiv verhalten sich wie bereits oben erwähnt.

- Im Gegensatz zu den ersten drei Kopplungsarten, welche leitungsgebundene Störungen sind, erfolgt die Einwirkung von HF-Feldern (Hochfrequenz-Feldern) auf die Störsenke durch eine elektromagnetische Welle. Diese besteht gekoppelt aus elektrischen und magnetischen Feldern und kann eine Radiowelle, Infrarot-, UV-, Röntgen- oder Gammastrahlung sein. Sie setzen sich mit Lichtgeschwindigkeit fort und sind unabhängig von einem übertragenden Medium.

Es sind transversale Wellen, deren Ausrichtung senkrecht zur Schwingungsrichtung des elektromagnetischen Feldes steht. Die Störsenke wirkt im Fall der Einkopplung von HF-Feldern wie eine Antenne. Störquellen können unterschiedlichen Charakter haben. Sie unterscheiden sich in natürliche und technische Störquellen. Bei den technischen Störquellen wird nochmals unterteilt in Beabsichtigte und Unbeabsichtigte. Natürliche Einflüsse sind atmosphärisches und galaktisches Rauschen, sowie die Auswirkung von Blitzen. Technisch beabsichtigte Quellen sind z.B. Radar, Radiosender, Mikrowellenherde, Mobilfunktelefone oder Wireless-LAN. Unbeabsichtigte Störstrahlung wird erzeugt von Leuchtstofflampen, elektronischen Netzteilen, elektrischen Motoren, Gleichrichteranlagen, Hochspannungsleitungen, Dimmerschaltern in der Haustechnik oder Ethernet. In unserer heutigen modernen und hoch technisierten Gesellschaft findet ein stetiges Wachstum im Einsatz neuer Gerätschaften statt, wodurch eine Vielzahl an Störquellen hinzukommt. Um einen störungsfreien Betrieb zu gewährleisten gibt es Richtlinien. Diese sind dem EMVG (EMV-Gesetz) zu entnehmen.

Die bekannteste Prüfmethode zur Messung des Störstrahlungsverhaltens ist die Antennenmessung. Hierzu wird in einem Absorberraum der Prüfling in einem bestimmten Messabstand auf sein Störstrahlungsverhalten untersucht. Die Messung erfolgt in Frequenzschritten bis hoch zu mehreren GHz. Je nach Frequenzbereich benutzt man verschiedene Antennenarten. Während der Messungen wird die Polarisation der Antennen geändert. Transversalwellen sind, wie bereits oben erwähnt, durch zwei Richtungen charakterisiert. Der Wellenvektor zeigt in Ausbreitungsrichtung und der Amplitudenvektor steht orthogonal (senkrecht) dazu. Je nach Ausstrahlung

kann mittels der Polarisierung festgestellt werden in welcher Richtung die Störausstrahlung am stärksten ist.

#### 7.4.2 Gehäusekonstruktion und EMV

Ziel einer Abschirmung durch ein Gehäuse ist die Entkopplung von Störquellen und Störsenken. Die erforderlichen Schirmungsmaßnahmen können sich hinsichtlich der jeweiligen Beeinflussungswege unterscheiden. Die Schirmung der über Leitungen und Kabel eindringenden Störungen (galvanische Kopplung) wird über Entstörfilter realisiert. Die Abschirmung von elektrischen und magnetischen Feldern, sowie elektromagnetischer Wellen wird durch Gehäuseschirme mit unterschiedlichen Maßnahmen erreicht.

Das optimal geschirmte Gehäuse wäre eine allseitig geschlossene Metallkugel. In realen Anwendungen, insbesondere in Aufbausystemen der 19-Zoll-Technik, lässt sich jedoch dieser Idealfall nicht erreichen. Trotzdem sollte ein geschirmtes Gehäuse, unter Beachtung der Randbedingungen wie Maße und Modularität, in seiner Wirkung dieser geschlossenen Kugel möglichst nahe kommen, um hohe Schirmdämpfungswerte zu erreichen. In den meisten Fällen bestehen Gehäuse aus mehreren Einzelteilen, die oft auch sehr leicht demontierbar sein sollen, um Wartungen zu ermöglichen. Um eine geschlossene, leitfähige Hülle zu erreichen, müssen die an der Schirmung beteiligten Einzelteile an den Kontaktstellen leitend verbunden sein.

Entscheidend für eine gute Abschirmung sind auch die verwendeten Materialien. Hochwertige und teure leitfähige Oberflächen wie sie für Steckverbinder verwendet werden, z.B. Gold, Silber, Zinn, scheiden bei Gehäusen aus Gewichts- und Kostengründen aus.

Üblicherweise werden daher unterschiedliche Oberflächen verwendet. Eines der am meisten verwendeten Materialien ist farbloses oder gelb chromatiertes Aluminium. Diese Oberfläche besteht aus einer Passivierungsschicht auf Aluminium, welche eine Korrosion des Trägermaterials verhindert. Chromatiertes Aluminium ist jedoch sehr empfindlich gegenüber Kratzern und Fingerabdrücken, was allerdings lediglich als optischer Nachteil zu sehen ist. Es bietet allerdings optimale Abschirmung gegen magnetische Störquellen.

Unbeschichtetes Aluminium korrodiert schnell und bildet eine nichtleitende Oxidschicht. Diese Schicht verhindert eine weitere Korrosion, weshalb beim Einsatz von rohem Aluminium darauf zu achten ist, dass durch geeignete Kontaktierung der Teile (Kontaktfedern oder Verschraubung) gewährleistet ist, dass die Korrosionsschicht durchkratzt und die Teile gasdicht miteinander verbunden werden.

Zur Kontaktierung von Einzelteilen in definierten Abständen steht eine Vielzahl verschiedener HF-Dichtungsmaterialien zur Verfügung:

- Kontaktfedern z.B. bestehen aus Metallen mit Federeigenschaften. Oft wird eine Kupfer-Beryllium-Legierung verwendet. Dieses Material hat eine sehr gute Leitfähigkeit und Federeigenschaften. Alternativ werden sehr häufig aus Kosten- und Umwelttechnischen Gründen Kontaktfedern aus Edelstahl verwendet, welche ausreichend für solche Art der Anwendung sind.
- Metallgestricke werden als Dichtungen bestehend aus sehr dünnen zu Schnüren verstrickten Drähten hergestellt. Vorteilhaft ist die hohe Leitfähigkeit. Sie sollten wegen der geringen Federeigenschaften als Dichtungstyp zwischen verschraubten Teilen finden, welche nicht regelmäßig geöffnet werden müssen.
- Leitende Textildichtungen bestehen aus einem mit leitfähigem, verkupfertem oder vernickeltem Polyestergewebe umhüllten Elastomer-, Neopren- oder PU<sup>29</sup>-Kern. Sie besitzen gute Federeigenschaften und eine hohe Leitfähigkeit. Nachteilig ist die weiche Oberfläche, welche ggf. vorhanden Oxidschichten auf dem Gegenstück kaum durchdringen können.
- Leitende Silikone bestehen aus einem homogenen Gemisch von leitenden Partikeln in Silikon. Als leitfähige Partikel werden Kohlenstoff, versilbertes Glas, versilbertes Kupfer oder reines Silber eingesetzt. Die Eigenschaften ähneln denen der bereits erwähnten leitenden Textildichtungen.

Bei der Konstruktion ist immer die Materialverträglichkeit zu beachten, um die erforderliche Leitfähigkeit der Verbindungen zwischen den Kontaktflächen auch langfristig zu gewährleisten. Schlecht leitende Schichten können durch

---

<sup>29</sup> Polyurethan

elektrochemische Prozesse entstehen, wenn bei der Verwendung verschiedener Materialien z.B. aggressive Medien in den Kontaktzonenbereich gelangen.

Der Kabeleinführung in geschirmte Gehäuse kommt eine sehr große Bedeutung zu. Bereits ein ungeschirmtes oder filterloses Kabel kann alle anderen Schirmungsmaßnahmen aufheben. Derartig durchgeführte Kabel wirken als Sende- bzw. Empfangsantennen im Inneren und Äußeren des Gehäuses und transportieren so nicht leitungsgebundene Störungen in das, bzw. aus dem Gehäuse.

Geschirmte Leitungen und Kabel müssen mit ihrem Schirm an der Eintrittsstelle elektrisch leitfähig mit dem Gehäuse verbunden werden. Da sich oft der Einsatz von ungeschirmten Leitungen nicht vermeiden lässt, müssen Filter eingeführt werden, wobei das Filter die Funktion eines Tiefpasses übernimmt und somit die hochfrequenten Störungen herausfiltert, aber niederfrequente Signale durchleitet.

### 7.4.3 Bedeutung für die Radioastronomie in Effelsberg

Wie in *Abschnitt 7.4.1* erwähnt, gibt es eine Vielzahl von Störstrahlungsquellen. Speziell Computertechnik, wie Wireless-LAN, Bluetooth, Ethernet usw. stellen für die Radioastronomie ein großes Störpotential dar. Auch Funk- und Mobiltelefone stören den Messbetrieb am Radioteleskop in Effelsberg. Aus diesem Grund herrscht am Observatorium in Effelsberg ein Handyverbot. Ebenso befinden sich am Standort keine Funktelefone, Funknetzwerke oder Bluetooth-Geräte, wie z.B. Funk-Computermäuse oder Tastaturen.

Durch den steigenden Umfang an Digital- und Computertechnik entstehen immer mehr Störquellen. Aus diesem Grund wird der Großteil der Computer- und Netzwerktechnik in den neuen Faraday-Raum verbracht.

Bei der Konstruktion neuer Aufbausysteme sind die Anforderungen an die Schirmung sehr individuell, d.h. sie unterliegen nicht wie in der Industrie standardisierten Kriterien.

In dieser Diplomarbeit ist für den Aufbau des Messdatensystems eine Kombination aus einem Industriestandard für HF-dichte 19-Zoll-Einschübe und einer Gehäusekonstruktion unter Berücksichtigung der unter *Abschnitt 7.4.2* für den Einsatz im Radioteleskop gewählt worden.

## 8 Vergleich NI CompactRIO und WAGO-I/O-System

Neben der Untersuchung auf das Störstrahlungsverhalten beider Systeme, ist auch die Verarbeitung dynamischer Signale betrachtet worden. In den Empfängern wird mit einer Periodendauer von 16ms (62,5Hz) eine Rauschdiode geschaltet. Die Schaltübergänge müssen innerhalb einer Blank-Zeit von 100 $\mu$ s erfolgt sein.

### 8.1 Inbetriebnahme und Zeitmessungen NI Compact RIO

Um das Messdatenerfassungssystem über den Rechner ansprechen zu können, muss zunächst mittels der NI-Software MAX (Measurement and Automation) der Controller vom Rechner erkannt und diesem eine IP-Adresse zugewiesen werden. Für die Programmierung ist zunächst ein Projekt unter LabVIEW Version 8.2.1 anzulegen. In dem Projektfenster wird zwischen dem sog. Host- und Target-Rechner unterschieden. Der Host (Heim) –Rechner ist der Programmierrechner und als Target (Ziel) wird der Power-PC des Daten-erfassungssystem bezeichnet. Virtuelle Instrumente, welche auf dem FPGA abgelegt werden heißen Target-VI und verfügen über spezielle LabVIEW-Programmelemente. Ein Übersetzungsprogramm (Compiler) setzt im Anschluss der Programmierung den LabVIEW-Code in VHDL um. Die benötigten Module werden ebenfalls im Projektfenster aufgerufen und eingebunden.

Ist der Host-Computer im Netzwerk mit dem Controller verbunden, findet das Konfigurationstool die Module eigenständig und erzeugt ein Abbild der Steckplätze mit dazugehöriger Slot-Nummerierung.

Während der Testphase wurden verschiedene Module in Betrieb genommen. Es standen ein analoges Eingangsmodul mit 32 Eingängen, ein analoges Temperaturmodul zum Betreiben von Thermoelementen, ein digitales Eingangs- bzw. Ausgangsmodul mit jeweils 8 Kanälen, sowie ein Modul zur Messung von Gegentaktsignalen zur Verfügung. Zur Kommunikation mit dem Target-VI ist ein Host-Programm im Projektordner anzulegen, in welchem mit speziellen FPGA-Programmelementen die Target-Referenz aufgerufen und auf verschiedene Art ausgelesen wird.

Es gibt zum einen die Möglichkeit mit einem Methodenknoten die einzelnen Kanäle des gewünschten I/O Moduls aufzurufen.

Zum anderen können die Daten der Module in eine Shared-Variable<sup>30</sup> oder einen FIFO<sup>31</sup> - Speicherbaustein geschrieben werden. Mit einer Shared Variablen kann man die I/O-Daten über das gesamte Netzwerk abrufen, allerdings benötigen Variablen immer Speicherplatz und sollten sinnvoll Verwendung finden.

Im Projektfenster ist es möglich einen FIFO-Speicherbaustein zu generieren, welchen man dann in die VI's per „drag and drop“ einbindet. Mit der Programmierung eines Interrupts auf dem Target können Daten zyklisch in den Speicherbaustein geschrieben, bzw. abgerufen und verarbeitet werden.

Zur Untersuchung des Schaltverhaltens ist ein Programm geschrieben worden, welches ein periodisches Rechtecksignal mit einstellbarem Taktverhältnis erzeugt. So sollte der oben genannte Schaltvorgang der Rauschdiode dargestellt werden.

---

<sup>30</sup> Variablen, die über das gesamte Netzwerk ihren Wert bereitstellen

<sup>31</sup> First In First Out

### 8.1.1 Messergebnisse Zeitmessung cRIO 9004 von NI DO Modul cRIO 9472

#### Messgeräte:

- Tastkopf: Tek P6139A; 8pF; 10MΩ; 10x
- DPO 7254 Phosphor Oszilloskop von Tektronix
- cRIO 9004 + DO cRIO 9472

#### LabVIEW-VI auf Target:

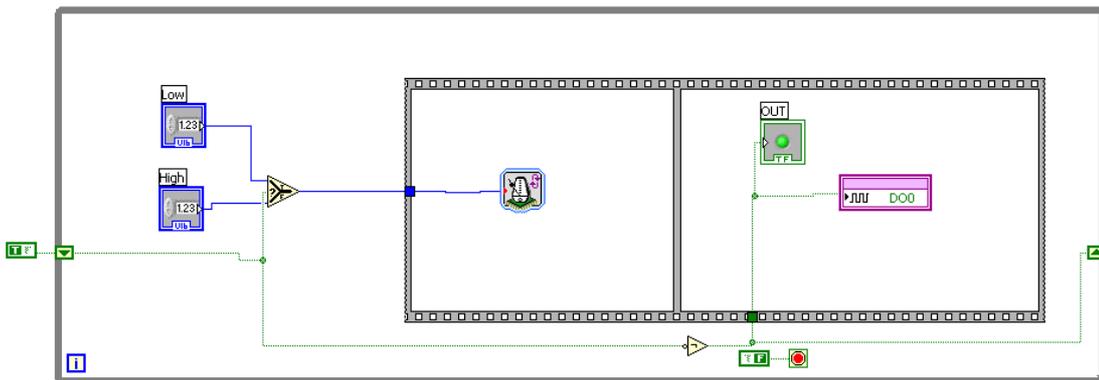


Abb. 33: Target-VI-Blockdiagramm mit einstellbarem Tastverhältnis und Ausgabe auf DO NI cRIO 9472

#### Messplots mit Tektronix 7254 Phosphor Oszilloskop:

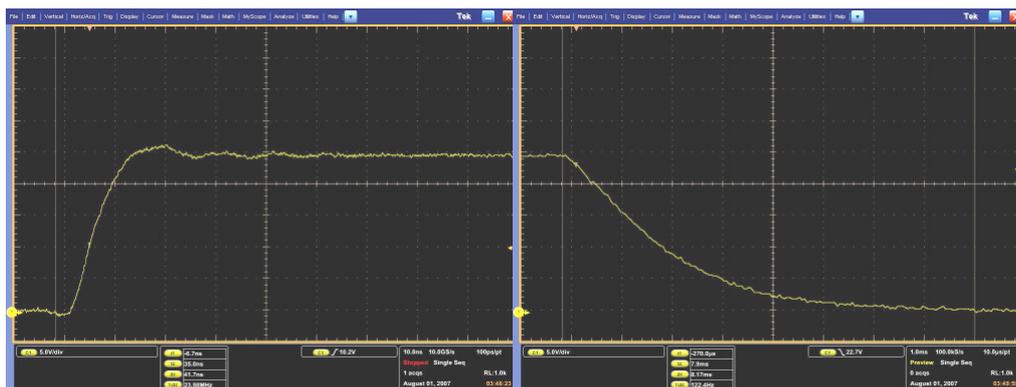


Abb. 34: 16ms Periodendauer (62,5Hz); pos. u. neg. Flanke; direkt mit TK (10Mohm) an Klemmstelle



Abb. 35: 16ms Periodendauer (62,5Hz); pos. u. neg. Flanke; mit TK an 909Ω gemessen



Abb. 36: 16ms Periodendauer (62,5Hz) links und 0,2ms Periodendauer (5kHz) rechts gesamter Signalverlauf

### Problematik:

Mit Steigender Schaltfrequenz verändert sich das Verhältnis der High- zu Low-Time des Signals. Um diesen Vorgang zu verdeutlichen ist eine Messreihe von 1Hz bis 1kHz aufgenommen worden. Der Versatz des Taktverhältnisses ist auf die 100µs Full-Load-Verzögerungszeit des digitalen Ausgangsmoduls zurückzuführen. Dabei zeigte sich in der anschließenden Verhältnisrechnung von vorgegebener zu gemessener Low-Time folgender Verlauf:

Hz	Low-Time (ms)	Low-Time (ms) gemessen	Differenz (ms)	Verhältnis
1	500	498	2	0,996
10	50	49,8	0,2	0,996
20	25	24,9	0,1	0,996
30	17	16,9	0,1	0,994
40	13	12,9	0,1	0,992
50	10	9,95	0,05	0,995
62,5	8	7,98	0,02	0,998
100	5	4,98	0,02	0,996
150	3	2,96	0,04	0,987
200	2,5	2,46	0,04	0,984
300	1,667	1,635	0,032	0,981
400	1,25	1,215	0,035	0,972
500	1	0,965	0,035	0,965
600	0,833	0,802	0,031	0,963
1000	0,5	0,468	0,032	0,936

Tab. 4: Messwertetabelle Verhältnis High- zu Low-Time NI DO Modul cRIO 9472

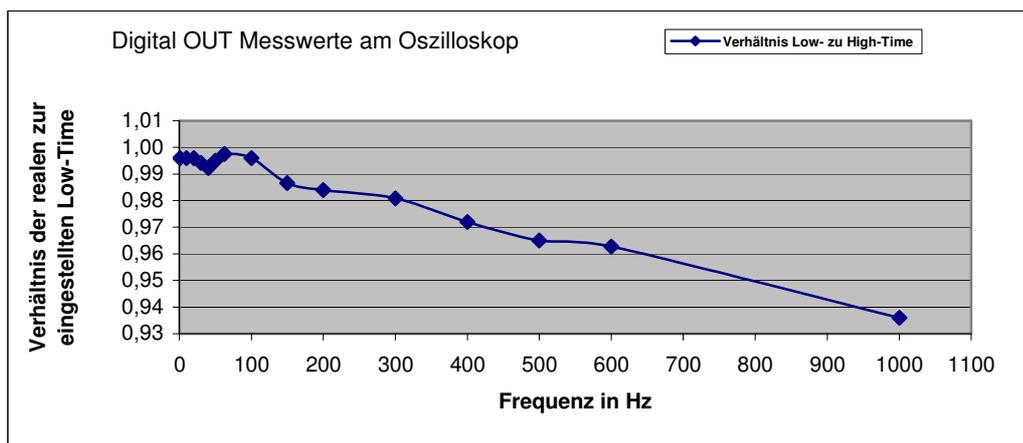


Abb. 37: Diagramm Verhältnis Low-Time real zu eingestellt aufgetragen über die Frequenz 1-1000Hz

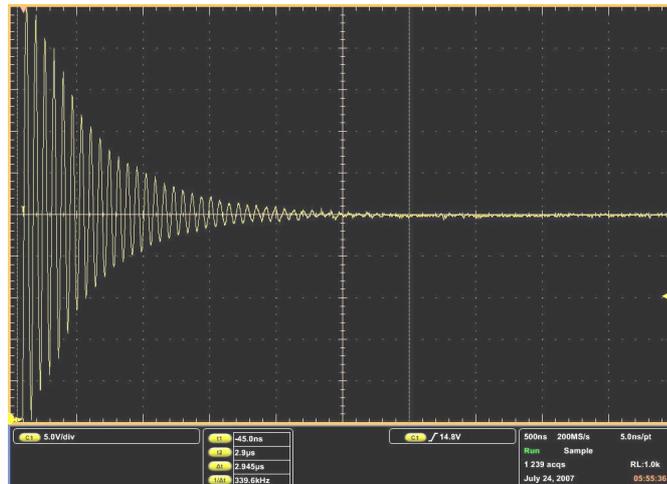
**Auffällig:**

Abb. 38: 16ms Periodendauer (62,5Hz); pos. Flanke, geschirmte Leitung an 470Ω gemessen

Bei Messungen mit einer geschirmten BNC-Leitung, sowie anderen Messleitungen zeigte sich ein starkes Überschwingverhalten der positiven Flanke. Für das starke Überschwingen gibt es noch keine eindeutige Erklärung. Masseschleifen, bzw. falscher Messaufbau sind auszuschließen. Es ist darauf geachtet worden, dass die Messleitungen geschirmt und nicht defekt sind. Ebenso ist eine feste Verbindung über BNC-Buchsen vorgenommen worden. Weder von Seiten des Herstellers, noch aus den Datenblättern ist zu entnehmen, wodurch dieses Überschwingen auftritt. Nur bei der Messung mit einem Tastkopf (Tek P6139A; 8pF; 10MΩ; 10x) entspricht der Flankenverlauf den Hersteller Vorgaben von National Instruments, welche ihrerseits die Messung ebenfalls nur mit einem Tastkopf nachvollzogen haben. Auch der Test mit einem Austauschmodul zeigte kein anderes Verhalten, somit ist auch ein Defekt auszuschließen. Dies lässt die Vermutung zu, dass die digitalen Ausgänge bei Belastung eine gewisse kapazitive Last benötigen. An den fallenden Flanken zeigte sich, wie auch später beim WAGO-I/O-System, ein Tiefpassverhalten, was durch Beschaltung mit einem niederohmigen Widerstand verringert wird.

Es ist darauf zu achten, dass der genutzte Lastwiderstand den vom Ausgang gelieferten Strom von bis zu 750 mA zerstörungsfrei leiten kann.

## 8.1.2 Messergebnisse Zeitmessung cRIO 9004 von NI DI Modul cRIO 9421

### Messgeräte:

- DPO 7254 Phosphor Oszilloskop von Tektronix
- Frequenzgenerator HP 33120A 15MHz (eingestelltes Signal TTL (Rechteck), 5V, 2,5V Offset, Tastverhältnis 50%, verschiedene Frequenzen)
- LabVIEW Programm für Target und Host selberstellt
- cRIO 9004 + DI cRIO 9421

### LabVIEW-VI auf Host:

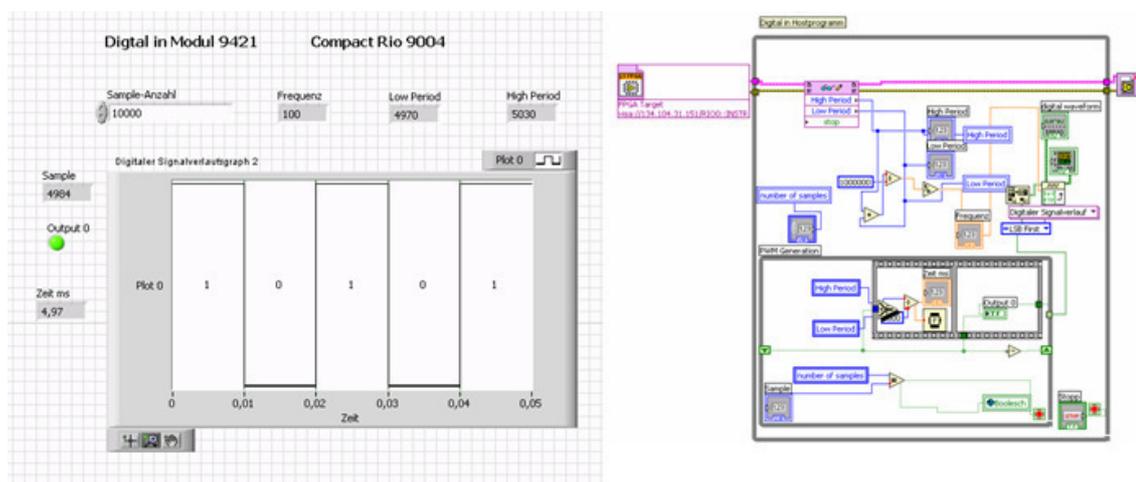


Abb. 39: Frontpanel (links) und Blockdiagramm (rechts) zur Darstellung des Digitalsignals (Host-Programm)

### LabVIEW-VI auf Target:

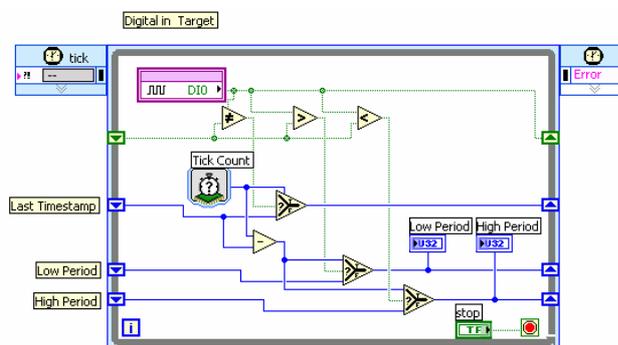


Abb. 40: Blockdiagramm zur Darstellung des Digitalsignals (Target-Programm)

Bei den digitalen Eingangsmodulen zeigte sich ebenfalls ein Versatz zwischen vorgegebenen zu gemessenen Low-Time. Eine Messreihe von 1Hz bis 1kHz zeigt den Verlauf:

Hz	Low-Time (ms)	Low-Time (ms) gemessen	Differenz (ms)	Verhältnis
1	500,0	499,873	0,077	0,9998
10	50,0	49,969	0,030	0,9994
50	10,0	9,97	0,030	0,9970
62,5	8,0	7,97	0,030	0,9963
100	5,0	4,97	0,030	0,9940
150	3,3	3,303	0,031	0,9909
200	2,5	2,47	0,030	0,9880
300	1,66	1,636	0,022	0,9870
400	1,25	1,22	0,030	0,9760
500	1,00	0,97	0,031	0,9695
600	0,83	0,803	0,031	0,9634
700	0,71	0,684	0,031	0,9573
800	0,63	0,594	0,031	0,9504
900	0,56	0,525	0,030	0,9459
1000	0,50	0,47	0,030	0,9400

Tab. 5: Messwertetabelle Verhältnis High- zu Low-Time NI DI Modul cRIO 9421

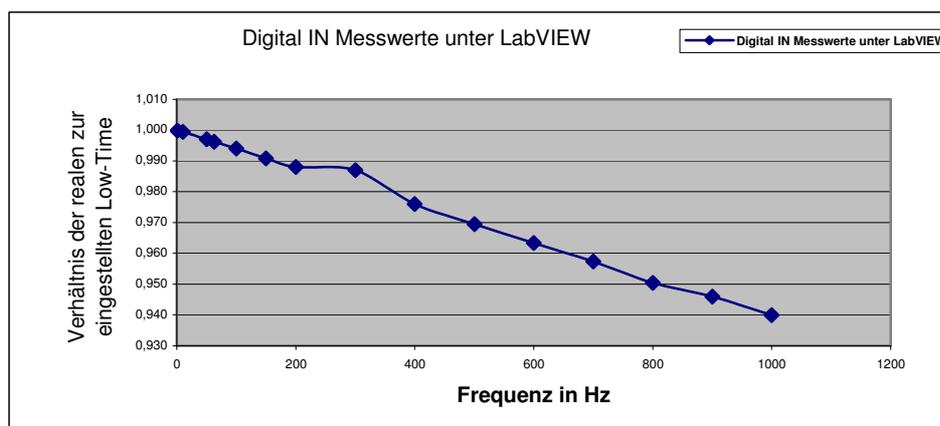


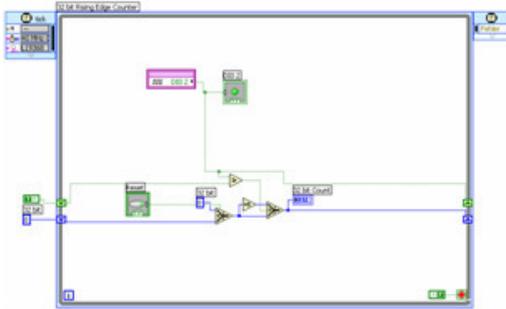
Abb. 41: Verhältnis Low-Time real zu eingestellt aufgetragen über die Frequenz 1-1000Hz

### 8.1.3 Gegentaktpuls-Messung mit NI cRIO 9411 und Darstellung der Frequenz

#### Messgeräte:

- cRIO 9004 + DI cRIO 9411
- Frequenzzähler HP 5384A
- 

#### LabVIEW-VI auf Target:



#### LabVIEW-VI auf Host:

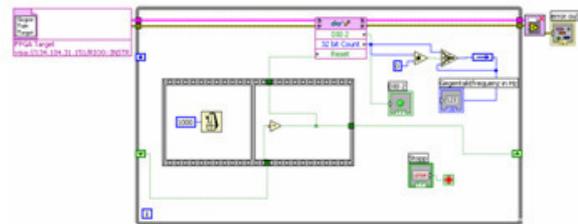


Abb. 42: 32-Bit-Zähler Target-Programm (links) und Host-Programm zum Messen der Gegentaktfrequenz (rechts)

Gegentaktfrequenz in Hz  
5505491



Abb. 43: Ausgabe der Gegentaktfrequenz im Host-Programm Frontpanel (links); Parallel zur LabVIEW – Messung angeschlossener Frequenzzähler (rechts)

Es stellte sich heraus, dass Gegentaktsignale über die vom Hersteller angegebene maximale Frequenz von 5 MHz hinaus dargestellt werden können.

## 8.2 Inbetriebnahme und Zeitmessungen WAGO-I/O-System 750

### Messgeräte:

- DPO 7254 Phosphor Oszilloskop von Tektronix
- Frequenzgenerator HP 33120A 15MHz (eingestelltes Signal TTL (Rechteck), 5V, 2,5V Offset, Tastverhältnis 50%, verschiedene Frequenzen)
- LabVIEW Programm zur Erzeugung eines Rechtecksignals
- Digitale Eingangsklemme 750-400
- Digitale Ausgangsklemme 750-501

### 8.2.1 Messplot mit Tektronix 7254 Phosphor Oszilloskop

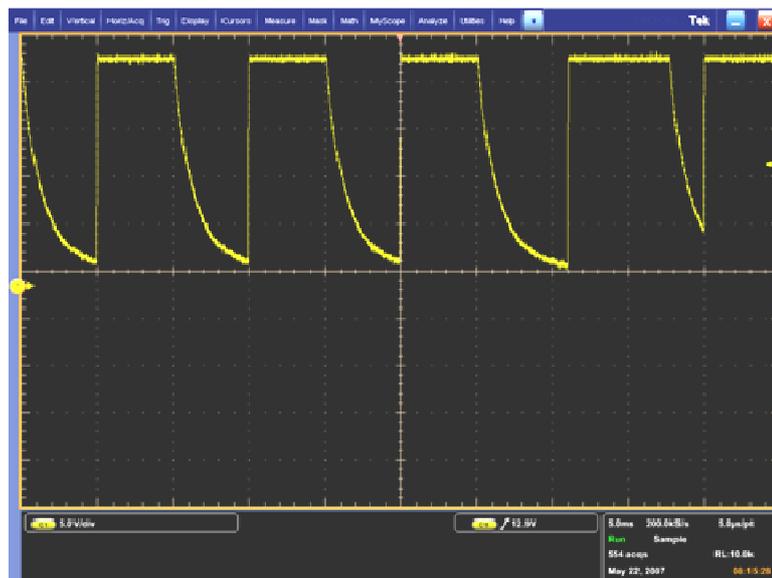


Abb. 44: 10ms Periodendauer; DO 750-501; Stimulus wird in LabVIEW-Programm erzeugt

Ab einer Periodendauer von 10ms (1kHz) stellt sich ein starker Jitter des Signals ein und ist deutlich auf dem Oszilloskop zu erkennen. Die langsam fallende Flanke des Signals liegt am Tiefpassverhalten der digitalen Ausgangsklemme und dem 10Mohm Abschluss durch das Oszilloskop. Um evtl. Messfehler, Einschränkungen durch das Betriebssystem des PC's, sowie Zeitverluste auf der Ethernet-Strecke zwischen PC und Messdatenerfassungssystem auszuschließen, sind die Messungen mit LabVIEW wiederholt worden.

## 8.2.2 LabVIEW Messplots

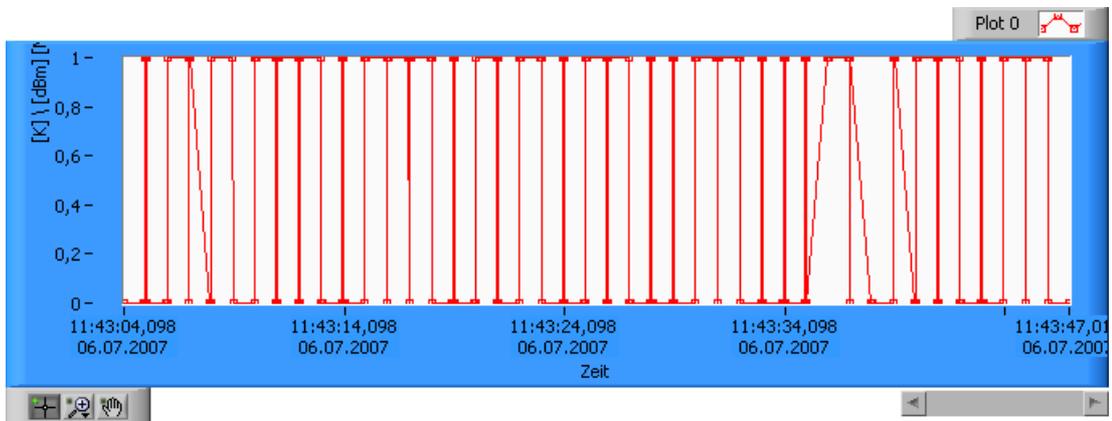


Abb. 45: WAGO-Klemmen mit 5 ms abgetastet; DI 750-400

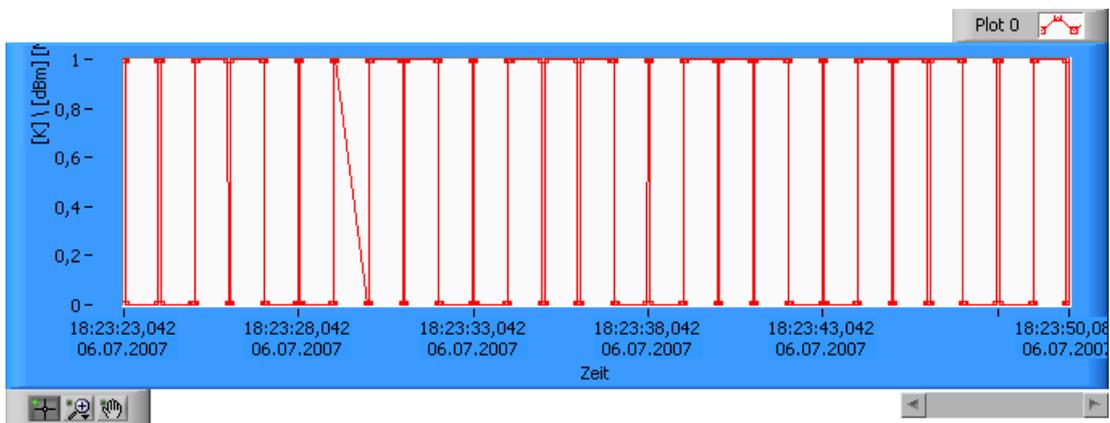


Abb. 46: WAGO-Klemmen mit 10 ms abgetastet; DI 750-400

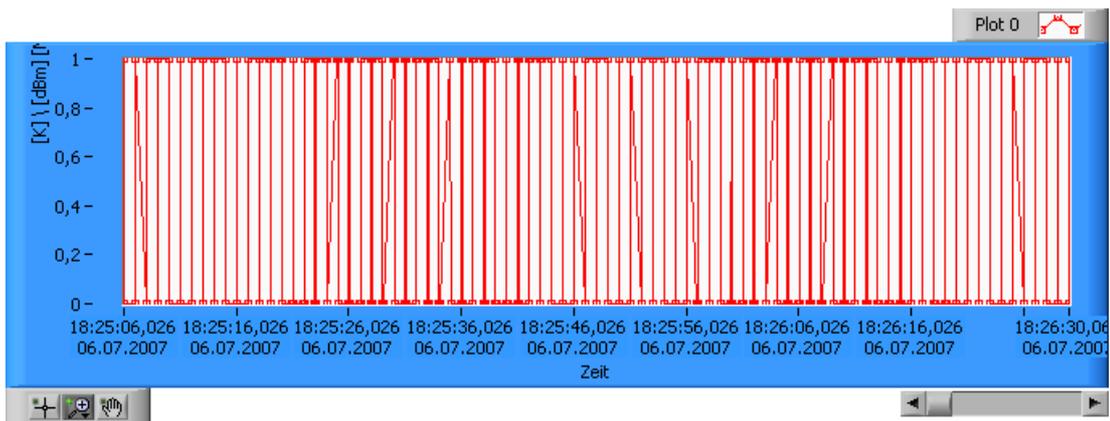


Abb. 47: WAGO-Klemmen mit 50 ms abgetastet; DI 750-400

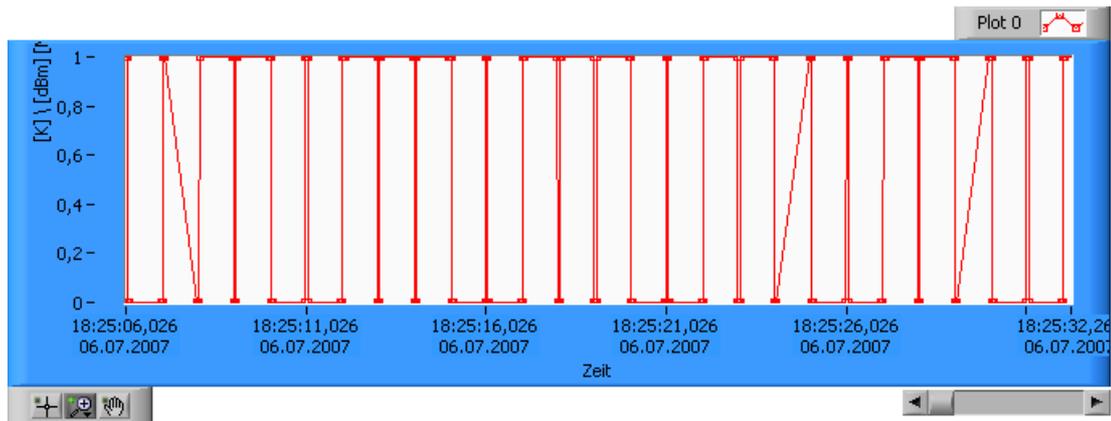


Abb. 48: WAGO-Klemmen mit 500 ms abgetastet; DI 750-400

Der schon zuvor mit dem Oszilloskop festgestellte Jitter ist auch auf den LabVIEW-Messplots zu erkennen. Ebenso zeigte ein anschließend mit CoDeSys geschriebenes Programm, welches auf dem Controller nach dem Übersetzen arbeitet, auf dem Oszilloskop gleiches Verhalten des WAGO-I/O-Systems.

Ursachen hierfür sind unter anderem die Zeiten des Modbus-Protokolls von 2 ms, sowie die Verarbeitungszeit des K-Bus mit ebenfalls 2ms. Laut Aussage des Herstellers ist kein Jitter-freier Betrieb der Klemmen möglich. Das Tiefpassverhalten der fallenden Flanke kann wie bereits erwähnt durch Beschaltung mit einem niederohmigen Lastwiderstand deutlich verringert werden. Es ist zu beachten, dass die Ausgangsklemme einen Strom von 500 mA liefern kann, was bei Leistungsanpassung mit 50 Ohm Abschluss (Einstellung im Oszilloskop-Menü) am Oszilloskopeingang zur Schutzabschaltung führt. Um Schäden an den Messgeräten zu vermeiden sollte über einen Messwiderstand, welcher die höhere Leistung von bis zu 12 Watt zerstörungsfrei umsetzen kann, das Signal abgegriffen werden.

## 8.3 Störstrahlungsverhalten beider Systeme

### 8.3.1 Erster Prüfling: WAGO-I/O-System mit Controller 750-841

#### Messaufbau:

- Absorberraum ca. 6\*4 Meter
- Nahfeldsonde; Rohde&Schwarz; Tastantenne; 1GHz; 204.1010.02
- Logarithmisch-Periodische Antenne; AARONIA AG; HyperLog30xx; Seriennr.012; 380MHz-18GHz
- MITEQ; +15V; JS2 00100200; 15-10A Verstärker
- MITEQ; +15V; Js2 00100800; 15-0A Verstärker
- Rohde&Schwarz; 9kHz-30GHz; FSP; 1023.4495.30
- Sohner Sukoflex 100 Messleitung; 1Meter Antenne-Verstärker
- N-Kabel Hersteller unbekannt; 10 Meter Verstärker-Analyzer

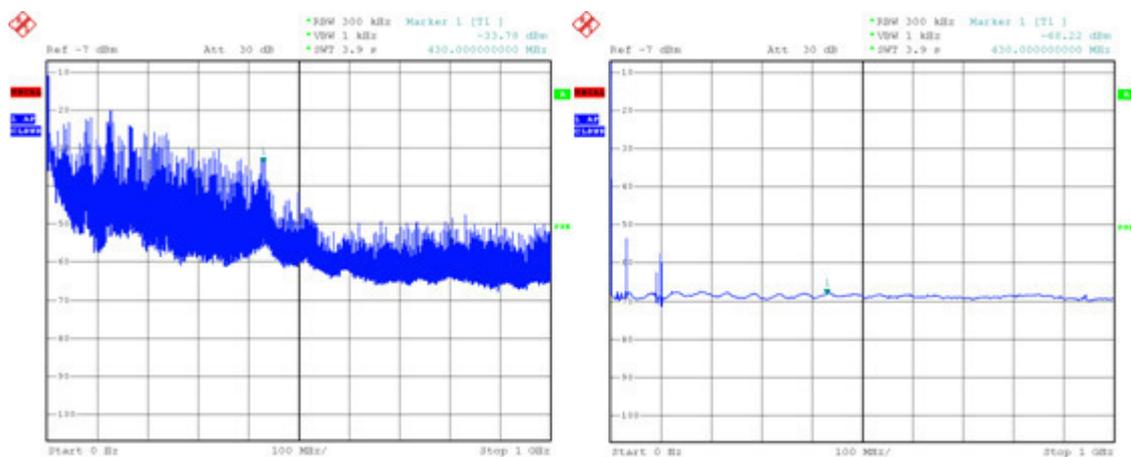


Abb. 49: Nahfeldmessung; 0-1GHz; Prüfling eingeschaltet (links) und 0-1GHz; Prüfling ausgeschaltet (rechts)

Im Bereich des Nahfeldes zeigt sich im Frequenzbereich von 0Hz-1GHz ein deutliches Störstrahlungsverhalten. Der Messkopf der Nahfeldsonde befand sich zum Messzeitpunkt direkt auf dem Controller nahe dem RJ45-Anschluss.

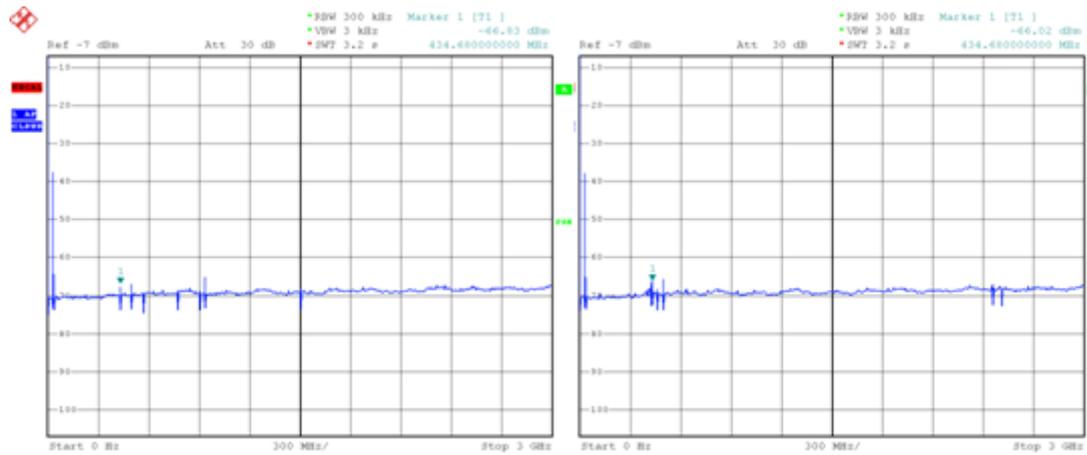


Abb. 50: Fernfeldmessung mit Log.-Period. Antenne; Messabstand 1,5m; 0-3GHz; Prüfling eingeschaltet (links) und 0-3GHz; Prüfling ausgeschaltet (rechts)

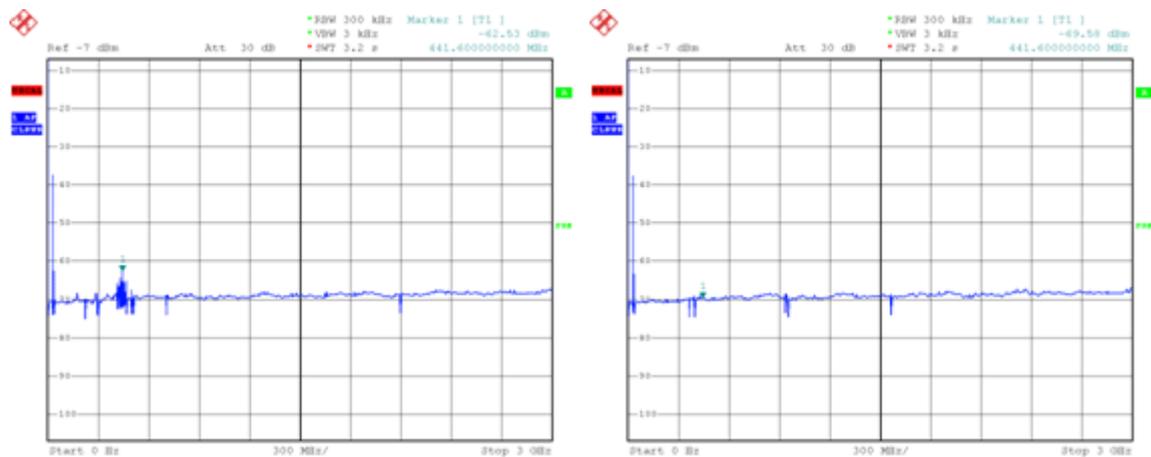


Abb. 51: Fernfeldmessung mit Log.-Period. Antenne; Messabstand 1,5m; 0-3GHz; Prüfling eingeschaltet; Polarisation 90° (links) und 0-3GHz; Prüfling ausgeschaltet; Polarisation 90° (rechts)

### 8.3.2 Zweiter Prüfling: National Instruments CompactRIO mit Controller 9004

#### Messaufbau:

- Absorberraum ca. 6\*4 Meter
- Nahfeldsonde; Rohde&Schwarz; Tastantenne; 1GHz; 204.1010.02
- Logarithmisch-Periodische Antenne; AARONIA AG; HyperLog30xx; Seriennr.012; 380MHz-18GHz
- MITEQ; +15V; JS2 00100200; 15-10A Verstärker
- MITEQ; +15V; Js2 00100800; 15-0A Verstärker
- Rohde&Schwarz; 9kHz-30GHz; FSP; 1023.4495.30
- Sohner Sukoflex 100 Messleitung; 1Meter Antenne-Verstärker
- N-Kabel Hersteller unbekannt; 10 Meter Verstärker-Analyzer

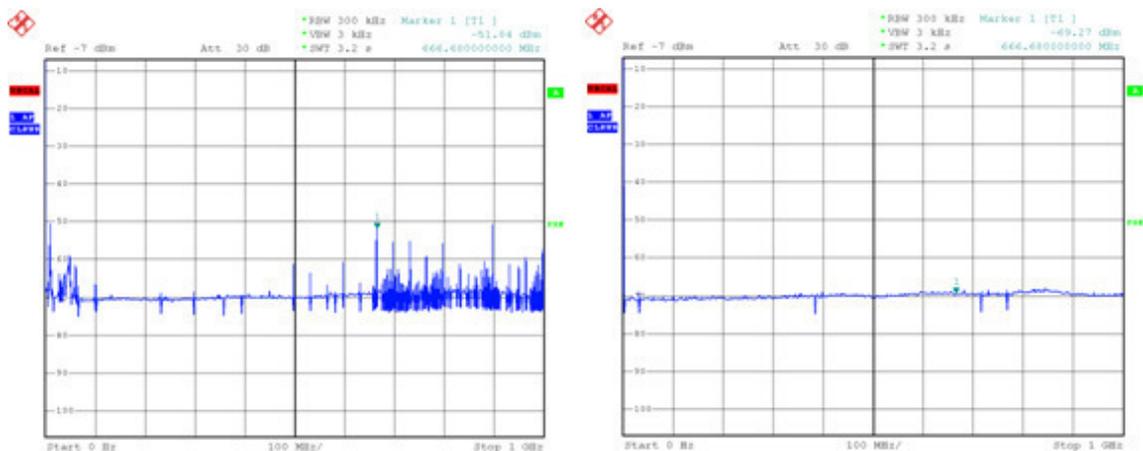


Abb. 52: Nahfeldmessung; 0-1GHz; Prüfling eingeschaltet (links) und 0-1GHz; Prüfling ausgeschaltet (rechts)

Auch das CompactRIO-System von National Instruments zeigt Störstrahlung im Frequenzbereich von 650Hz-1GHz. Allerdings deutlich schwächer als beim WAGO-I/O-System.

Der Messkopf der Nahfeldsonde befand sich auch hier in direkter Nähe des Ethernet-Anschluss am Controller. Weitere Messungen ergaben folgende Messergebnisse:

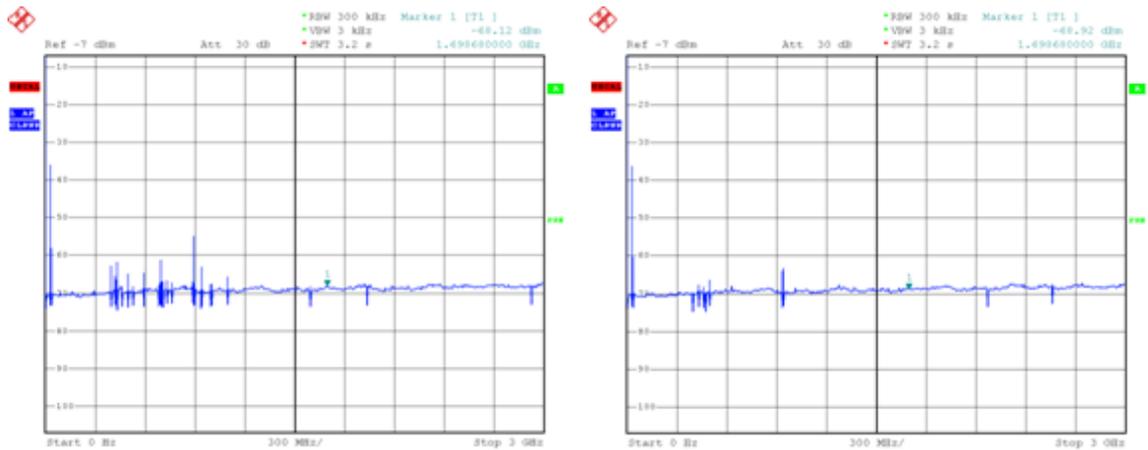


Abb. 53: Fernfeldmessung mit Log.-Period. Antenne; Messabstand 1,5m; 0-3GHz; Prüfling eingeschaltet (links) und 0-3GHz; Prüfling ausgeschaltet (rechts)

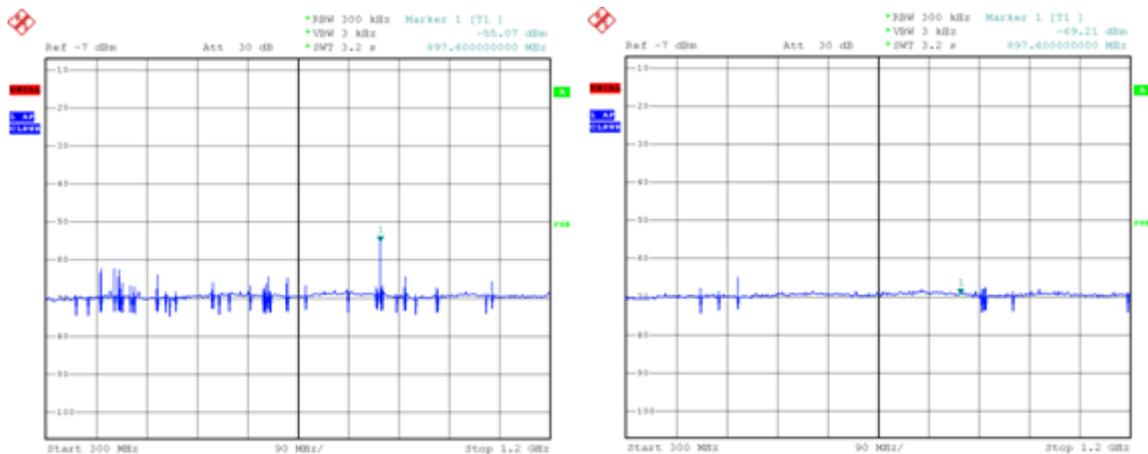


Abb. 54: Fernfeldmessung mit Log.-Period. Antenne; Messabstand 1,5m; 0,3-1,2GHz; Prüfling eingeschaltet (links) und 0,3-1,2GHz; Prüfling ausgeschaltet (rechts)

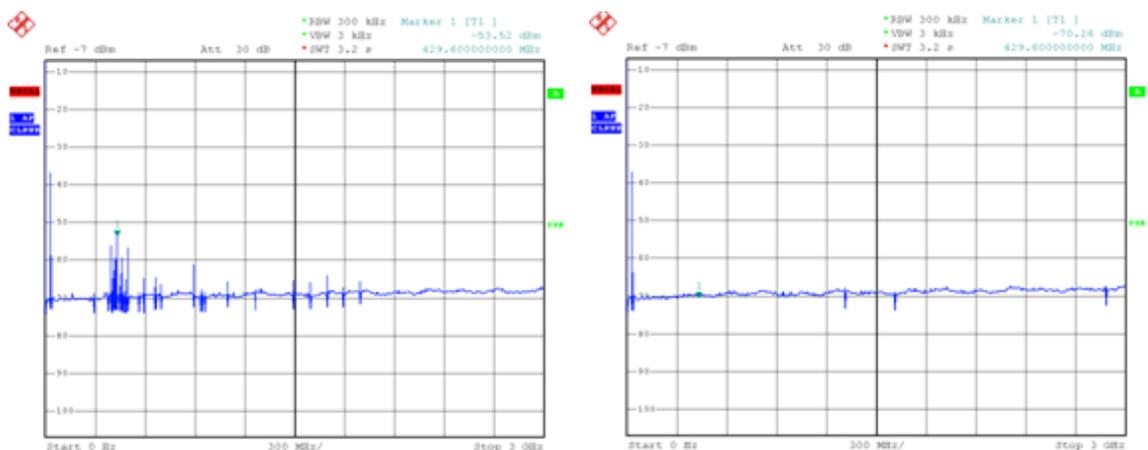


Abb. 55: Fernfeldmessung mit Log.-Period. Antenne; Messabstand 1,5m; 0-3GHz; Prüfling eingeschaltet; Polarisation 90° (links) und 0-3GHz; Prüfling ausgeschaltet; Polarisation 90°(rechts)

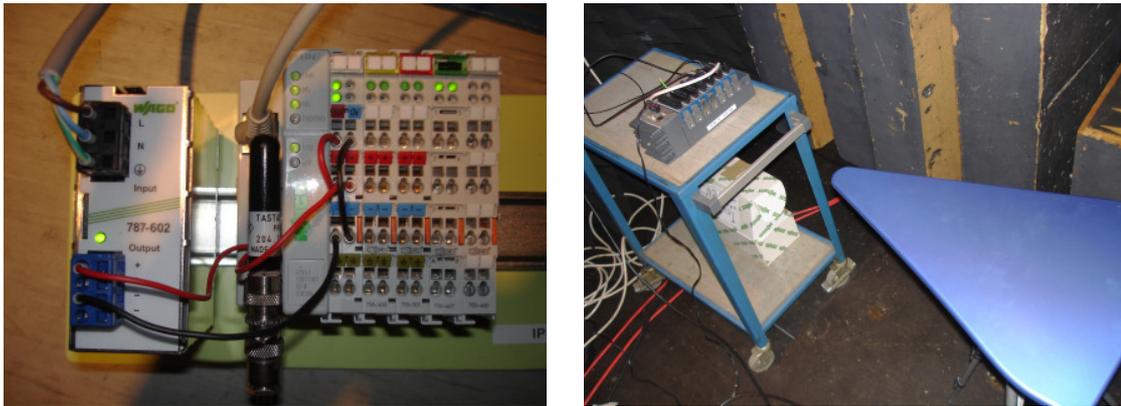


Abb. 56: Nahfeldmessung WAGO-I/O-System (links) realer Messabstand; Fernfeldmessung am Beispiel cRIO mit Log.-Period.-Antenne (Bild nur zur Dokumentation, kein realer Messabstand)

Allen EMV-Messungen liegt folgender Messaufbau zugrunde:

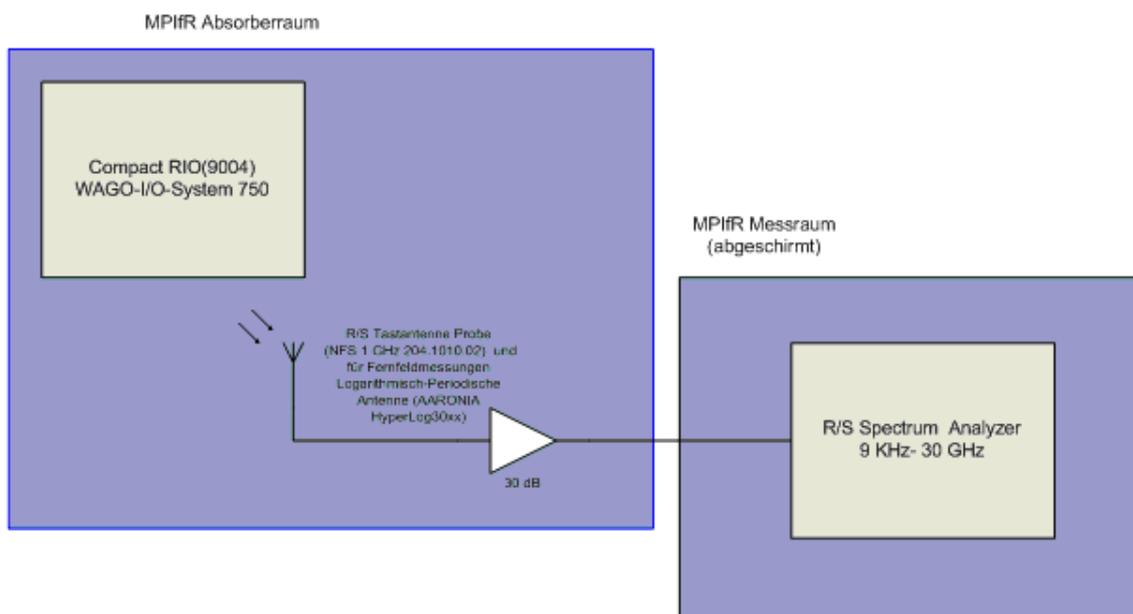


Abb. 57: Messaufbau EMV-Messungen mit cRIO und WAGO-I/O-System

### 8.3.3 Fazit der Messungen

Für die Darstellung und das Messen von dynamischen Signalen, wie z.B. Gegentaktpulse, lagen die Vorteile auf Seiten des CompactRIO-Systems. Allerdings kam es während der Testphase häufig zu Kommunikationsunterbrechungen zwischen dem Host- und Target-Programm. Nur durch das Abschalten der Spannungsversorgung des Real-Time-Systems und der dadurch erzwungene Neustart stellte den gewünschten Betrieb wieder her. Die Problematik ist bei National Instruments bekannt und die Chipsätze des Systems 9004 werden in der Produktion bereits getauscht. Sollte das System in Zukunft Einsatz finden empfiehlt es sich anstatt des Controllers vom Typ 9004 mit 200 MHz den Typ 9012 zu verwenden, welcher sich durch eine doppelt so hohe Taktgeschwindigkeit von 400 MHz auszeichnet. Allerdings verfügt dieser über einen kleineren Compact-Flash-Speicher von 128 MB, hingegen der des Typs 9004 über 512 MB. Die Kompaktheit der I/O – Module von National Instruments macht es möglich mehrere Messstellen gleichzeitig auf kleinstem Raum anzuschließen. Nimmt man z.B. eine analoge Eingangsklemme von WAGO, so hat man maximal 2 Anschlusskanäle, wo hingegen das Analogmodul von National Instruments 32 nutzbare Kanäle betreibt. Ebenso bei den Digitalen Ein- bzw. Ausgängen, welche bei WAGO mit maximal 8 Kanälen in der neuesten Serie ausgestattet sind. National Instruments liefern ihre Digitalmodule mit standardmäßig 9 Kanälen aus, welche auch die höhere Schaltfrequenz von bis zu 5 MHz, im Gegensatz zur Hardware der Firma WAGO mit 5 kHz, besitzen. Für das reine Verarbeiten von physikalischen Messdaten ist das WAGO-I/O-System ausreichend. Hinsichtlich des Kostenfaktors ist zu berücksichtigen, dass mit einem CompactRIO-System auch Software-Lizenzen für LabVIEW verbunden sind. Dies gewährleistet allerdings einen Support durch National Instruments für Hard- und Software, sowie regelmäßige Updates. Für das bereits angeschaffte WAGO-I/O-System werden keine zusätzlichen Lizenzen benötigt. Die Programmierung kann mit LabVIEW Version 8.2.1 durchgeführt werden.

Das CompactRIO-System zeigte insbesondere im Frequenzbereich bis 1GHz ein geringeres Störstrahlungsverhalten als das von WAGO. Für den Einsatz des I/O-Systems müssen geeignete Abschirmungsmaßnahmen getroffen werden (*siehe Abschnitt 9.1.1*).

## 9 EMAP-Messdatenerfassungssystem für Effelsberg

Mit dem schon vorhandenen WAGO-I/O-System 750 sollte im Rahmen der Diplomarbeit ein Messdatenerfassungssystem aufgebaut und programmiert werden. EMAP steht für Effelsberg – Measuring – And – Processing (Effelsberg Messen und Verarbeiten). Dies ist der selbst gewählte Name für das in der Arbeit aufgebaute Messdatensystem. Neben den Programmierarbeiten mit LabVIEW musste ein Entwurf für ein EMV-Gehäuse sowohl für den Media Converter, als auch für das WAGO-System erstellt und in Effelsberg angefertigt werden. Für die Endmontage und Unterbringung des gesamten Systems in der Primärfokuskabine des Radioteleskops ist ein HF-dichter EMV-19-Zoll-Einschub auszuwählen gewesen, der den Stabilitätsanforderungen entspricht, sowie vom Aufbau her einen weiteren, ausreichenden und den Umständen entsprechenden EMV-Schutz bietet. Bei der gesamten Konstruktion war auf einen geringen Platzbedarf zu achten.

### 9.1 Hardware

#### 9.1.1 Fräsgehäuse für WAGO-I/O-System und Media Converter

Der Konstruktion eines EMV-dichten Gehäuses liegen die in Abschnitt 7.4.2 aufgeführten Anforderungen zu Grunde. Um den Einfluss durch Störstrahlung des WAGO-I/O-Systems und des Media Converters zu begrenzen wurde aus Aluminium-Vollmaterial das bereits erwähnte EMV-Gehäuse in einer CNC-Fräse angefertigt. Die Planung und Konstruktion der Fräskassette erfolgte zum Einen in AutoCAD als zweidimensionale Zeichnung. Zur Veranschaulichung sind die AutoCAD-Daten durch Autodesk-Inventor in ein dreidimensionales Modell übertragen worden. Das gesamte Gehäuse besteht aus fünf einzelnen Teilen:

- Deckel Converterbox
- Converterbox
- Gehäuse Oberteil WAGO-System
- Gehäuse Unterteil WAGO-System mit Verschraubungen
- Seitendeckel mit Sub-D-Konnektoren

Da beide Gerätschaften Störstrahlungsverhalten gezeigt haben sind sie in getrennten Gehäusen montiert. Zum Anschluss der Ethernetschnittstelle des WAGO-Controllers an den Media Converter ist eine RJ45-Durchführung im Gehäuseoberteil vorgesehen. Diese ist mit Silberleitkleber abgedichtet und arretiert worden.

Die Converterbox wird innerhalb des Gehäuseoberteils verschraubt. zur Abdichtung besitzt die Box zwei Fräsnuten auf jeder Seite. In den Nuten befindet sich eine EMV-Schnur bestehend aus einem Elastomer mit Silberpartikeln.

Auf der Oberseite des Gehäuse Oberteils ist eine 1mm tiefe Aussparung hineingefräst, um den Converter in liegender Position gegen horizontales Verrutschen zu sichern. Zwischen Converter und Boxdeckel beträgt der Abstand gerade soviel, dass er im geschlossenen Zustand kaum Spiel hat.

Bedingt durch eine maximale Frästiefe von 60mm des Schaftfräasers musste das WAGO-Gehäuse aus zwei Einheiten hergestellt werden. Ein Fräser mit einer größeren Eintauchtiefe hätte einen zu großen Radius besessen, was die Eckradien vergrößert und damit weniger Platz im Gehäuseinneren zur Verfügung gestellt hätte.

Für die Durchführung der Sub-D-Konnektoren ist auf der vorderen Längsseite des Gehäuseunterteils eine große Aussparung gefräst worden. Diese wird mit dem Seitendeckel verschlossen, auf welchem später die Sub-D-Konnektoren montiert werden. Die seitliche Aussparung enthält ebenfalls eine Fräsnut mit EMV-Dichtung zur Abdichtung des Seitendeckels mit dem Gehäuseunterteil. Die Konnektoren hätten auch direkt mit dem Gehäuseunterteil verschraubt werden können. Dies wäre bei der Herstellung des Unterteils zeitsparend gewesen, jedoch würde eine zukünftige Abänderung der Anzahl oder Lage der Konnektoren dazu führen, dass ein neues Unterteil gefräst werden müsste. So muss lediglich ein abgeänderter Seitendeckel hergestellt werden.

Die Converterbox, sowie Gehäuseober- und Unterteil enthalten seitlich separate Frästaschen in den Ecken. Die Frästaschen des Gehäuseunterteils und der Converterbox werden später für die Durchführung der Betriebsspannungen genutzt. Sie enthalten Bohrungen zur Montage von EMI-Filtern, Leuchtdioden und Klinksteckern.

Die Tasche des Gehäuseoberteils kann für zukünftige Modifizierungen oder Zufuhr von weiteren Spannungen genutzt werden. Sie wird vorerst nicht weiter verwendet.

Die Frontseite der Converterbox enthält eine Vertiefung mit Bohrungen zur Montage der LWL-Durchführungen.

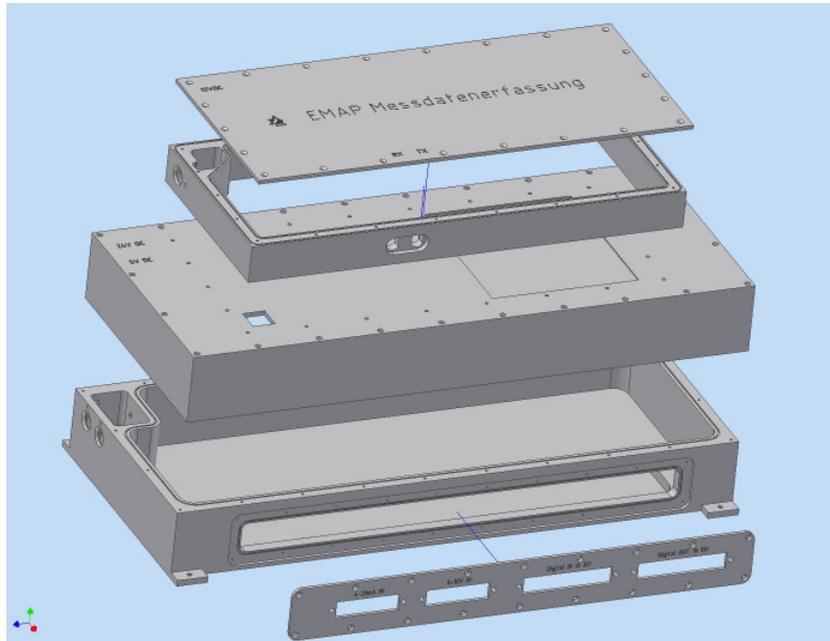


Abb. 58: AutoCAD Inventor Explosionszeichnung des gesamten Gehäuseentwurfs

Alle weiteren CAD-Zeichnungen mit Bemaßung und Details sind dem Anhang zu entnehmen.

### 9.1.2 EMV-19 Zoll Einschub

Auf dem Markt erhältliche HF-dichte-19-Zoll-Einschübe werden nach den Richtlinien des EMVG geprüft. Dabei decken die Messungen der Hersteller den Bereich bis 1GHz ab, was für die industriellen Zwecke ausreichend ist und den Anforderungen entspricht.

Der Unterschied von HF-dichten zu normalen 19-Zoll-Einschüben sind die zusätzlichen Abdichtungsmaßnahmen. Für den Einbau in der Primärfokuskabine ist für die Diplomarbeit ein Einschub der Firma Polyrack angeschafft worden. Der Typ MAGIC zeichnet sich durch ein robustes Gehäuse und gute Abdichtungsmaßnahmen aus. Zum Vergleich stand ein Einschub von MTS-Systemtechnik zur Wahl, welcher allerdings eine geringere Stabilität besaß und unter dem Preis-Leistungsverhältnis des von Polyrack angebotenen lag. Der Einschub ist sowohl als Schrankeinschub, als auch als Tischgehäuse einsetzbar.

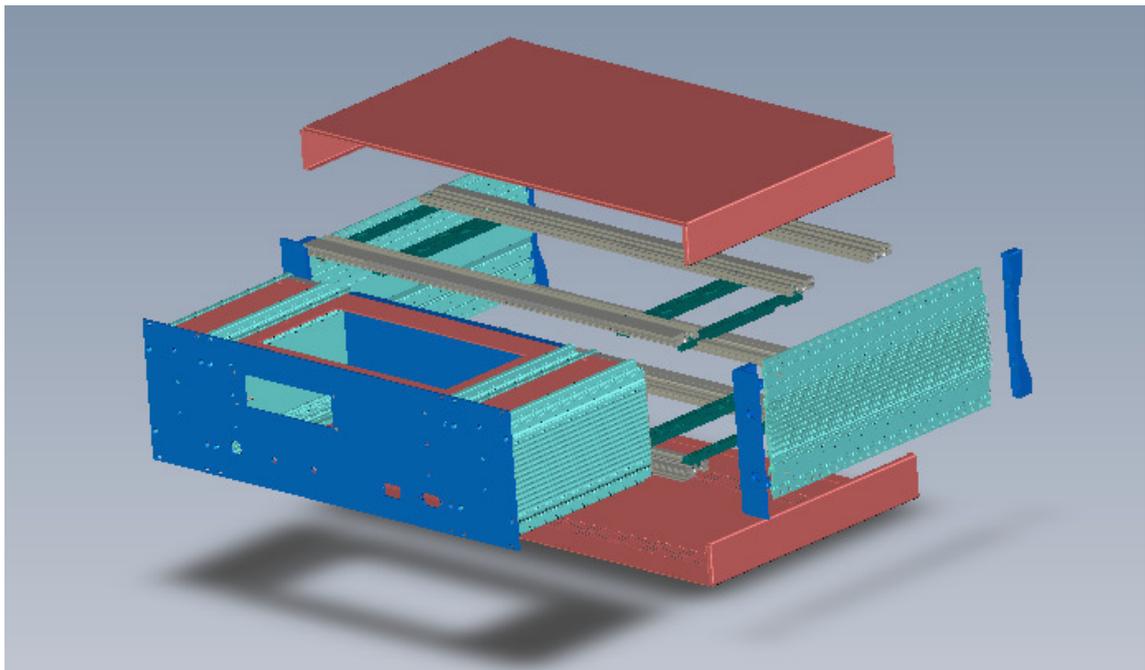


Abb. 59: eDrawings-Explosionszeichnung des Gehäusetyp Polyrack MAGIC; Frontplatte und Farben verschieden [ 9]

Die Front- und Rückplatte des Gehäuses MAGIC bestehen aus 2,5mm starkem, chromatiertem Aluminium mit Fräsnuten zum Anbringen von Schirmfedern aus Federstahl. Deckel- und Bodenblech sind aus 1,5mm starkem, eloxiertem Aluminium. Die Stützprofile, sowie die Seitenteile enthalten 3 mal 3mm Profilvergütungsblech und Dichtschnur bestehend aus Elastomeren mit leitenden Partikeln. Es wird das Seitenwandprofil zu Deck- und Bodenblech, Front- und Rückprofil zu Deck- und Bodenblech, sowie Abschlussblende zu Seitenwandprofil über die Dichtungen kontaktiert. Alle Bestandteile des Einschubes sind so leitend miteinander verbunden wie in *Abschnitt 7.4.2* gefordert.

### 9.1.3 Endmontage und Inbetriebnahme von EMAP

Im folgenden Abschnitt wird die Endmontage und abschließende EMV-Messung beschrieben. Zunächst sind die Komponenten des WAGO-I/O-System auf einer Hutschiene befestigt, anschließend in das Fräsgehäuse-Unterteil montiert und die Spannungsversorgungen angeschlossen worden.

Die Bestückung des Feldknotens ist wie folgt gewählt:

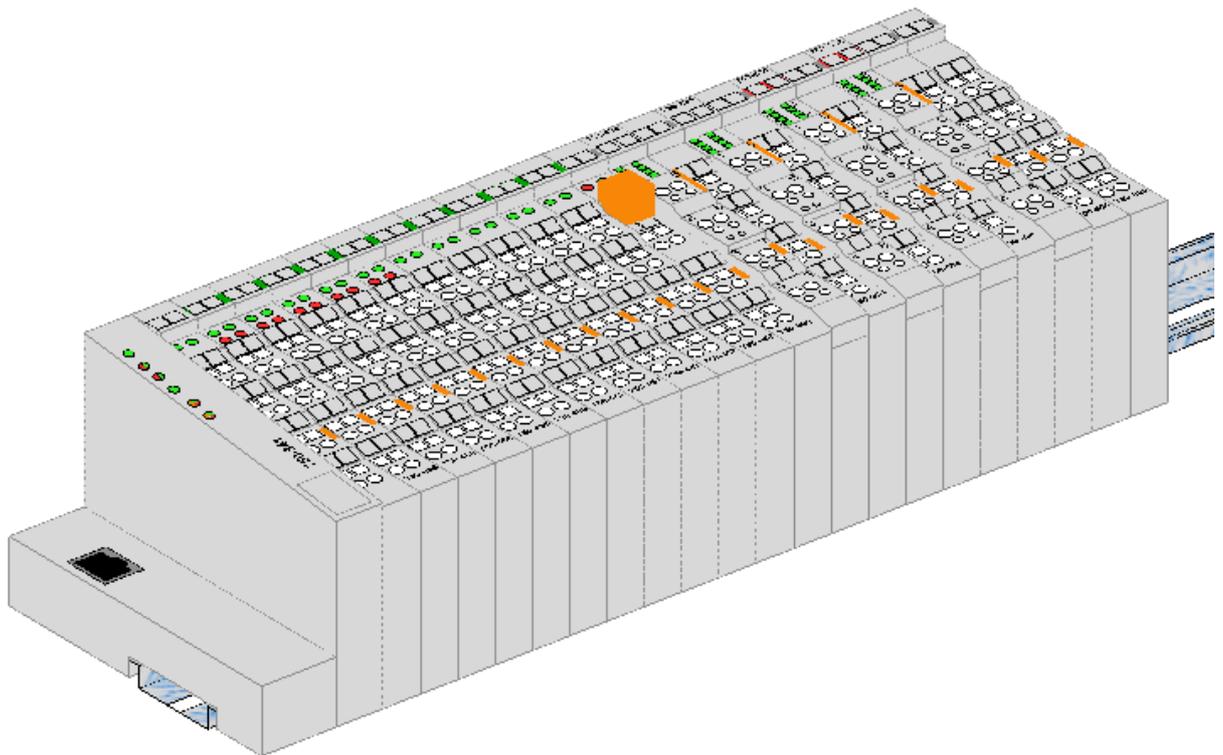
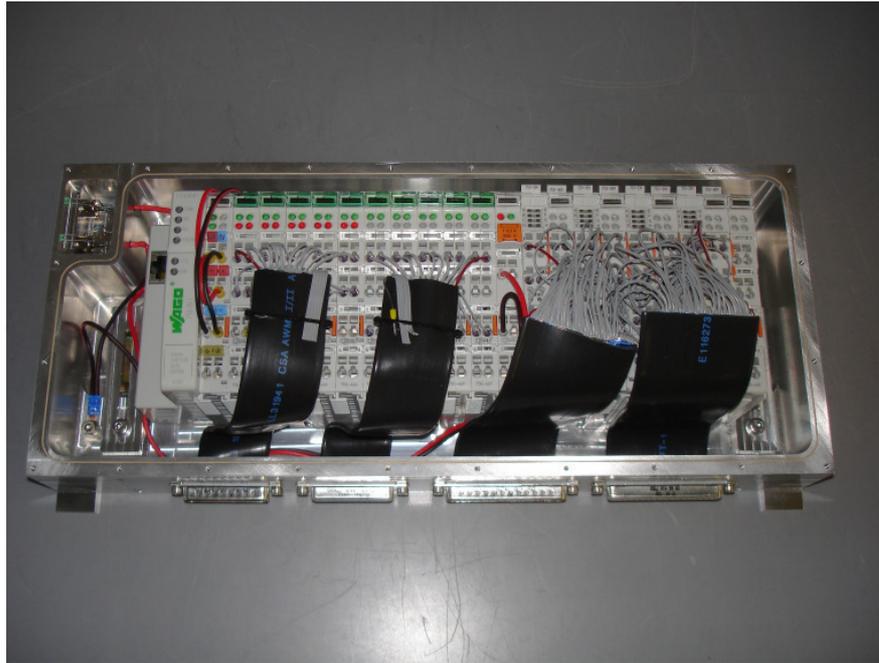


Abb. 60: Wago-ProServe 3D Ansicht der Bestückung des Feldknotens für EMAP

Links außen befindet sich der programmierbare Controller 750-841. Es folgen fünf 2-Kanal-Eingangsklemmen Typ 750-466 4-20mA, fünf 2-Kanal-Eingangsklemmen Typ 750-467 0-10V, eine Potentialeinspeiseklemme 24V DC, zwei 8-fach digitale Eingangsklemmen Typ 753-434 und zwei 8-fach digitale Ausgangsklemmen Typ 753-534 mit jeweils anschließender 8-fach Potentialvervielfacher-Klemme Typ 753-604.



*Abb. 61: Gehäuseunterteil-Endmontage*

Zur Verbindung der geschirmten Sub-D-Konnektoren mit den WAGO-I/O-Klemmen ist geschirmtes Flachbandkabel verwendet worden. Die Konnektoren besitzen Schneidklemmen auf der Anschlussseite. Das Flachkabel wurde mit den Steckern verpresst. Die Schirmfolie ist innerhalb des Kabels mit zwei nicht-isolierten Leitern kontaktiert. Diese Leiter sind einseitig zusammen auf die gemeinsame Gehäusemasse angeschlossen worden.

Die Filterung der Spannungsdurchführungen erfolgt durch Einschraub-PI-Filter. Die Zuführungsleitungen sind innerhalb des Gehäuseunterteils mit den Filtern verlötet und durch Schrumpfschlauch isoliert. WAGO schreibt bei Einbau des I/O-Systems in ein Gehäuse einen Wandabstand von 12mm vor. Der minimale Gehäuseabstand beträgt bei der Endmontage hier 20mm, womit der vorgeschriebene Abstand eingehalten worden ist.

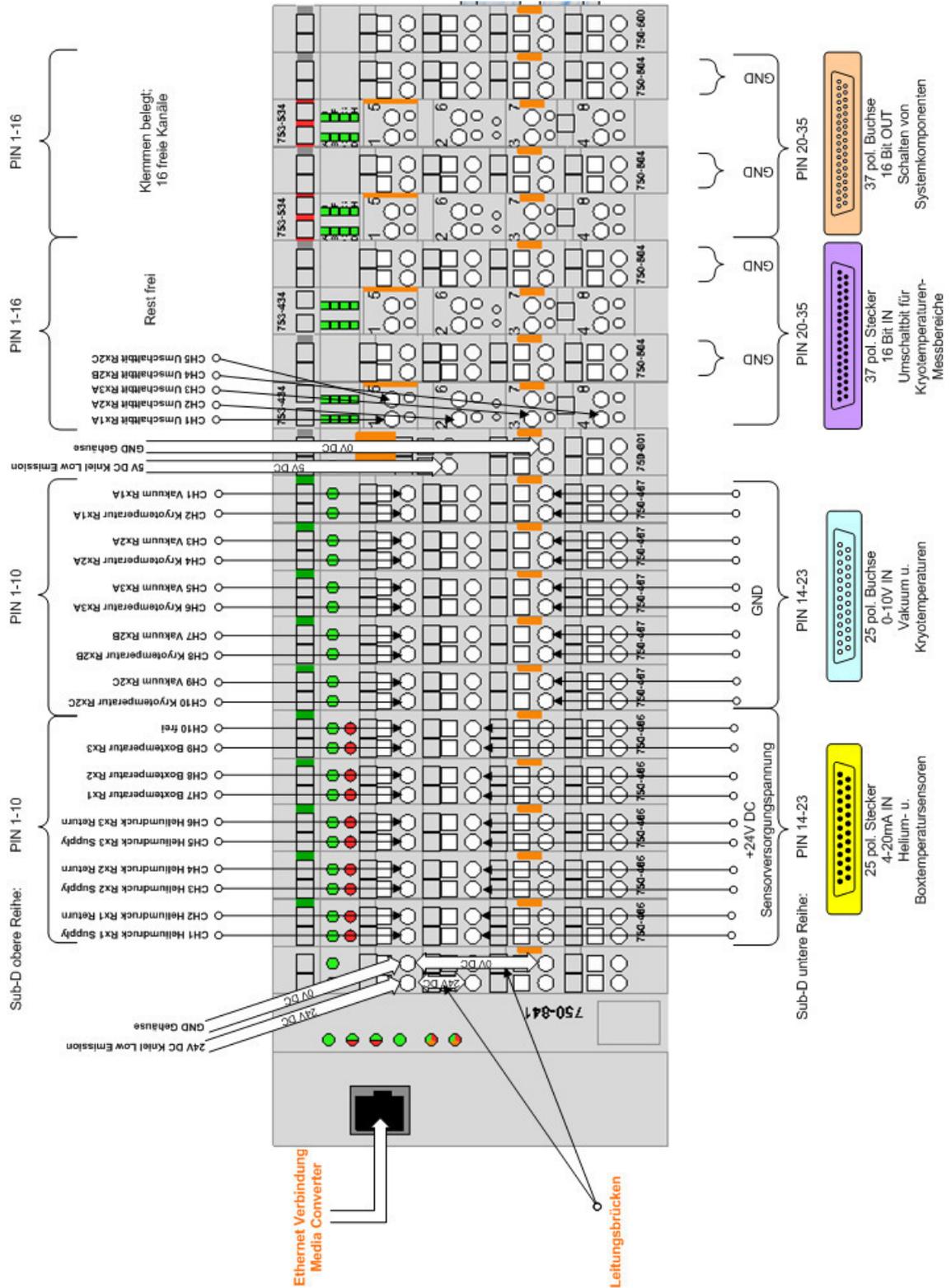


Abb. 62: Klemmenbelegungsplan der Gehäuseunterteil-Endmontage; WAGO-I/O-System mit Anschluss an Sub-D-Konnektoren

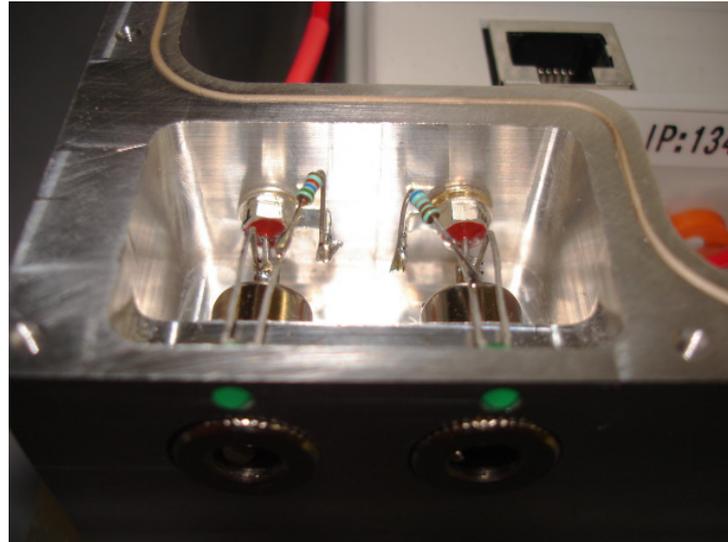


Abb. 63: Frästasche des Gehäuseunterteil mit Spannungsanschlüssen, Leuchtdioden und Einschraub-Filtern

Für die Umsetzung von Lichtwellenleiter auf Ethernet-Kupferleitung befindet sich in der Converterbox ein Media Converter der Firma Allied Telesyn, Typ AT-MC101XL. Er wird mit 12V DC Betriebsspannung versorgt und besitzt einen 100Base-TX RJ-45- und einen DualST-100Base-FX-Multi-Mode-Fibre-Anschluss. Die maximale Leitungslänge des angeschlossenen Multi-Mode-Lichtwellenleiters beträgt 2km, die der Ethernet-Leitung 100m. Die verwendeten Leitungen innerhalb der Converterbox liegen bei 50cm, bzw. 13cm, wobei die Ethernet-Verbindung zwischen RJ-45-Durchführung und Converteranschluss eine Eigenanfertigung ist. Handelsübliche Ethernet-Leitungen waren für die Montage in der Converterbox zu unflexibel. Die benötigte Leitung sollte ohne Knickschutz ausgeführt sein, da sonst das Verschließen der Converterbox nicht mehr möglich ist. Die Höhe des gesamten Fräsgehäuses ist dem Platzbedarf des 19-Zoll-Einschubs mit drei Höheneinheiten angepasst, weswegen die Converterbox-Höhe nicht vergrößert werden konnte, um Standard-Ethernet-Leitungen zu verwenden.

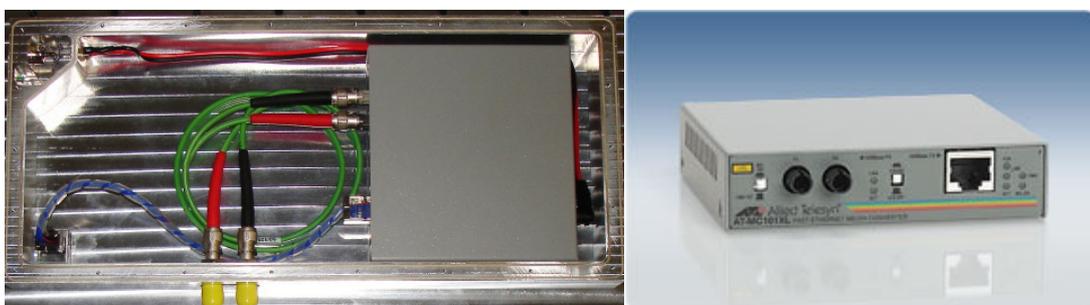


Abb. 64: Endmontage der Converterbox (links); Abbildung Allied Telesyn Media-Converter (rechts)

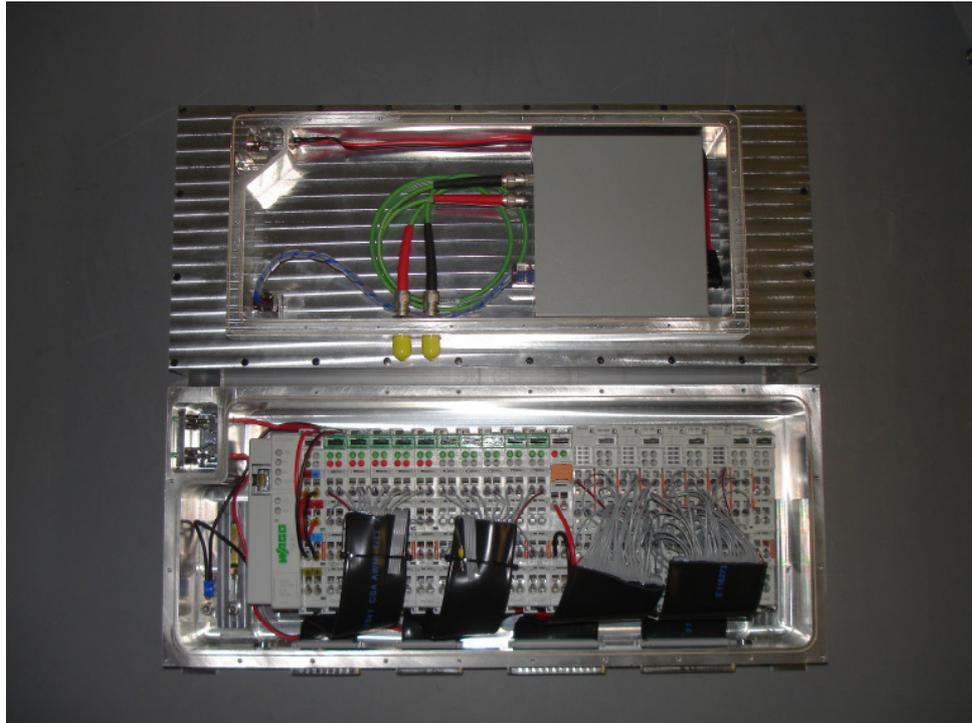


Abb. 65: Gehäuseoberteil mit Endmontage Converterbox (oben) und Endmontage Gehäuseunterteil (unten)

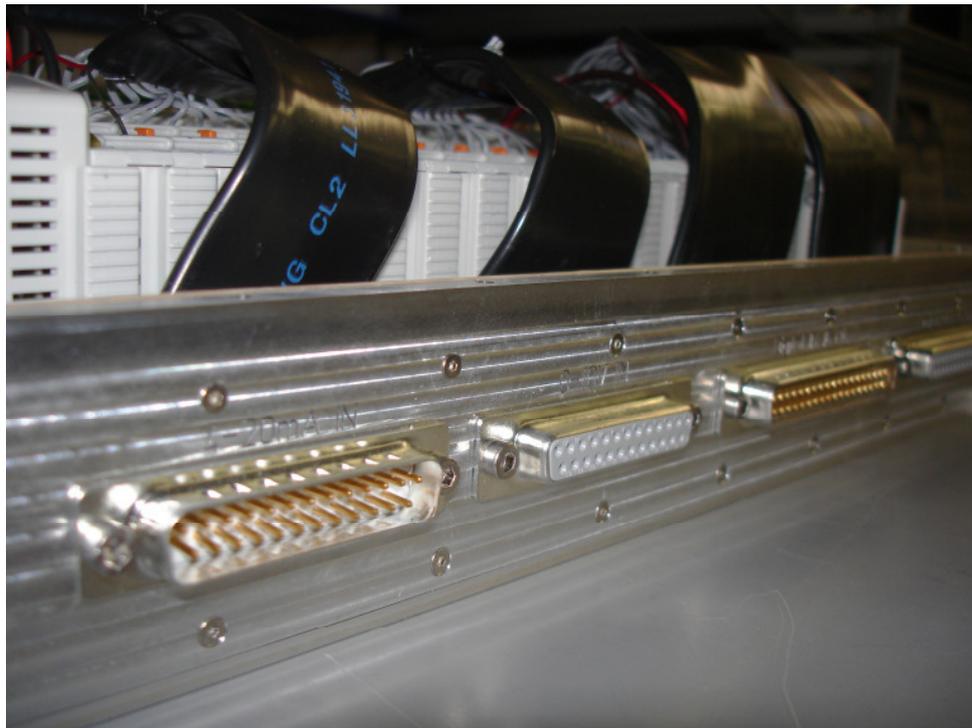


Abb. 66: Seitenblech des Gehäuseunterteils mit gefilterten Sub-D-Konnektoren

Üblicherweise werden bei der Bestückung mit Sub-D-Konnektoren an Gehäusen nur Buchsen verwendet. Zur Codierung der Sub-D-Anschlüsse sind hier im Wechsel Stecker und Buchsen eingesetzt worden. Eine Vertauschung der Anschlüsse ist somit

ausgeschlossen. Die Belegungspläne der Sub-D-Anschlüsse mit den zugehörigen Tabellen sind dem Anhang zu entnehmen. Die Verbindung der RJ45-Schnittstellen zwischen der Gehäuseoberteil-Durchführung und dem WAGO-Controller findet über ein handelsübliches geschirmtes Ethernetkabel statt.

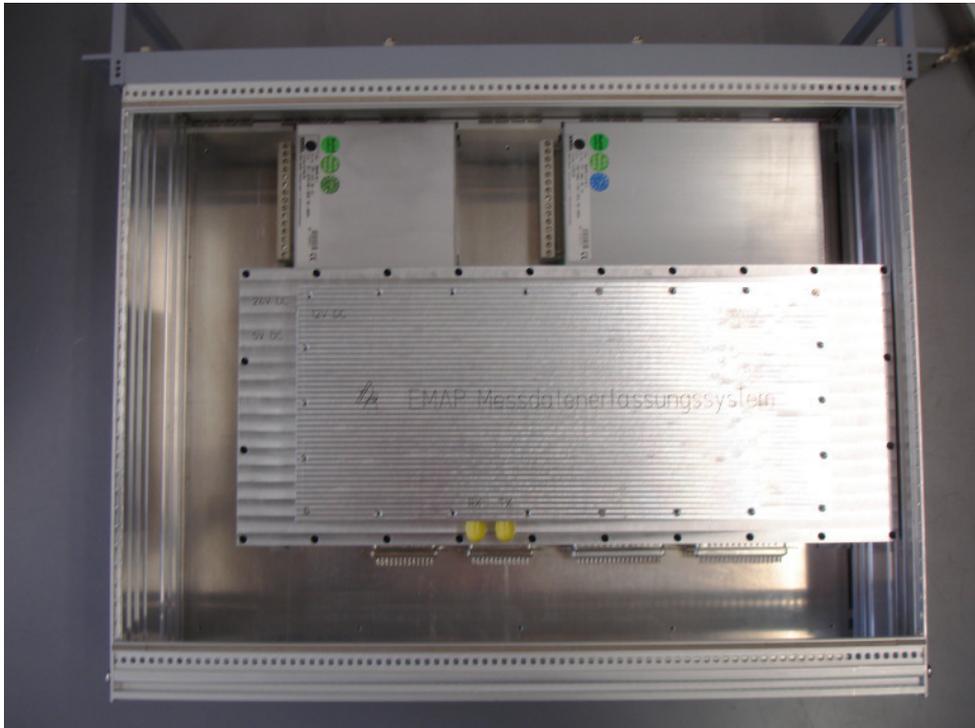


Abb. 67: Montage des Fräsgehäuses (unten) und Netzteile (oben) auf Aluminiumplatte in 19-Zoll-Einschub

Das gesamte Fräsgehäuse ist, ebenso wie die für die Spannungsversorgung benötigten Kniel Low-Emission-Netzteile, auf einer 3mm starken Aluminiumplatte befestigt worden. Die Platte wurde anschließend mit den Querstreben des 19-Zoll-Einschubs verschraubt. Die Rückplatte des Einschubs enthält die gleiche Sub-D-Anschluss-Belegung und gleichen Lichtwellenleiter-Durchführungen wie das Fräsgehäuse, sowie ein EMI-Netzfilter für 230V mit G-Sicherungseinsatz und Schalter. Der Anschluss der 230V Netzspannung erfolgt über eine IEC-Kaltgeräteanschlussleitung. Auf der Einschubfront sind keine Betriebsmittel, Anschlüsse oder Schaltelemente vorgesehen, lediglich die Einschub-Bezeichnung ist eingefräst worden.

Abb. 68: Frontplatte des 19-Zoll-Einschubs



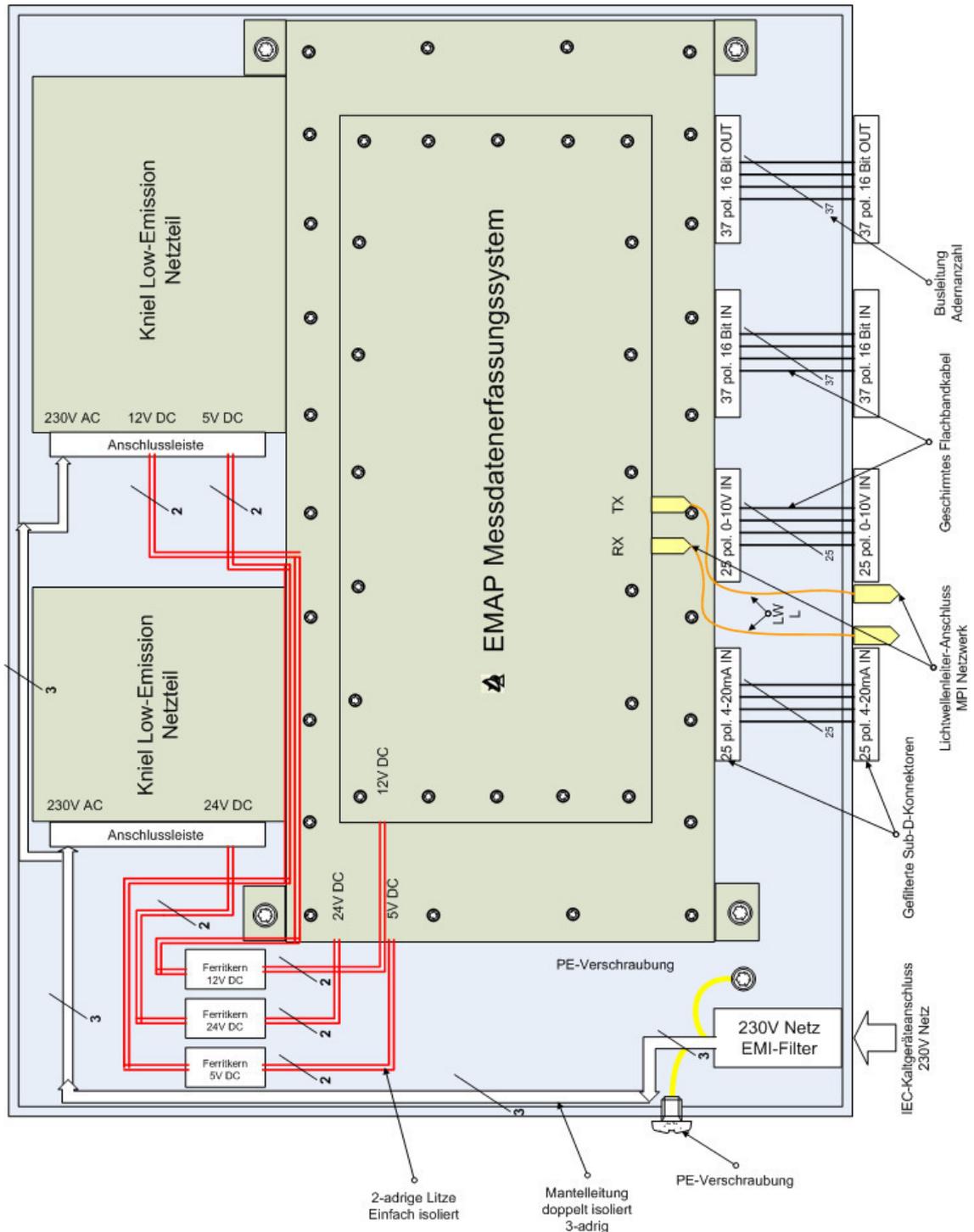


Abb. 69: Bestückungs- u. Kontaktplan der Einschubmontage

Um einen allseitigen Potentialausgleich zu gewährleisten sind die Seitenwände und die Bodenplatte über PE-Verschraubungen mit dem Schutzleiteranschluss des EMI-Netzfilters kontaktiert. Deckel- und Bodenblech des Einschubs besitzen für die Kontaktierung mit dem Schutzleiter Kabelschuhkontakte.

Bei der abschließenden Prüfung zur Erstinbetriebnahme nach DIN VDE 0701/02 durch das unterwiesene Personal in Effelsberg zeigten sich keine Fehler. Der Einschub ist in die Liste der elektrischen Betriebsmittel für Effelsberg aufgenommen und vermerkt worden.

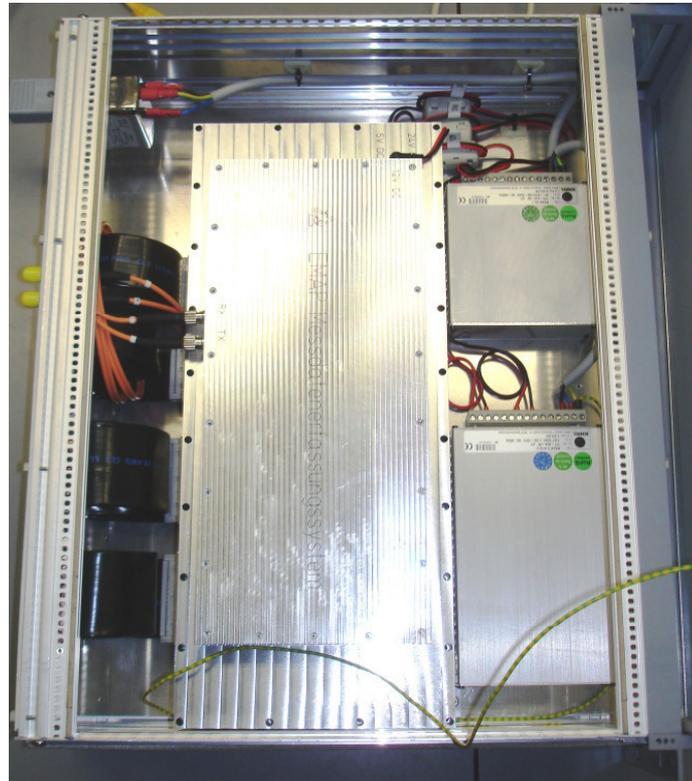


Abb. 70: Endmontage des Einschub mit allen Betriebsmitteln



Abb. 71: Einschub-Rückplatte mit Sub-D-, Lichtwellenleiter- u. Netzanschluss

Die Sub-D-Anschlussleitungen für das Messdatenerfassungssystem werden in der Primärfokuskabine über PG-Verschraubungen in einen Unterverteilerkasten geführt

und auf dreistöckige Verteilerklemmen von WAGO aufgelegt. Die Unterverteilung befindet sich hinter den Einschubschränken im oberen Teil der Kabine.

Die Zuführung der Signalleitungen der Sensoren und Refrigeratorsteuereinheiten erfolgt ebenfalls über PG-Verschraubungen von unten in die Unterverteilung.

Die zusätzlichen Klemmstellen ermöglichen Abänderungen der Kanalbelegungen ohne eine Änderung der Sub-D-Konnektoren vornehmen zu müssen. An den Verteilerklemmen können steckbare Brücken und Messaufsätze zum Messen der Signalspannungen angebracht werden. Der Belegungsplan ist dem Anhang zu entnehmen.



*Abb. 72: EMAP-Unterverteilung in Primärfokuskabine (links) mit Sensor- u. Steuergerätezuleitungen (unten) und Signalleitungen für Einschub (oben); Geschlossener Einschub des Messdatenerfassungssystems (rechts)*

## 9.2 Software

### 9.2.1 EMAP-LabVIEW-Frontpanel

Das Frontpanel des Hauptprogramms ist für die beiden Empfängerkabinen in zwei Bereiche unterteilt.

Im Rahmen der Diplomarbeit sind die Primärfokusdaten erfasst worden. Das Hauptprogramm enthält eine Übersicht über alle Messdaten der drei Empfängerboxen der Primärfokuskabine.

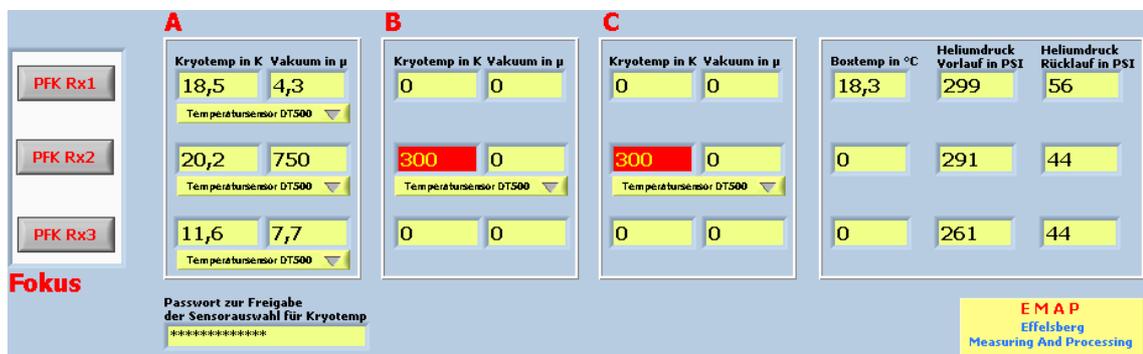


Abb. 73: Ausschnitt aus dem Frontpanel des Hauptprogramms; Übersicht Primärfokuskabine

Die Schaltflächen PFK Rx1, 2, 3 auf der linken Bildseite von *Abbildung 73* stehen für jeweils eine Empfängerbox. Der jeweilige Empfänger ist gekennzeichnet mit A, B, oder C. Eine Box kann mehrere Empfänger enthalten, deswegen sind alle Anzeigen für PFK Rx2 angeschlossen (*Bild Mitte*), da an diesem Messplatz der geplante Drei-Frequenz-Empfänger eingesetzt werden soll. Die Anzeigen des Hauptprogramms sind zeilenweise zu lesen, wobei die Überschriften immer für die jeweilige Anzeigenspalte gelten.

Jedem Empfänger ist eine Refrigeratorsteuereinheit zugewiesen. Jede Einheit besitzt jeweils einen DC-Ausgang für die Vakuum- und Kryotemperaturmessung.

Die Anzeigen für die Boxtemp und die Heliumdruck erhalten ihre Werte jeweils von einem Sensor.

Jede Empfängerbox verfügt über ein Widerstandsthermometer für die Boxtemp und ein Drucksensor-Paar, wobei die Messstellen für den Heliumdruck oberhalb der Eingangstüre der Fokuskabine liegen.

Die ersten Temperatursensordioden zum Messen der Kryotemperaturen sind vom Typ DT500. Bei den neueren Empfängern ist der Typ DT470 verbaut. Die beiden Sensorkennlinien sind unterschiedlich, so dass mittels eines Menü-Ring unterhalb der Anzeigenelemente die entsprechende Sensordiode ausgewählt und die dort hinterlegte Wertetabelle aufgerufen wird. Die Auswahl der richtigen Sensordiode sollte nur von autorisierten Personen vorgenommen werden können, weswegen sie im Normalbetrieb nicht anwählbar sind. Erst über die richtige Eingabe eines Passworts werden sie sichtbar und können im Hauptprogramm, sowie in den Unterprogrammen betätigt werden.

Über die Schaltflächen für die Primärfokuskabine öffnen sich jeweils Pop-Up-Fenster, wodurch man auf eine weitere Ebene zum Betrachten der Messwerte gelangt. Wird mit einem Mausklick oder der Funtkionstaste F1 z.B. die Schaltfläche PFK Rx1 aktiviert öffnet sich ein Pop-Up-Fenster. Es lassen sich nun alle zu einer Empfängerbox gehörenden Werte separat betrachten.

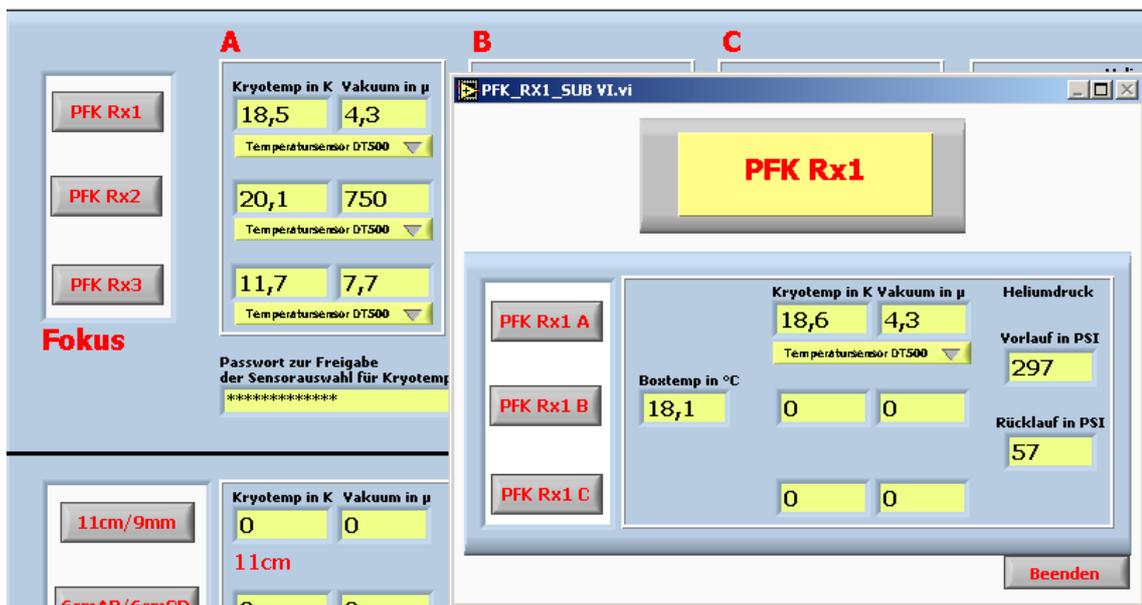


Abb. 74: Ausschnitt Pop-Up-Fenster nach Betätigen der Schaltfläche PFK Rx1

Das Frontpanel der Rx1, 2, 3 -Unterprogramme ist ähnlich aufgebaut wie das des Hauptprogramms. Die im Hauptprogramm zeilenweise angeordneten Anzeigen der jeweiligen Empfängerbox sind hier spaltenweise abgelegt. Auch in den Unterprogrammen besteht die Möglichkeit des Einstellens der entsprechenden Sensordiode mittels eines Menü-Ring. Über die Schaltflächen am linken Bildrand gelangt man zu den einzelnen Empfängern einer Box. Durch erneutes Betätigen mit der

Maus oder den Funktionstasten F1, 2, 3 öffnet sich ein weiteres Unterprogramm ebenfalls als Pop-Up. Aktiviert man z.B. PFK Rx1 A öffnet sich folgendes Fenster:

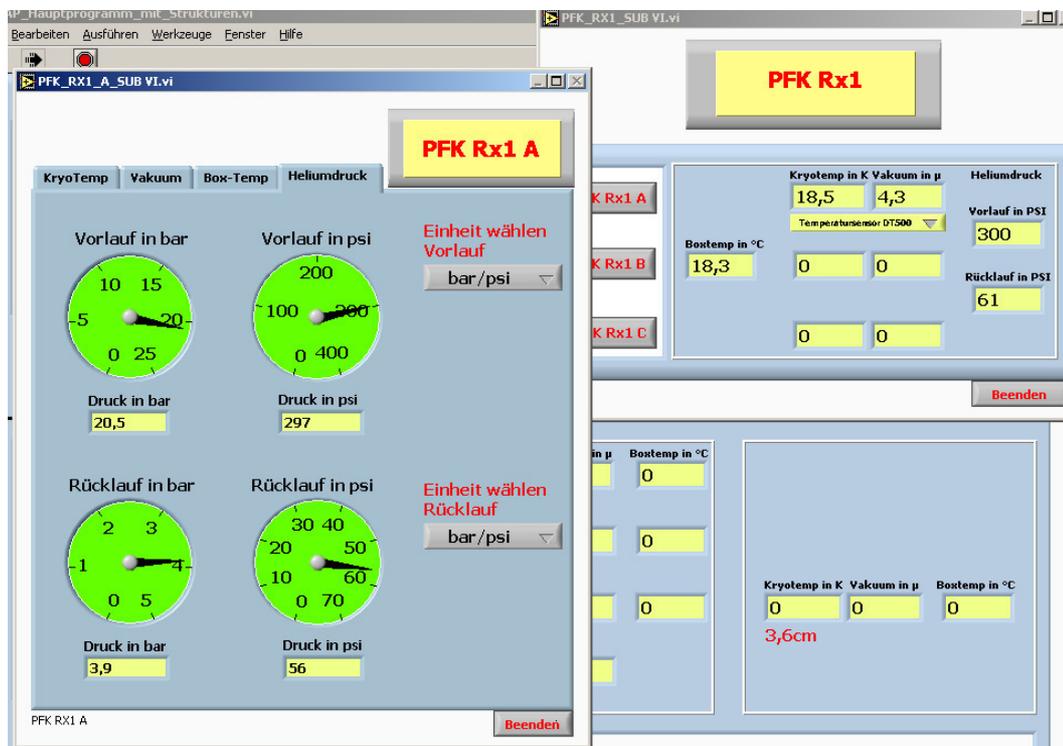


Abb. 75: Ausschnitt Pop-Up-Fenster nach Betätigen der Schaltfläche PFK Rx1A

Kryotemperatur, Vakuum, Boxtemperatur und Heliumdruck sind hier in einem Register gruppiert und detailliert aufgeführt. In *Abbildung 75* sind Manometer-Anzeigen für den Heliumdruck zu sehen. Über die Menü-Rings neben den Anzeigen können die Messdaten in unterschiedlichen Einheiten betrachtet werden. Zur Auswahl stehen hier die beiden Druckeinheiten bar und psi. Wählt man z.B. im Vorlauf bar aus, dann werden die Anzeigen für die Einheit psi des Vorlaufs unsichtbar. Die Manometer sind je nach Messwert farblich unterlegt. Im Fall eines Druckabfalls ist der Hintergrund rot, für den Bereich des Solldrucks grün unterlegt. Zwischenbereiche sind gelb dargestellt. Durch Aktivierung der entsprechenden Registerkarten mit der Maus gelangt man zu den weiteren Messwerten eines Empfängers.

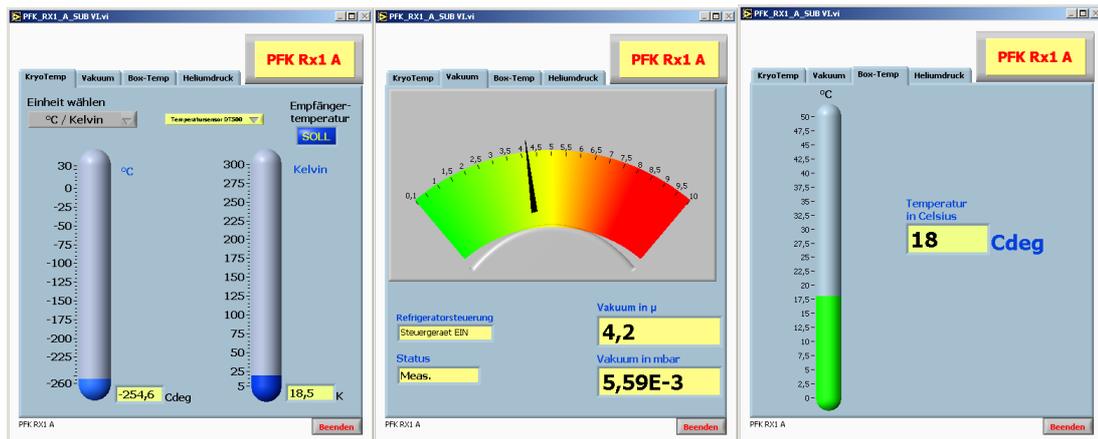


Abb. 76: Weitere Anzeigen der Empfängerdaten im Unterprogramm PFK Rx1 A

Im Register für die Kryotemperatur kann wie bei den Anzeigen des Heliumdrucks ebenfalls zwischen den Einheiten gewählt werden. Üblicherweise werden Empfängertemperaturen in Kelvin angegeben, es kann aber auch eine Anzeige in Grad Celsius erfolgen. Die jeweiligen Unterprogramme können durch Betätigen der Schaltfläche „Beenden“ oder der Esc-Taste auf der Tastatur geschlossen werden.

Im unteren Bereich des Hauptprogramm-Frontpanels befindet sich die Anzeige für den Fehlerstatus des Messdatenerfassungssystems. Wird z.B. die Netzwerkverbindung oder Spannungsversorgung des Einschubs unterbrochen erscheint eine entsprechende Fehlermeldung mit Hinweisen zur Behebung.

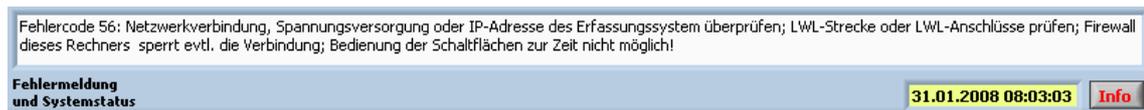


Abb. 77: Fehler- und Statusmeldung des Messdatenerfassungssystems

Tritt ein Fehler auf, so wird das Programm weiter abgearbeitet, wartet jedoch auf Fehlerkorrektur. Mit dieser Art der Fehlerbehandlung werden die von LabVIEW generierten Fehlermeldungen deaktiviert.

Über die Info-Schaltfläche rechts unterhalb des Statusfensters gelangt man zur Programm-Legende. Hier werden alle Abkürzungen und der Umgang mit den Schaltflächen erläutert.

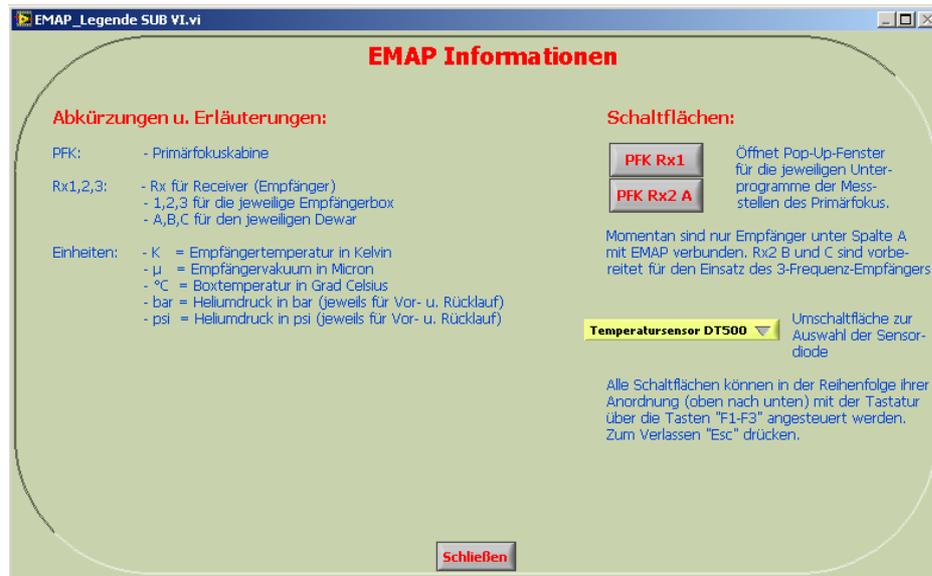


Abb. 78: Programm-Legende unter Info-Schaltfläche

Vom gesamten Programm ist eine Applikation erstellt worden. Diese Applikation liegt als eine ausführbare .exe-Datei vor und kann auf jedem Rechner ausgeführt werden, ohne vorherige Installation von LabVIEW. Lediglich die LabVIEW Runtime-Engine muss installiert sein, welche eine Verbindung zwischen dem Betriebssystem und LabVIEW-Programm mit zusätzlichen Treibern bildet. Diese Software kann kostenlos auf der Internetseite von National Instruments bezogen werden.

Ist die Option für den Webserver im Programm vor Erstellen einer Applikation ausgewählt worden muss zuvor eine entsprechende Website mit eingebunden und konfiguriert werden. Dabei sollte die IP-Adresse des Rechners bekannt sein, auf welchen die Applikation zukünftig ausgeführt wird. Der Aufruf der erstellten LabVIEW-Applikation über Webserver erfolgt durch die Eingabe der IP-Adresse des ausführenden Rechners und dem Programmnamen in einem Internetbrowser.

PFK Rx1

PFK Rx2

PFK Rx3

Fokus

**A**

Kryotemp in K Vakuum in $\mu$	18,5	4,3
<small>Temperaturfühler: DTS500</small>		
Kryotemp in K Vakuum in $\mu$	20,2	750
<small>Temperaturfühler: DTS500</small>		
Kryotemp in K Vakuum in $\mu$	11,6	7,7
<small>Temperaturfühler: DTS500</small>		

**B**

Kryotemp in K Vakuum in $\mu$	0	300	0
<small>Temperaturfühler: DTS500</small>			
Kryotemp in K Vakuum in $\mu$	0	0	0

**C**

Kryotemp in K Vakuum in $\mu$	0	300	0
<small>Temperaturfühler: DTS500</small>			
Kryotemp in K Vakuum in $\mu$	0	0	0

Passwort zur Freigabe der Sensorauswahl für Kryotemp  
\*\*\*\*\*

EMAP

  
Effelsberg  
Measuring And Processing

**11cm/9mm**

**6cmAB/6cmCD**

**2,8M1/2,8M2/3,6cm**

**MFRx3 Bd1+2/ MFRx3 Bd3**

Apex

Kryotemp in K Vakuum in  $\mu$

11cm

0

Kryotemp in K Vakuum in  $\mu$

6cm AB

0

Kryotemp in K Vakuum in  $\mu$

2,8 M1

0

Kryotemp in K Vakuum in  $\mu$

MFRx3 Band 1+2

0

Kryotemp in K Vakuum in  $\mu$

9mm

0

Kryotemp in K Vakuum in  $\mu$

6cm CD

0

Kryotemp in K Vakuum in  $\mu$

2,8 M2

0

Kryotemp in K Vakuum in  $\mu$

MFRx3 Band 3

0

Kryotemp in  $^{\circ}$ C

0

Kryotemp in  $^{\circ}$ C

0

Kryotemp in K Vakuum in  $\mu$

3,6cm

0

Kryotemp in  $^{\circ}$ C

0

Keine Fehlermeldung vorhanden

Stoppen

31.01.2008 07:55:27

Info

Abb. 79: Frontpanel gesamtes Hauptprogramm

## 9.2.2 EMAP-LabVIEW-Blockdiagramm

Die While-Schleife des Hauptprogramms enthält neben der Systemzeitanzeige und den Menü-Rings für das Einstellen des Sensordiodentyps drei Case-Strukturen.

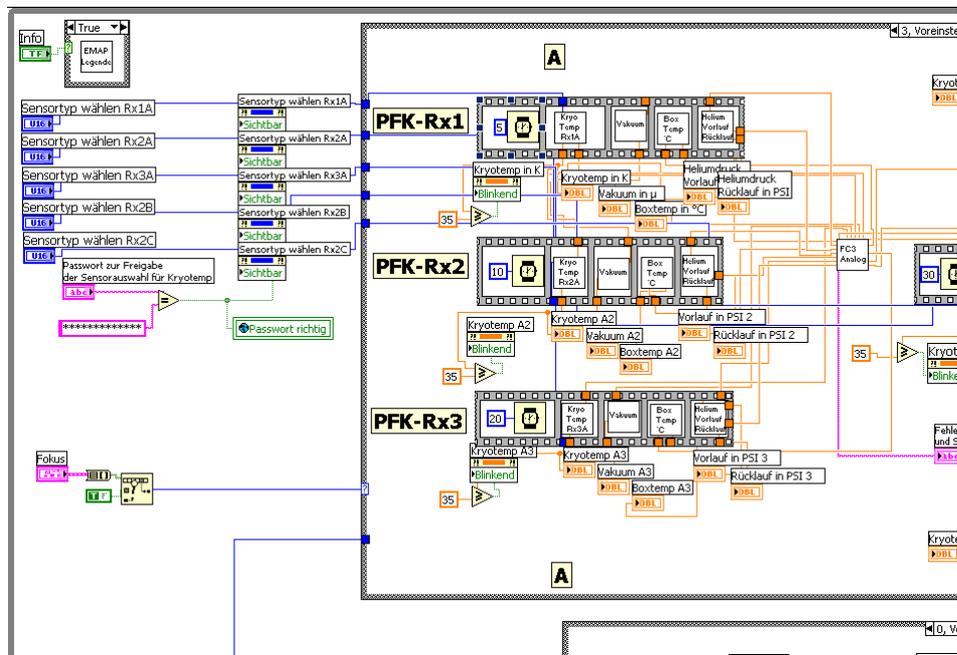


Abb. 80: Ausschnitt des Hauptprogramm-Blockdiagramms mit SubVI's und gestapelten Sequenzen

Abbildung 80 zeigt Voreinstellung der Case-Struktur zur Primärfokusdatenerfassung. Wird eine der in Abschnitt 9.2.1 beschriebenen Schaltflächen betätigt wechselt das Programm in den zugewiesenen Fall und es öffnet sich das dort abgelegte Unterprogramm.

Im Ausgangszustand werden über das FC3-SubVI die analogen Eingangsdaten abgefragt. Damit nicht alle Unterprogramme auf einmal abgerufen werden liegen sie hintereinander in einer sog. flachen Sequenzstruktur. Jeder dieser Sequenzstrukturen ist eine andere Verzögerungszeit in Millisekunden zugewiesen. Alle SubVI's in den einzelnen Sequenzen werden immer nacheinander abgearbeitet.

Unterhalb der Sequenzstrukturen befinden sich die Anzeigeelemente des Hauptprogramms. Sie beziehen ihre jeweiligen Anzeigewerte von den angeschlossenen SubVI's, welche den vom FC3 gelieferten Spannungs- bzw. Stromwert in den entsprechenden Messwert umrechnen (siehe Abschnitt 9.2.3).

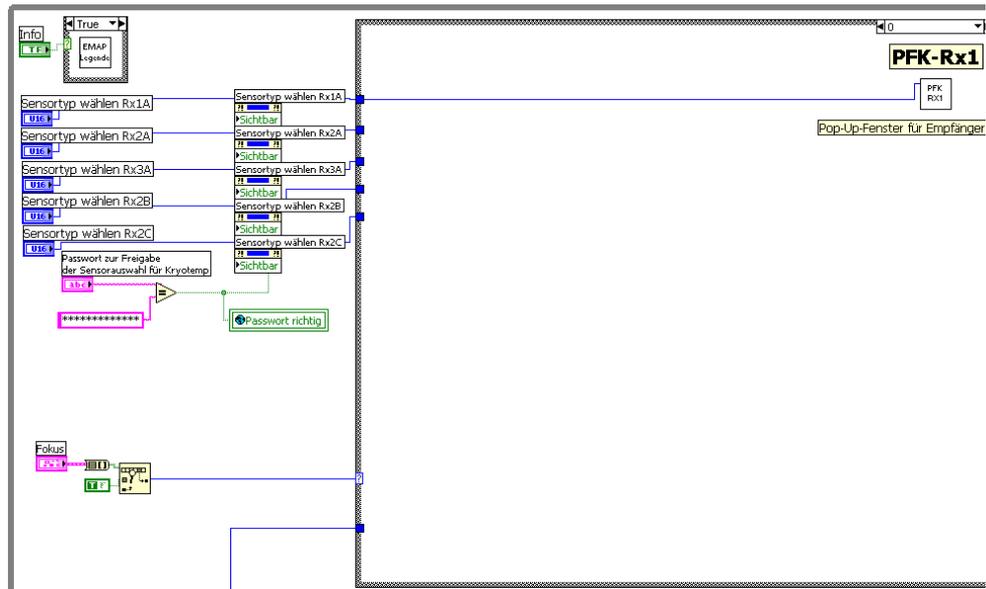


Abb. 81: Ausschnitt des Hauptprogramm-Blockdiagramm bei Auswahl von PFK Rx1

Die Genauigkeit der Anzeigeelemente ist auf den Datentyp DBL (Double) eingestellt, zur Darstellung von Fließkommazahlen.

Die Eigenschaftsknoten der Ring-Menüs neben der Case-Struktur sind mit der Passwortabfrage verbunden. Das Passwort ist als verschlüsselte String-Konstante fest hinterlegt. Nach der Eingabe in ein String-Eingabeelement und abschließenden Betätigen der Enter-Taste findet ein Vergleich mit der String-Konstanten statt. Ist das Passwort richtig schaltet der Vergleich am Ausgang auf WAHR. Der Zustand des Vergleichers wird in einer globalen Variablen gespeichert, um ihn in den Unterprogrammen als Wert weiter zu verwenden für die dortigen Eigenschaftsknoten. Wie bereits in erwähnt sind die Menü-Rings der Sensordiodenauswahl erst sichtbar, wenn die Passwordeingabe richtig ist.

### 9.2.3 Unterprogramme / SubVI's

Zentraler Bestandteil des Hauptprogramms sind die SubVI's für den Funktionscode-Aufruf im Modbus-Protokoll. Es werden sowohl die digitalen, als auch die analogen Eingänge regelmäßig abgerufen, je nach Taktrate des Prozessors.

Dies geschieht für die digitalen Eingänge über den Funktionscode 2 (Lesen mehrerer digitaler Eingänge) und für die Analogen über den Funktionscode 3 (Lesen mehrerer analoger Eingänge). Zur Datenübermittlung wurde im LabVIEW-Programm keine

TCP-, sondern eine UDP-Verbindung geöffnet. Diese Verbindung ist schneller, da nicht wie beim TCP eine Transfer-Kontrolle der Daten stattfindet (*siehe Abschnitt 7.2.1.2*). Für die lokalen Ports sind hohe Port-Nummern gewählt worden, damit es keine Kollisionen mit vom Betriebssystem genutzten Port-Nummern gibt. Zum Schreiben ist als Ziel für Modbus TCP und UDP der Port 502 festgesetzt. Der Modbus-Header wird in Form einer Array-Konstanten erzeugt. Die Elemente des Array enthalten Hexadezimal-Zahlen. Damit wird z.B. angegeben, wie viele Bytes und ab welcher Adresse, also welchem Eingangskanal, gelesen werden sollen. Die ausgelesenen Daten werden in Form eines String dargestellt. Um an die Daten zu gelangen wird im Fall des Funktionscode 3 der String in ein vorzeichenloses Byte-Array gewandelt. Jeder Messwert steht dann in Form eines High- und Low-Byte in einem Element des Byte-Array. Durch Indizieren des Arrays gelangt man an die einzelnen Elemente, welche in einen Zahlenwert gewandelt werden müssen, um den Dezimalwert des jeweiligen Eingangskanals einer I/O-Klemme zu erhalten. Dies wäre z.B. für eine 0-10V Eingangs-Busklemme bei einer Auflösung von 16 Bit ein maximaler Integerwert von 32768 dezimal bei 10V. Mit dieser Auflösung des Messbereiches lassen sich Spannungsschritte von  $305\mu\text{V}$  messen. Um den tatsächlichen Spannungswert zu errechnen, welcher am jeweiligen Eingang gerade anliegt wird der Dezimalwert durch ein Zehntel des Dezimalwertes des Messbereichsendes dividiert.

Beispielrechnung:

$$I_{\text{Max}} = 2^{n-1} = 2^{16-1} = 32768; \quad \frac{\Delta I_{\text{Max}}}{\Delta U_{\text{Mess}}} = \frac{32768}{10\text{V}} = 3276,8 \text{ } 1/\text{V}; \quad \frac{16384}{3276,8 \text{ } 1/\text{V}} = \underline{\underline{5\text{V}}}$$

Mit:

n Auflösung in Bit

$\Delta I_{\text{Max}}$  maximaler Integerwert des Messbereichsende bei 16 Bit Auflösung

$\Delta U_{\text{Mess}}$  Messwertspanne, hier 0-10V

Der Wert 16384 ist ein Beispiel für einen Messwert eines Eingangskanals.

Die Auflösung der 4-20mA Busklemmen beträgt ebenfalls 16 Bit. Der Messwert errechnet sich hier wie folgt:

$$I_{\text{Max}} = 2^{n-1} = 2^{16-1} = 32768; \quad \frac{\Delta I_{\text{Max}}}{\Delta I_{\text{Mess}}} = \frac{32768}{16\text{mA}} = 2048 \frac{1}{\text{mA}}; \quad \frac{16384}{2048 \frac{1}{\text{mA}}} = \underline{\underline{8\text{mA}}}$$

Mit:

$n$  Auflösung in Bit

$\Delta I_{\text{Max}}$  maximaler Integerwert des Messbereichs bei 16 Bit Auflösung

$\Delta I_{\text{Mess}}$  Messwertspanne, hier 4-20mA

Die Messgenauigkeit beträgt 488 $\mu$ A.

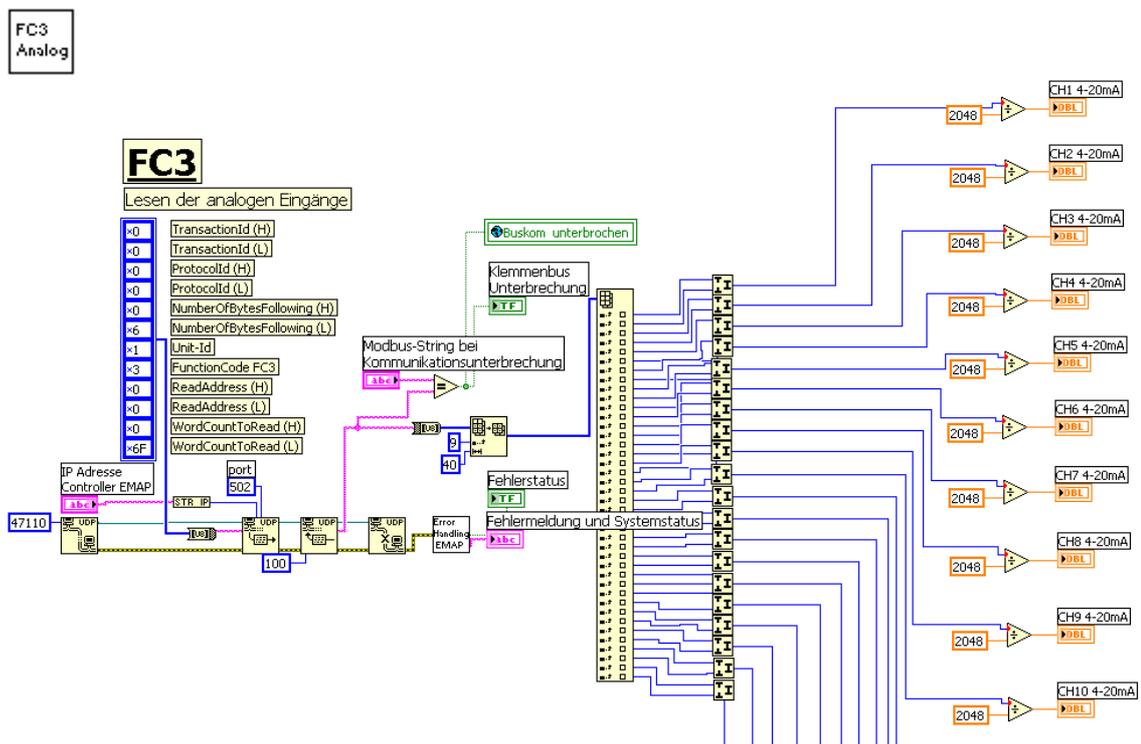


Abb. 82: Blockdiagramm des Funktionscode 3 mit Anzeigeelement für 4-20mA Einheitssignal

Die Anzeigeelemente liegen als Anschluss vor um den Funktionscode als SubVI im Hauptprogramm aufzurufen und die weiteren Programminstanzen damit zu verbinden.

Auftretende Fehlermeldungen werden durch das Error-Handling SubVI abgefangen und abgearbeitet. Hierauf wird im weiteren Verlauf dieses Abschnitts näher eingegangen.

Der Aufbau des SubVI von Funktionscode 2 ist ähnlich. Für die Darstellung der digitalen Eingangspiegel bedarf es keiner Umrechnung. Die Pegel liegen als TTL an und werden durch ein boolsches Anzeigeelement angezeigt.

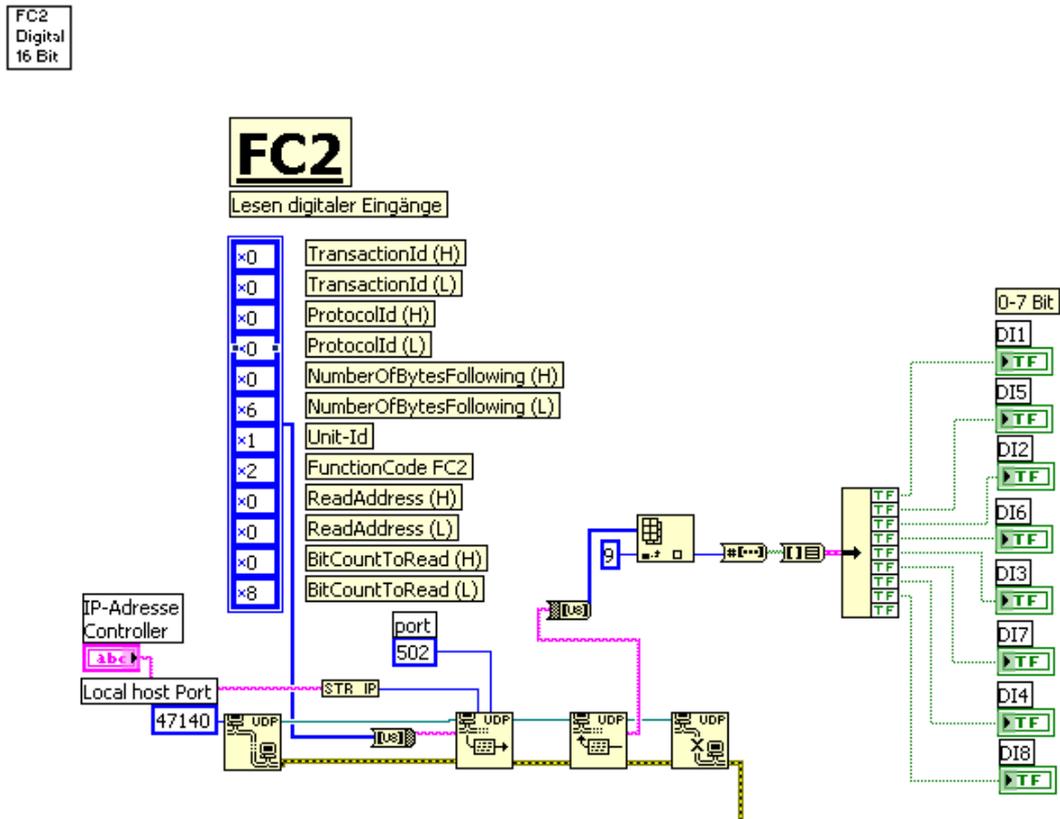


Abb. 83: Ausschnitt des Blockdiagramm des Funktionscode 2 (Lesen mehrerer digitaler Eingänge) 16 Bit mit booleschen Anzeigeelementen

Um die digitalen Eingangslevel auszulesen werden die Zahlenwerte des indizierten Zahlen-Arrays in ein boolesches Array transponiert. Anschließend wandelt man dieses Array in ein Cluster und kann dann die gebündelten Elemente einzeln aufknüpfen. Dies ist die einfachste Methode um die Arrayelemente einzeln herauszuführen. Jedes boolesche Anzeigeelement wird als Anschluss des SubVI herausgeführt. Sie werden in diesem Fall als Umschaltbits für die Messbereichsumschaltung der Kryotemperaturen genutzt.

Zum Schalten von Systemkomponenten ist ein Unterprogramm mit Ausführung des Funktionscode 15 (Schreiben mehrerer digitaler Ausgänge) vorgesehen. Es können über boolesche Schaltelemente die 16 digitalen Ausgänge des Feldknotens wahlweise auf 5V High geschaltet werden:

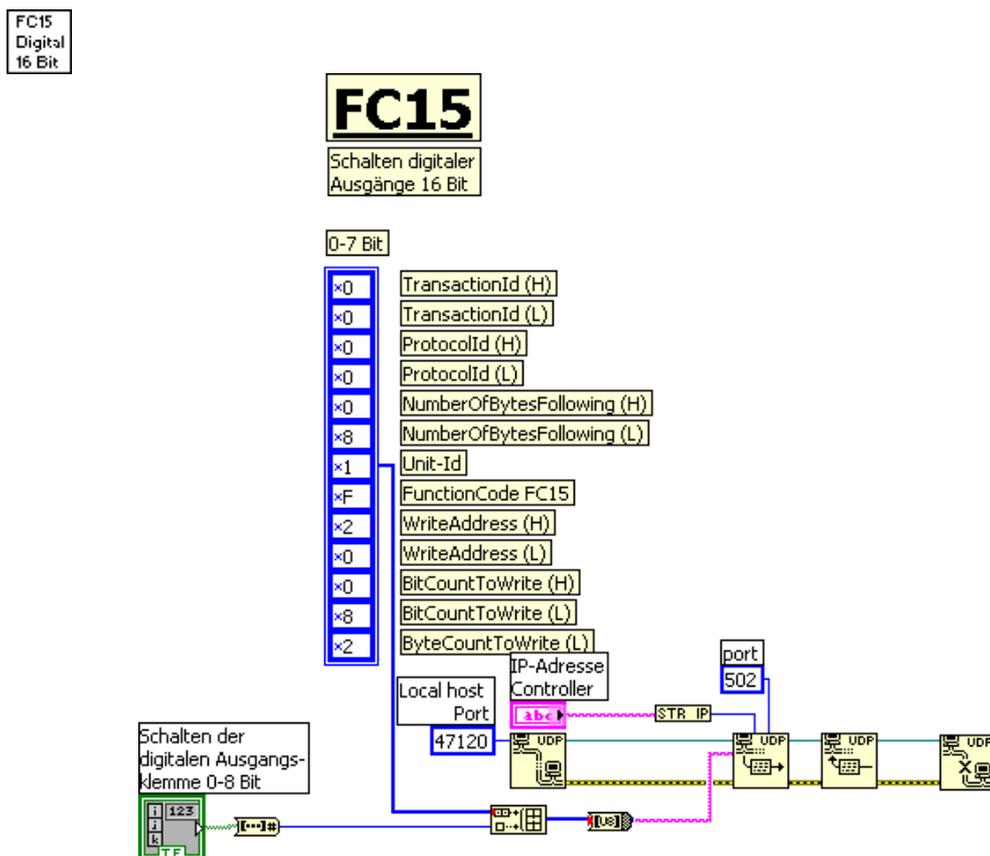


Abb. 84: Ausschnitt des Blockdiagramm des Funktionscode 15 (Schreiben mehrerer digitaler Eingänge) 16 Bit mit booleschen Schaltelementen

Für das Messen der Kryotemperatur und des Vakuumdrucks liegen Wertetabellen zu Grunde. Die Werte sind von einer Exceldatei in einen Tabellenstring übertragen worden. Den Spannungswerten sind jeweils Temperatur-, bzw. Vakuumwerte zugeordnet. Im Falle der Kryotemperaturen liegen jedem Spannungswert wie bereits erwähnt zwei Temperaturwerte zu Grunde (siehe Abschnitt 7.1.2).

Die Tabellenstrings liegen als Konstanten in den Unterprogrammen vor. Die gemessene Spannung an den DC-Ausgängen der Refrigeratorsteuereinheiten wird mit den Spannungswerten der Tabellenstrings verglichen. Je nach Sensorauswahl wird eine andere Wertetabelle aufgerufen.

Beispiel Temperaturtabelle für Sensordiode DT500:

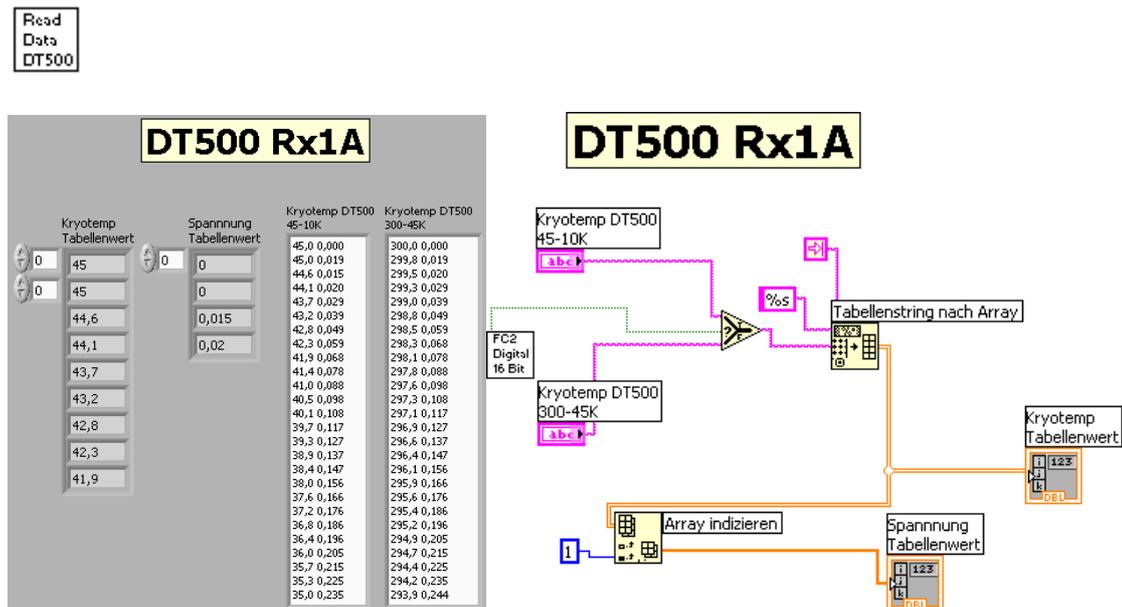


Abb. 85: Ausschnitt Frontpane (links) und Blockdiagramm (rechts) Kryotemperatur-Tabellenstring am Beispiel des DT500 SubVI an Rx1A

Der Messbereich wird wie erwähnt durch ein Umschaltbit gewechselt. Ist das Bit auf TRUE, so ist der zweite Bereich von 45 bis 10 Kelvin aktiv. Da der gemessene Spannungswert schwankt und somit nicht immer exakt mit den Werten der Tabelle übereinstimmt findet eine Toleranzabfrage durch das Programm statt. Liegt der gemessene Wert im Bereich von  $\pm 0,01V$ , bzw.  $\pm 0,1V$  eines Tabellenwertes wird der nebenstehende Temperatur, bzw. Vakuumwert ausgegeben (siehe Abbildung 81 und 82).

Der Verlauf der Sensordiodenkennlinie ist am Beispiel des Typs DT500 den folgenden Grafiken zu entnehmen. Grundlage für diese Kennlinien waren die Datenblätter der Firma LakeShore Cryotronics, Teledyne Hastings und MathCAD-Berechnungen des Instituts. Die Daten sind im Rahmen der Diplomarbeit übernommen und aufbereitet worden. Die Datenblätter und Tabellen sind dem Anhang zu entnehmen:

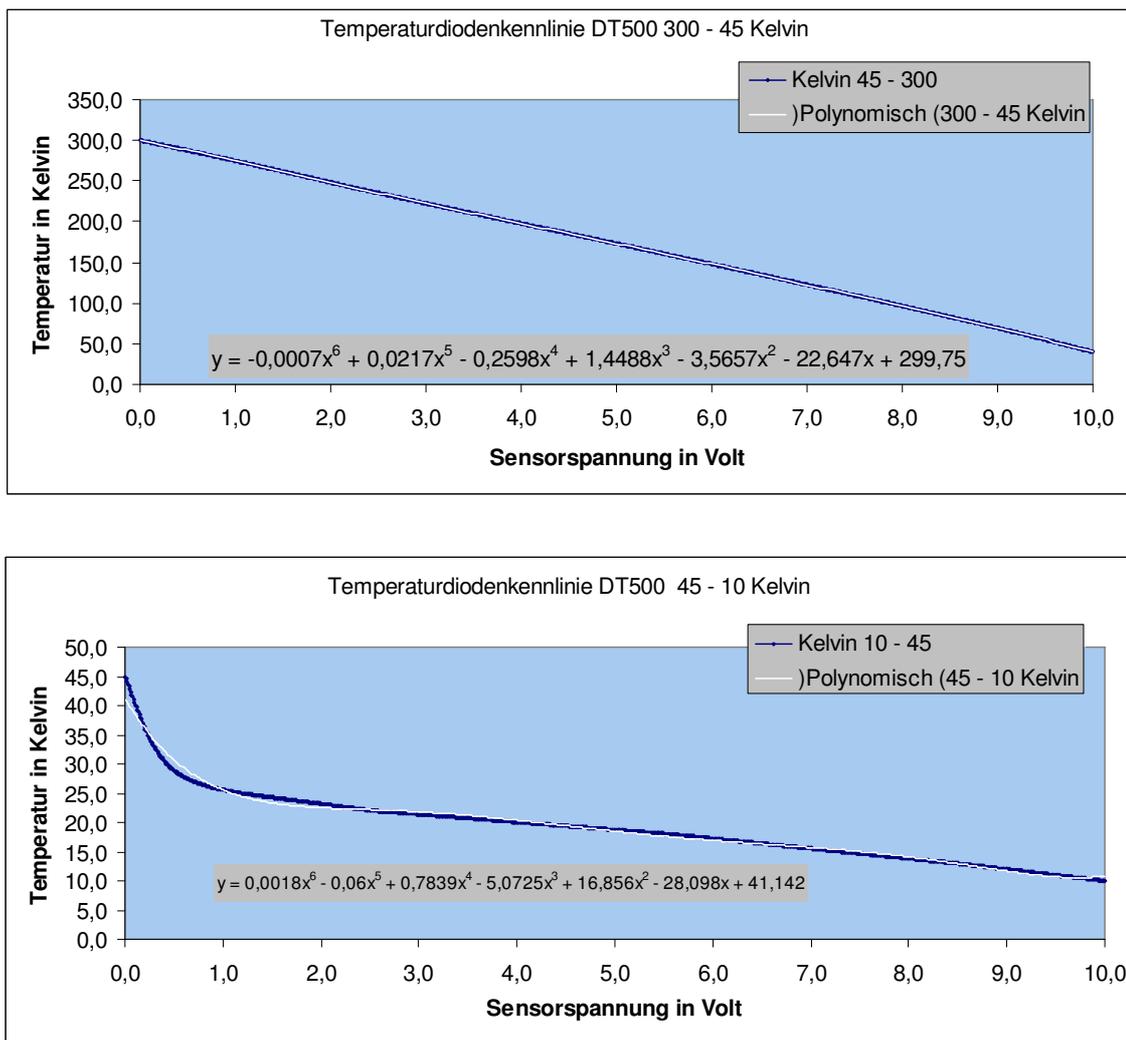


Abb. 86: Sensordiodenkennlinie am Beispiel des Typs DT500 von 300-45 und 45-10 Kelvin

Eine weitere Möglichkeit an die Temperaturwerte zu gelangen ist die mathematische Funktion des Polynoms in ein Matheknoten-Element zu übertragen. LabVIEW errechnet sich durch die Funktion den anstehenden Temperaturwert. Die angelegte Trendlinie nimmt im unteren Messbereich von 45 bis 10 Kelvin nicht den exakten Verlauf der Sensorkennlinie an. Im oberen Bereich ist sie nahezu linear. Demnach ist die Funktion des Polynomzugs nicht korrekt und die errechneten Temperaturwerte wären somit von 45 bis 10 Kelvin stellenweise falsch.

Ähnliches Verhalten zeigte sich im Kurvenverlauf der Vakuummessung:

### Vakuum über Spannung

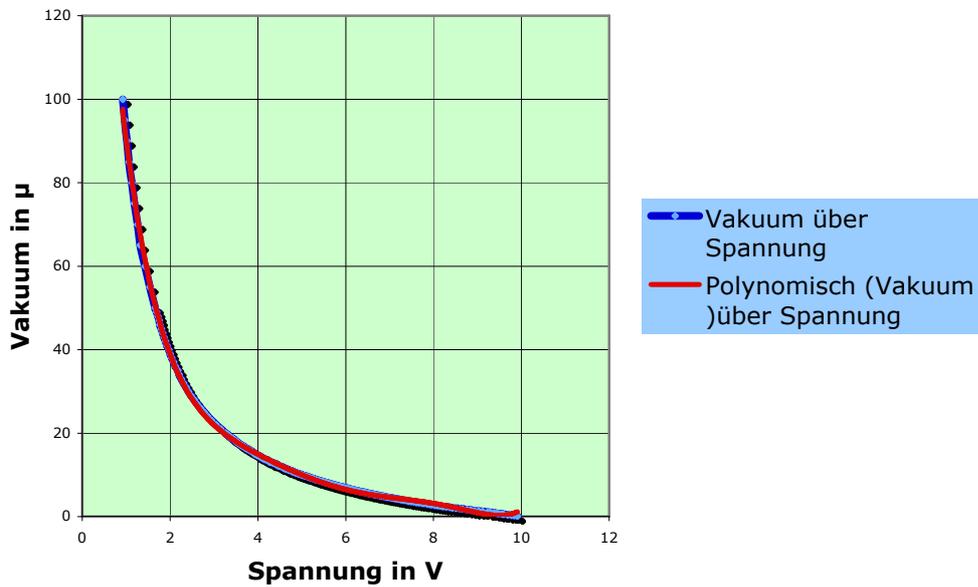


Abb. 87: Sensorkennlinienverlauf Vakuummessung

Wegen der besseren Genauigkeit werden die Werte wie oben beschrieben aus einem Tabellenstring herausgelesen und ausgegeben. Dies geschieht in den SubVI's Kryotemp und Vakuum:

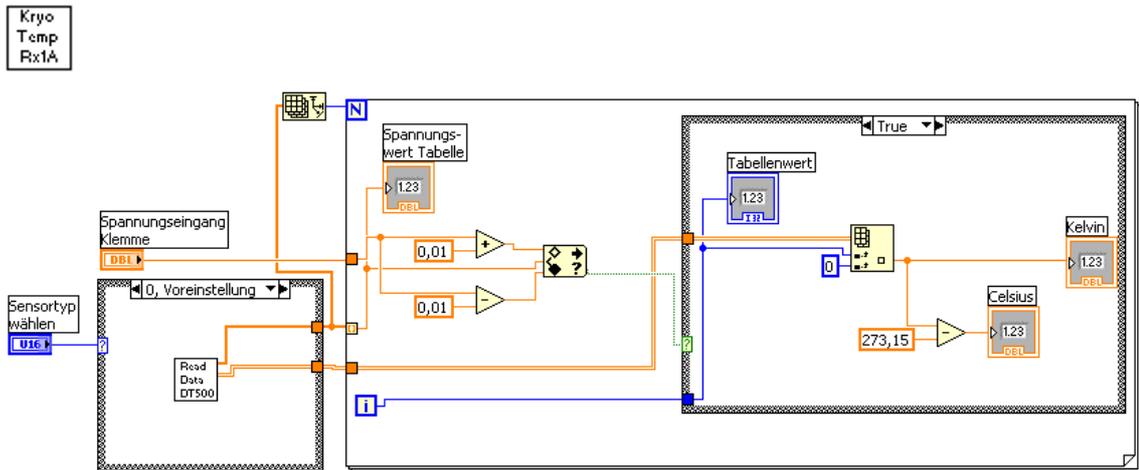


Abb. 88: Blockdiagramm Kryotemperaturmessung Rx1A SubVI

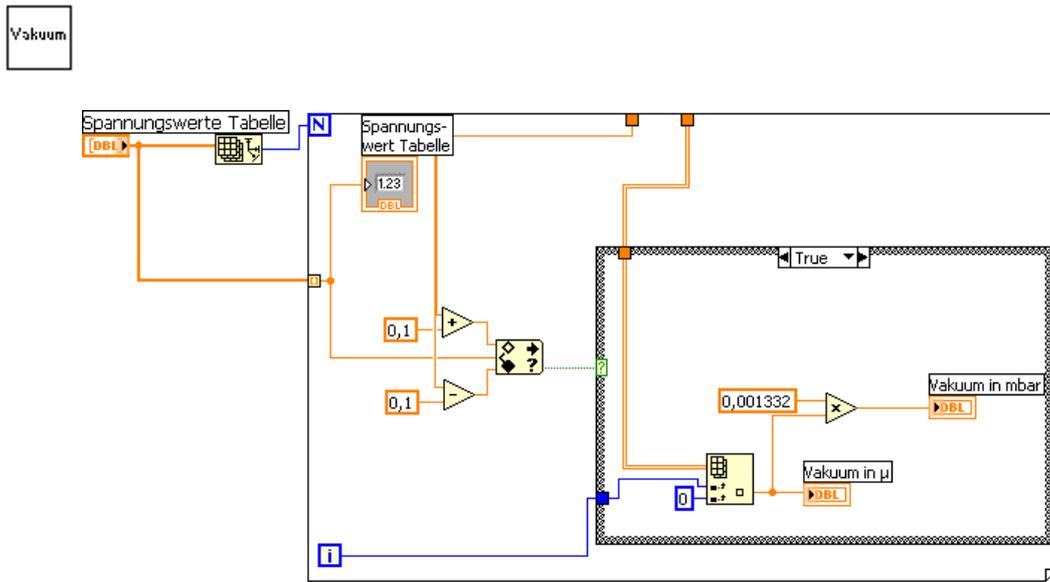


Abb. 89: Blockdiagramm Vakuummessung SubVI

Die Temperaturwerte werden in Kelvin und Grad Celsius, die Vakuumwerte in Millibar und Micron ausgegeben. Zur Darstellung der Boxtemperaturen und Heliumdrücke sind die Einheitssignale kommend erfasst durch das FC3 SubVI (Abbildung 65) in die entsprechenden Messgrößen umgerechnet worden.

Beispiel Boxtemp SubVI:

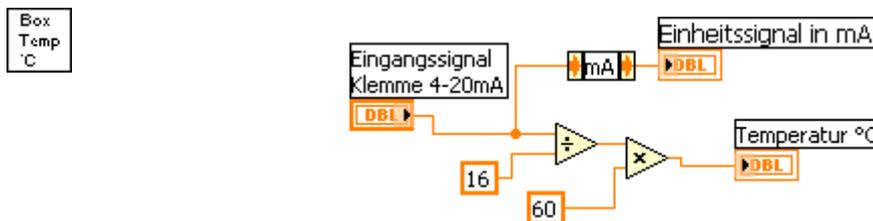


Abb. 90: Blockdiagramm Boxtemp SubVI zur Umrechnung von Einheitssignal in Temperatur °C

Liegt zum Beispiel ein Messwert von 8mA an, so errechnet sich der Temperaturwert wie folgt:

$$x = x_A + (x_E - x_A) \cdot \frac{e}{e_E - e_A} = 0^\circ\text{C} + (60^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) \cdot \frac{8\text{mA}}{20\text{mA} - 4\text{mA}} = \underline{\underline{30^\circ\text{C}}}$$

Mit:

x zu errechnender Messwert

x<sub>A</sub> Messwertanfang

x<sub>E</sub> Messwertende

e gemessenes Einheitssignal

e<sub>A</sub> Einheitssignalanfang

e<sub>E</sub> Einheitssignalende

Für die Heliumdruck gilt:

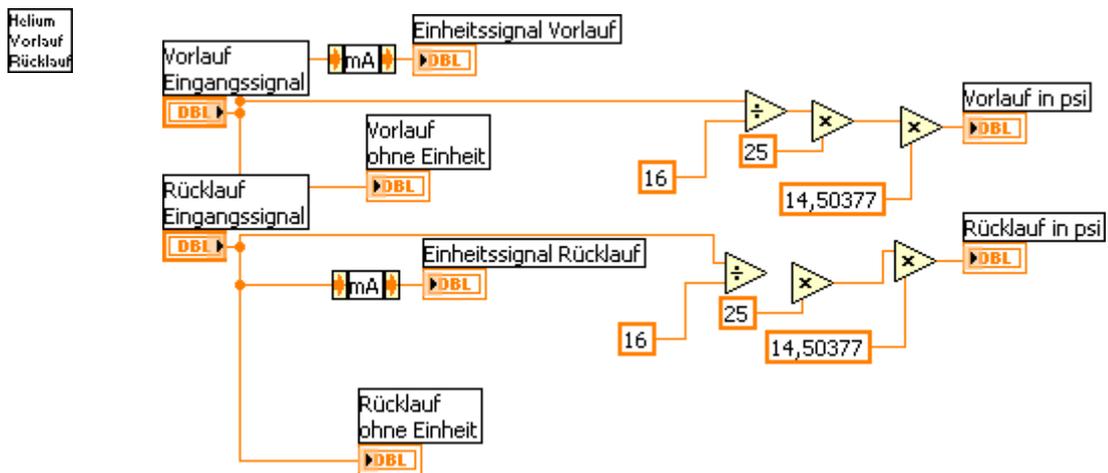


Abb. 91: Blockdiagramm Heliumdruck SubVI zur Umrechnung von Einheitssignal in Druckeinheit psi  
Der Druck errechnet sich mit gleicher Formel wie für die Temperatur. Zunächst wird der Wert in bar errechnet, anschließend in psi.

Beispiel:

$$x = x_A + (x_E - x_A) \cdot \frac{e}{e_E - e_A} = 0\text{bar} + (25\text{bar} - 0\text{bar}) \cdot \frac{8\text{mA}}{20\text{mA} - 4\text{mA}} = 12,5\text{bar} \cdot 14,50377 = 181,3\text{psi}$$

Mit:

- x zu errechnender Messwert
- $x_A$  Messwertanfang
- $x_E$  Messwertende
- e gemessenes Einheitssignal
- $e_A$  Einheitssignalanfang
- $e_E$  Einheitssignalende
- 14,50377 Umrechnungsfaktor bar in psi

Auftretende Fehler behandelt das Error-Handling SubVI. Dabei werden durch LabVIEW generierte Fehlermeldungen deaktiviert und zu den entsprechenden Fehlercodes eigene Meldungen ausgegeben, um dem Anwender die Korrektur zu erleichtern. Das Programm wird in diesem Fall nicht gestoppt, sondern wartet auf die Korrektur des aufgetretenen Fehlers.

Mögliche Fehler können z.B. sein die Unterbrechung der Betriebsspannung oder fehlende Netzwerkverbindung des Messdatenerfassungssystems. Ebenso ist es möglich, dass der Zugriff des Programms durch eine Firewall blockiert wird.

Des Weiteren ist es möglich, dass bei Montagearbeiten ein Klemmenmodul gezogen und der Bus unterbrochen wird. Ebenso kann ein Modul defekt sein, womit der Busknoten nicht mehr geschlossen ist. Die Daten des Modbus-Protokolls werden in Form eines String in LabVIEW ausgelesen. Sollte eine der genannten Unterbrechungen auftreten, so stellt sich ein bestimmter Stringwert ein. Dieser Wert ist als Fehlerkonstante im Error-Handling SubVI hinterlegt. Die Modbusdaten werden mit der String-Konstante verglichen und eine entsprechende Fehlermeldung bei Übereinstimmung ausgegeben.

Modbus-String bei  
Busknoten-Unterbrechung

□□,□

Buskommunikation der Klemmen unterbrochen: Klemmen, Bus-Endmodul fehlen oder Klemmenbus nicht richtig kontaktiert.  
Nach Beheben des Fehlers bitte Klemmenpaket neustarten über Webclient oder kurze Unterbrechung der Spannungsversorgung am Einschub.

Abb. 92: Stringkonstante mit Modbus-Wert bei Busknoten-Unterbrechung mit entsprechender Fehlermeldung (unten)

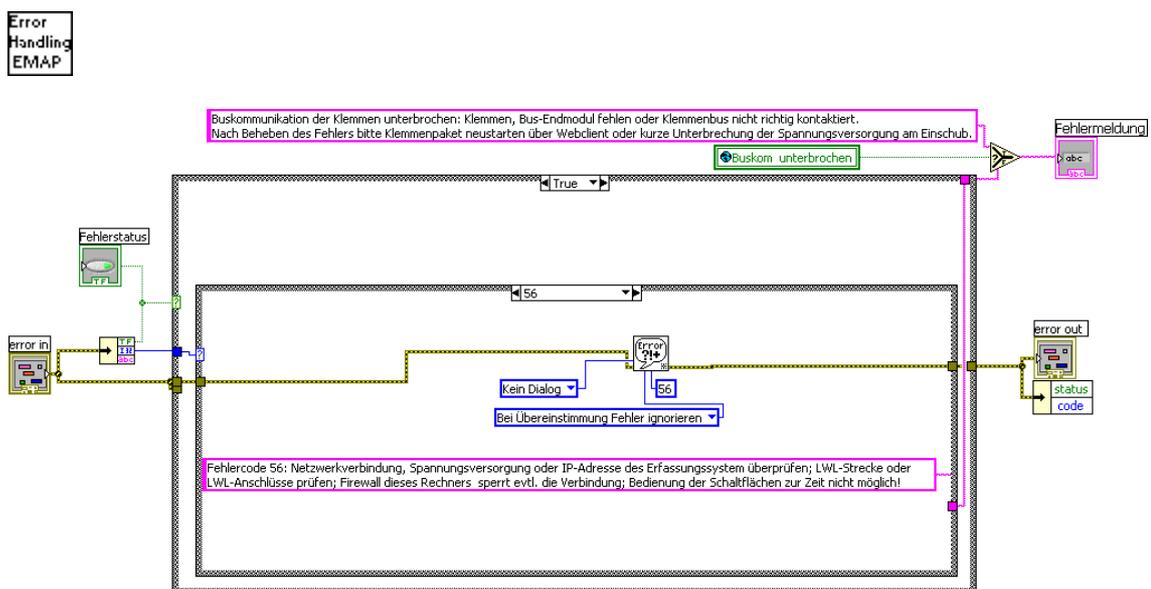


Abb. 93: Ausschnitt aus dem Blockdiagramm des Error-Handling SubVI; Fehlermeldung bei Auftreten des Fehlercode 56

## 10 Abschlussmessungen und Fazit

Die abschließenden EMV-Messungen sind wie in *Abschnitt 8.3* beschriebenen Messungen erneut im Absorberraum durchgeführt worden. Die genutzten Messmittel sind dem *Abschnitt 8.3.1* zu entnehmen. Für die Messungen im Fernfeldbereich wird hier nur der Bereich von 0-1GHz (nicht 0-3GHz) betrachtet, da sich in den ersten Messungen lediglich dort verstärkte Störstrahlung zeigte. Die Ergebnisse sind jeweils neben den Erstmessungen zum Vergleich aufgeführt:

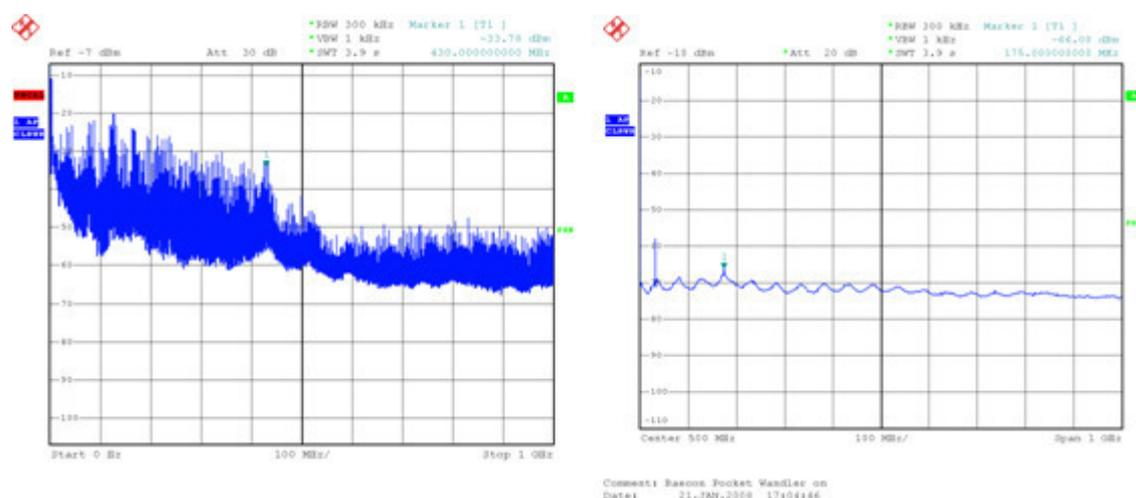


Abb. 94: Nahfeldmessung; 0-1GHz; Prüfling eingeschaltet; ohne Abschirmungsmaßnahmen (links), mit Abschirmungsmaßnahmen (rechts)

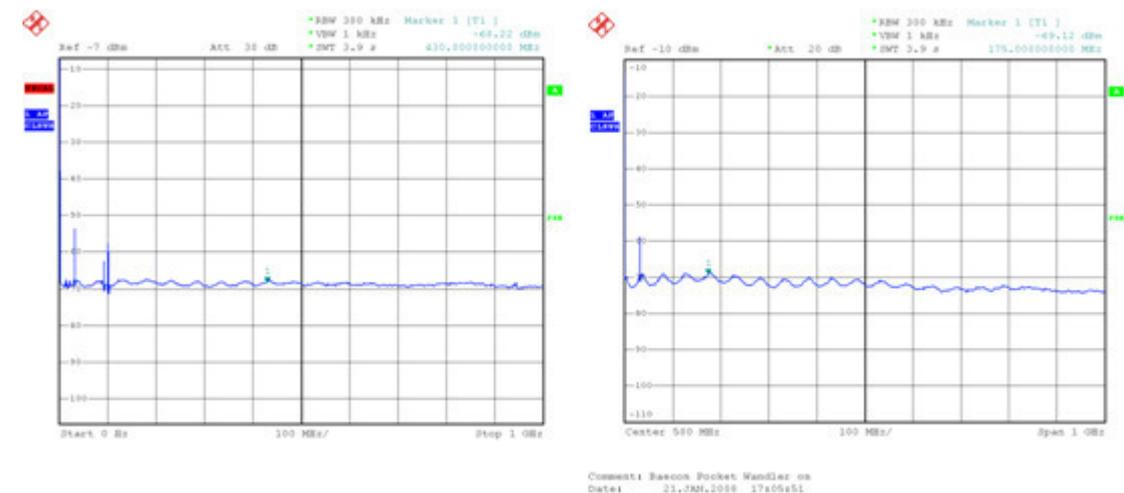


Abb. 95: : Nahfeldmessung; 0-1GHz; Prüfling ausgeschaltet; ohne Abschirmungsmaßnahmen (links), mit Abschirmungsmaßnahmen (rechts)

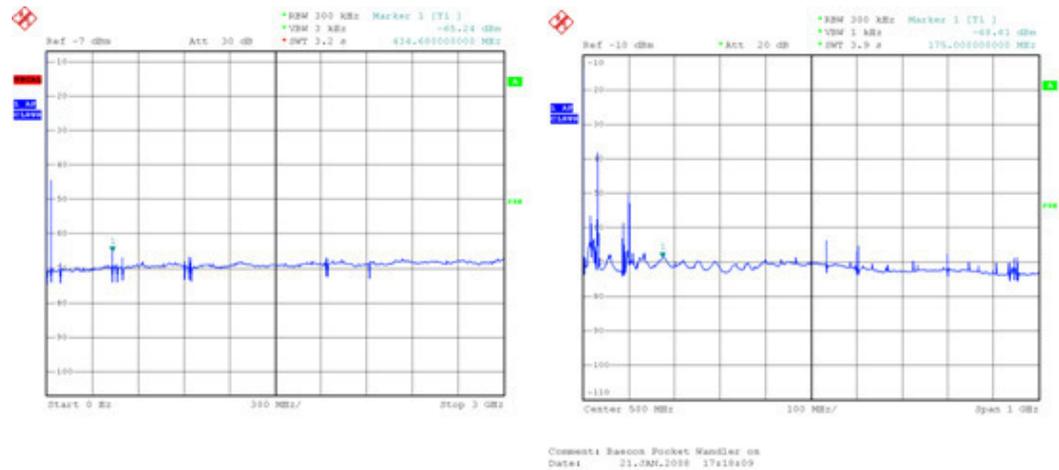


Abb. 96: Fernfeldmessung mit Log.-Period. Antenne; Messabstand 1,5m; 0-3GHz; Prüfling eingeschaltet ohne Abschirmungsmaßnahmen (links); 0-1GHz Prüfling eingeschaltet (rechts) mit Abschirmungsmaßnahmen

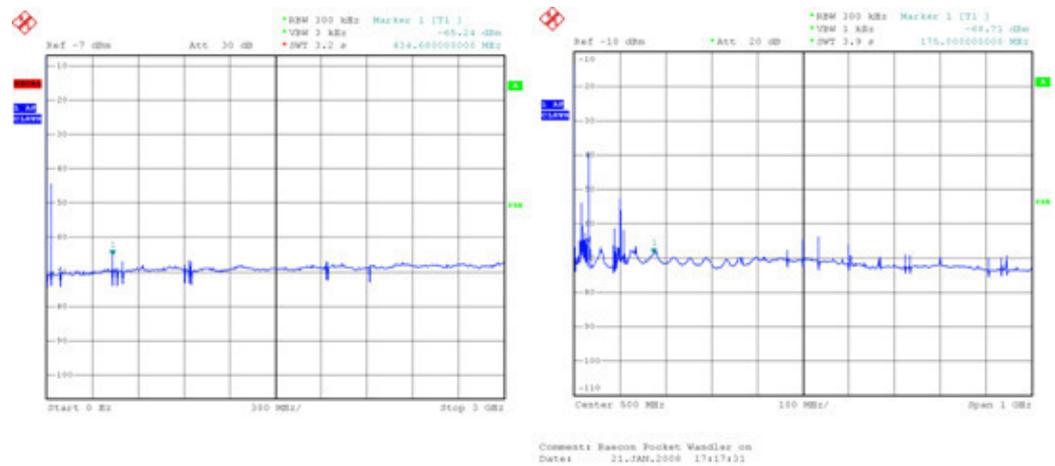


Abb. 97: Fernfeldmessung mit Log.-Period. Antenne; Messabstand 1,5m; 0-3GHz; Prüfling ausgeschaltet ohne Abschirmungsmaßnahmen (links); 0-1GHz Prüfling ausgeschaltet (rechts) mit Abschirmungsmaßnahmen

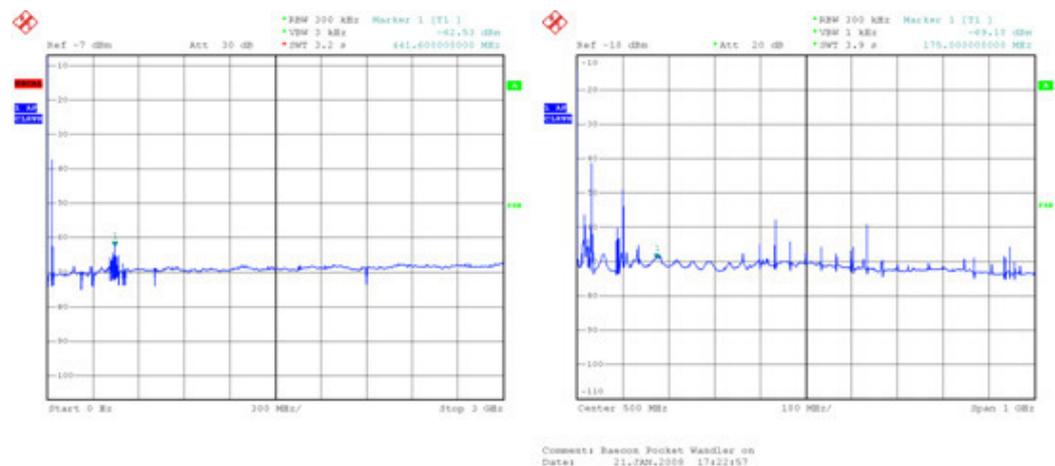


Abb. 98: Fernfeldmessung mit Log.-Period. Antenne Pol. 90°; Messabstand 1,5m; 0-3GHz; Prüfling eingeschaltet ohne Abschirmungsmaßnahmen (links); 0-1GHz Prüfling eingeschaltet (rechts) mit Abschirmungsmaßnahmen

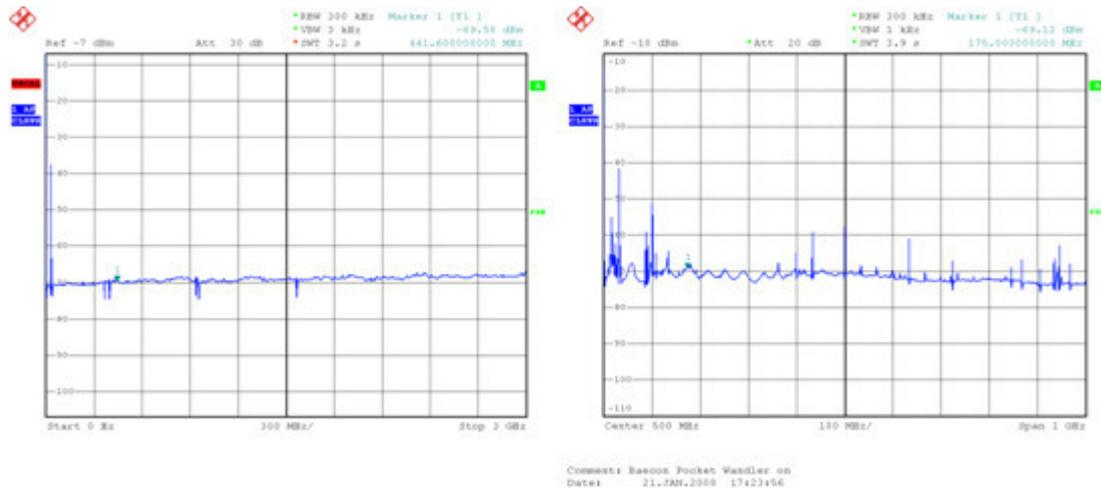


Abb. 99 Fernfeldmessung mit Log.-Period. Antenne Pol. 90°; Messabstand 1,5m; 0-3GHz; Prüfling ausgeschaltet ohne Abschirmungsmaßnahmen (links); 0-1GHz Prüfling ausgeschaltet (rechts) mit Abschirmungsmaßnahmen



Abb. 100: Messung mit Nahfeldsonde an Sub-D-Anschlüssen unterhalb des Lichtwellenleiteranschlusses

Die abschließenden Messungen zeigen keine ausgesendete Störstrahlung durch das abgeschirmte Messdatenerfassungssystem. Besonders deutlich wird die Auswirkung der Abschirmungsmaßnahmen bei Messungen mit einer Nahfeldsonde (siehe Abbildung 94).

Die aufgetretenen Störspitzen, welche insbesondere im Bereich von 0-500MHz zu sehen waren, können nicht weiter verifiziert werden. Sie waren auch dann noch zu messen, wenn das Messdatenerfassungssystem ausgeschaltet ist und sind somit nicht auf Dieses zurückzuführen. Mögliche Ursachen für diese Störspitzen können die genutzten Verstärker oder die Zuleitungen der Netzversorgungsspannung sein. Während der gesamten Messdauer bestand eine Ethernet-Verbindung mit einem PC außerhalb des Absorberraums, welcher das EMAP-Hauptprogramm (siehe Abschnitt 9.2) ausführte. Dadurch fand ein ständiger Datentransfer statt.

Eine Zeitmessung des Datentransfers nach Einbau des Systems in die Primärfokuskabine ergab eine Verzugszeit zwischen Request und Response von 1,65ms bei Aufruf des Funktionscodes 2 und 3 durch das EMAP-Hauptprogramm. Die genutzte Lichtwellenleiterstrecke beträgt zwischen Faradayraum in Effelsberg und Primärfokuskabine ca. 200m.

```
82 1.578650 134.104.71.174 134.104.70.103 UDP Source port: 47140 Destination port: 502
83 1.578754 134.104.71.174 134.104.70.103 UDP Source port: 47150 Destination port: 502
84 1.579816 134.104.70.103 134.104.71.174 UDP Source port: 502 Destination port: 47140
85 1.580300 134.104.70.103 134.104.71.174 UDP Source port: 502 Destination port: 47150
```

*Abb. 101: Ausschnitt der Zeitmessung des Datentransfers zwischen Request und Response (Software Wireshark Network Analyze)*

In *Abbildung 73* ist ein kompletter Anfrage- und Antwortzyklus zu sehen. Die errechnete Zeit von 1,65ms ergibt sich aus der Differenz von Startzeit der Anfrage durch den PC bis Ende der Antwort des Controllers des Messdatenerfassungssystems:

$$1,580300s - 1,578650s = 1,65 \cdot 10^{-3} s = \underline{\underline{1,65ms}}$$

Rechnet man die Verarbeitungszeiten des Modbus- und K-Busprotokolls mit jeweils 2ms hinzu, so ergibt sich eine Gesamtverarbeitungszeit von 5,65ms für einen Messdatenerfassungszyklus, also der Zeit zur Aktualisierung der angezeigten Werte im Hauptprogramm. Da auch in den Schleifen und Strukturen des Hauptprogramms Verzögerungszeiten zur Koordination der Messdatenabfrage vorhanden sind, kann ein Zyklus bis zu 60ms dauern.

Hinsichtlich möglicher Schaltvorgänge über die 16Bit Ausgänge sollten diese Zeiten berücksichtigt werden. Zeitunkritische Schaltvorgänge können durchaus mit dem System vorgenommen werden.

## 11 Ausblick

Zur Aufzeichnung und Abspeicherung, sowie zur Trendanalyse der Messdaten sind noch Unterprogramme im Anschluss an die Diplomarbeit zu programmieren. Für zukünftige Erweiterungen des Systems auf die Datenerfassung der Sekundärfokuskabine muss weitere Hardware angeschafft werden. Dabei ist zu bedenken, ob nicht eine Umrüstung des Systems auf das getestete CompactRIO von National Instruments stattfindet, um auch die dynamischen Signale mit zu verarbeiten.

Sollte eine Erweiterung des Messdatenerfassungssystems durch Einsatz weiterer WAGO-Komponenten stattfinden, ist es möglich die Entwürfe für das in dieser Diplomarbeit konstruierte Gehäuse und den Aufbau des Einschubs zu übernehmen. Lediglich der Feldknoten und die damit verbundenen Belegungspläne sind anzugleichen.

Die durchgeführten EMV-Messungen haben deutlich gezeigt, dass auf entsprechenden Abschirmungsmaßnahmen beim Einbringen von derartiger Messtechnik in das Teleskop zu achten ist.

Zurzeit befindet sich die erstellte Applikation des EMAP-Hauptprogramms auf einem Rechner der Systemgruppe Effelsberg. Sie kann dort für den Bereich des Kryo-Labors genutzt werden. Für die zentrale Anwendung des Programms und den Aufruf über einen Webbrowser innerhalb des MPI-Netzwerks, sowie zur Abspeicherung der Daten auf einer Festplatte muss noch ein freier Rechner gefunden werden.

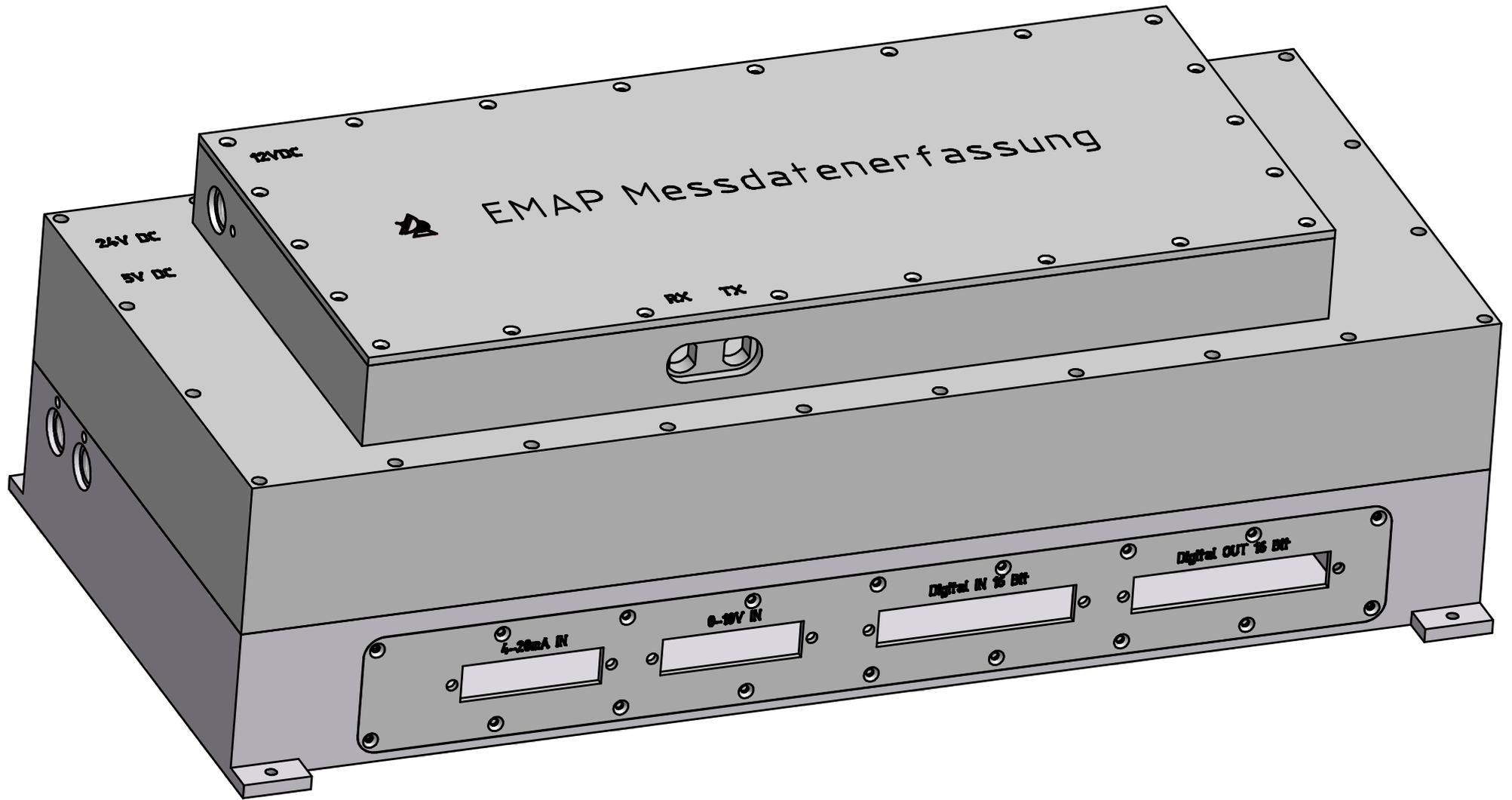
Die Unterverteilung in der Primärfokuskabine besteht aus einem Kunststoffgehäuse und bietet keine Abschirmung der Klemmstellen. Auf mögliche Einkopplung von Störstrahlungen, welche von Gerätschaften in der Fokuskabine produziert werden, muss überprüft werden.

Die für die Messung der Boxtemperaturen vorgesehenen Widerstandsthermometer sind noch nicht in den Empfängerboxen verbaut. Um eine Beispielmessung zum Abschluss der Diplomarbeit anzeigen zu können ist ein Sensor in der Fokuskabine angebracht worden.

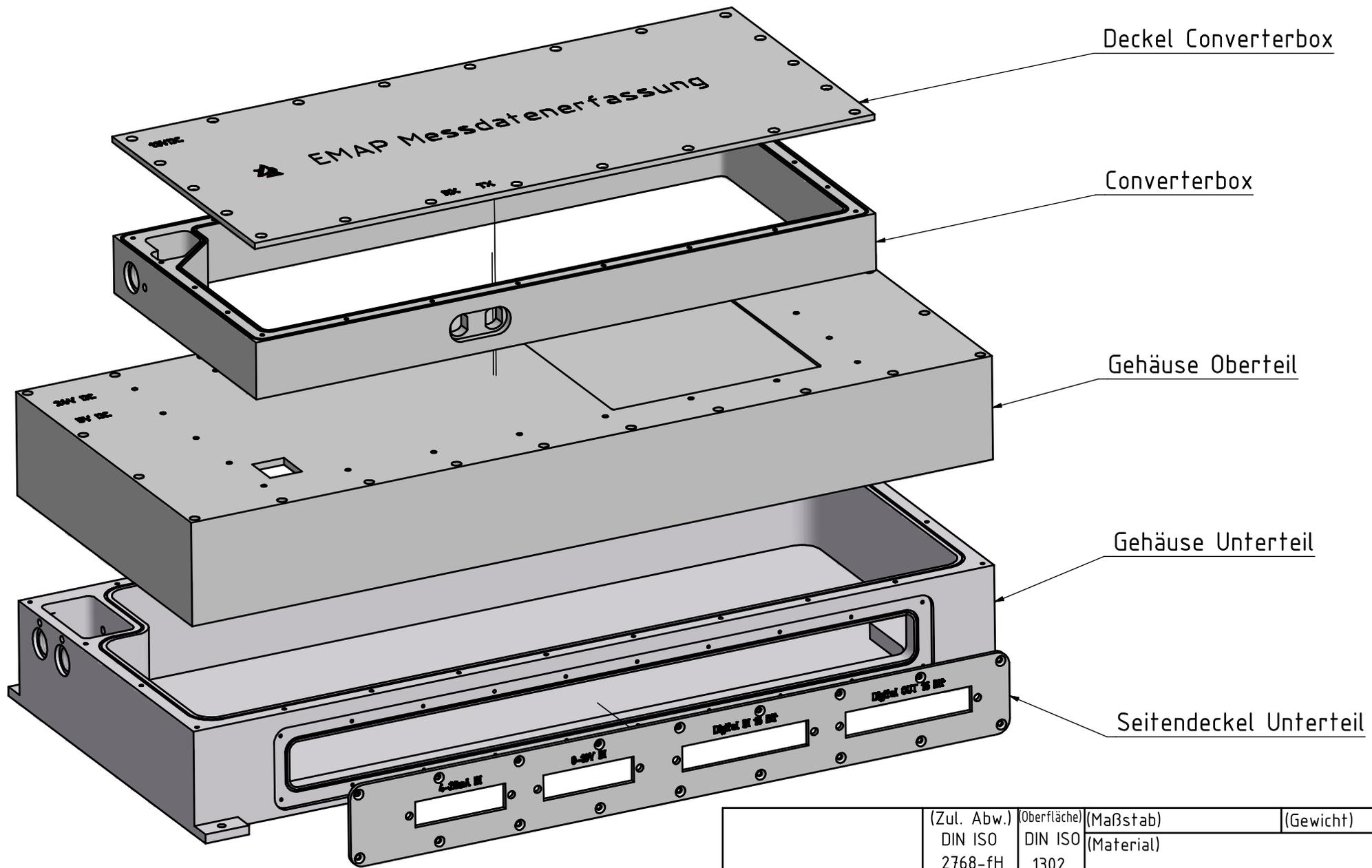
## 12 Quellennachweis

- [ 1] **Becker, Norbert:** *Automatisierungstechnik, Lehr- und Übungsbuch:* 1.Auflage: Vogel Fachbuch, Kamprath Reihe, 2006
- [ 2] *CompactRIO.* <http://www.ni.com/compactrio/>
- [ 3] *DT-400 Series Silicon Diodes.*  
[http://www.lakeshore.com/pdf\\_files/sensors/LSTC\\_DT400\\_1.pdf](http://www.lakeshore.com/pdf_files/sensors/LSTC_DT400_1.pdf)
- [ 4] *Druckmessumformer für allgemeine Anwendungen Typ S-10, Standardausführung.* [http://www.wika.de/pdf/datenblaetter/pe/DS\\_PE8101\\_D.pdf](http://www.wika.de/pdf/datenblaetter/pe/DS_PE8101_D.pdf)
- [ 5] *LabVIEW Forum.* <http://www.labviewforum.de/>
- [ 6] **Leybold AG:** *Grundlagen der Vakuumtechnik: Berechnungen und Tabellen:* Degussa-AG. September 1987
- [ 7] *Max-Planck-Institut für Radioastronomie.* <http://www.mpifr-bonn.mpg.de>
- [ 8] *Modbus TCP.* <http://www.anybus.de/technologie/modbustcp.shtml>
- [ 9] *Polyrack Tech-Group.* [http://www.polyrack.com/ger/92\\_97.aspx](http://www.polyrack.com/ger/92_97.aspx)
- [ 10] *Raum-, Außen- und Kanal-Widerstandsthermometer (90.2523).*  
<http://www3.jumo.de/pio/product.do?uuid=dde1d4720a0a025d224701f05b7c8c4e>
- [ 11] **Sommer, Volker.** *Messwerterfassung/Mikrosensorik ET 4. Semester (A+K+M).* FH-Bonn-Rhein-Sieg. Sommersemester 2007
- [ 12] *Teledyne Hastings Instruments. Thermocouple Gauge Tubes/Sensors.*  
[http://www.hastings-inst.com/pdfs/PB-100A%20rev-0405\\_Thermocouple-G-Tubes.pdf](http://www.hastings-inst.com/pdfs/PB-100A%20rev-0405_Thermocouple-G-Tubes.pdf)
- [ 13] **Teuber, Ute.** *LabVIEW-Praktikum ET 7. Semester (A).* FH-Bonn-Rhein-Sieg. Wintersemester 2006/2007
- [ 14] *WAGO Technische Dokumentation.*  
[http://www.wago.com/wagoweb/documentation/index\\_d.htm](http://www.wago.com/wagoweb/documentation/index_d.htm)
- [ 15] **Wiley-VCH:** *Vakuum in Forschung und Praxis: Vakuum Lexikon:* Februar 1999
- [ 16] **Winzker, Marco.** *Einführung in die Digitaltechnik ET 7. Semester (A+K).* FH-Bonn-Rhein-Sieg. Wintersemester 2006/2007
- [ 17] [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

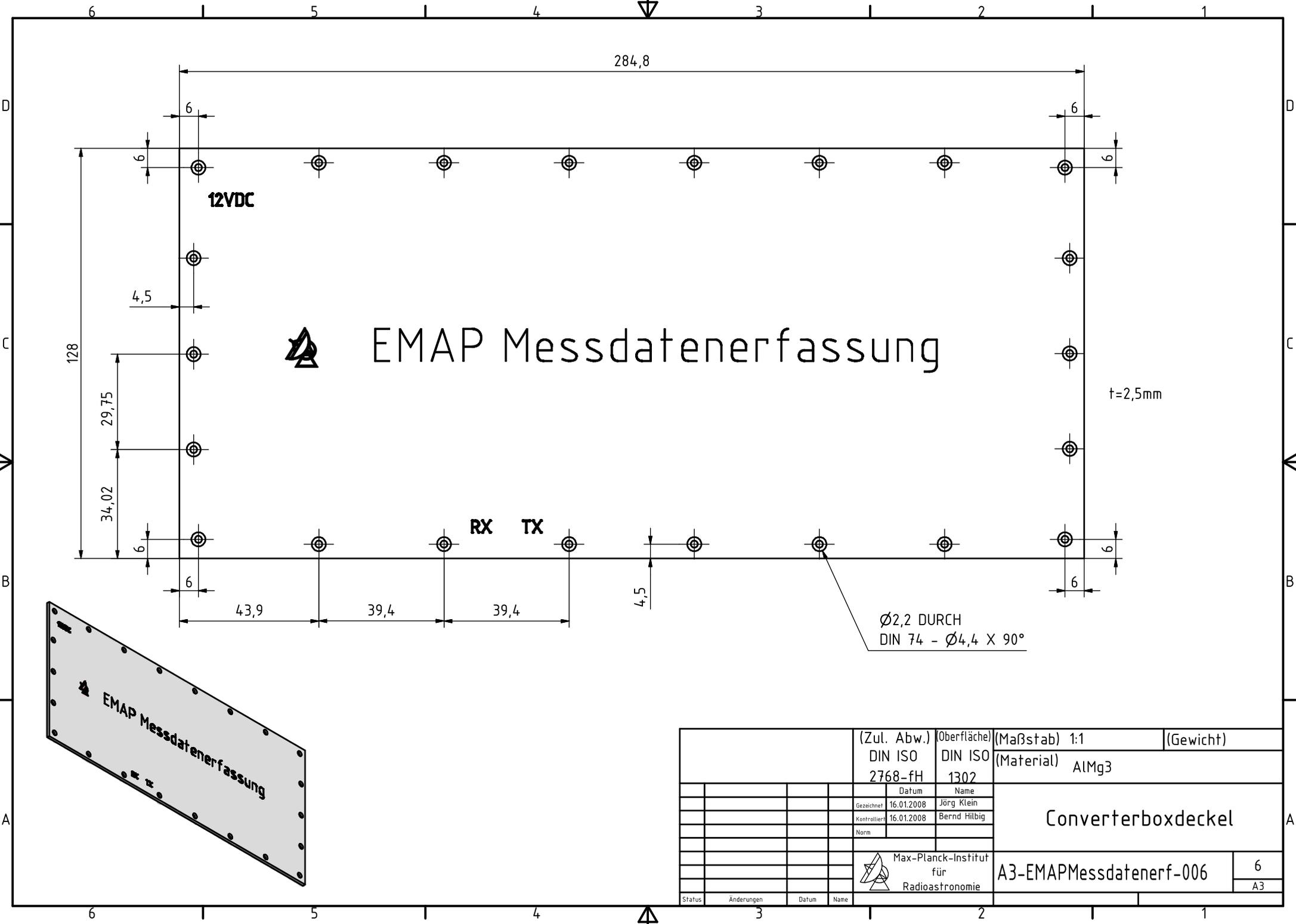
# 13 Anhang



				(Zul. Abw.) DIN ISO 2768-fH	(Oberfläche) DIN ISO 1302	(Maßstab)	(Gewicht) 3,73 kg
				Datum	Name	(Material) AlMg3	
				Gezeichnet	16.01.2008	Jörg Klein	
				Kontrolliert	16.01.2008	Bernd Hilbig	
				Norm			
				Max-Planck-Institut für Radioastronomie		EMAP Messdatenerfassung Zusammenbau	
						A3-EMAP Messdatenerf-008	8
							A3
Status	Änderungen	Datum	Name				



	(Zul. Abw.) DIN ISO	(Oberfläche) DIN ISO	(Maßstab)	(Gewicht)
	2768-fH	1302	(Material)	
	Datum	Name	EMAP Messdatenerfassung Zusammenbau Explosionsz.	
	15.01.2008	Jörg Klein		
	15.01.2008	Bernd Hilbig		
	Norm		A3-EMAPMessdatenerf-007	
	Max-Planck-Institut für Radioastronomie		7	A3
Status	Änderungen	Datum	Name	



12VDC

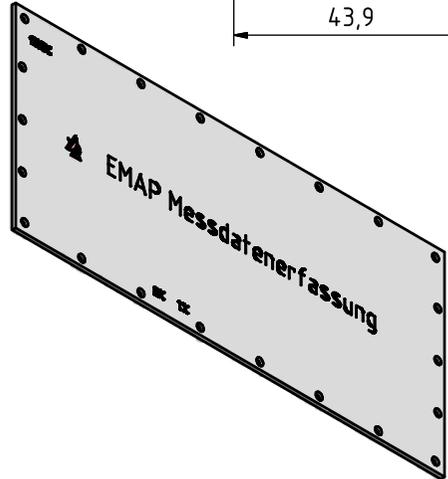


EMAP Messdatenerfassung

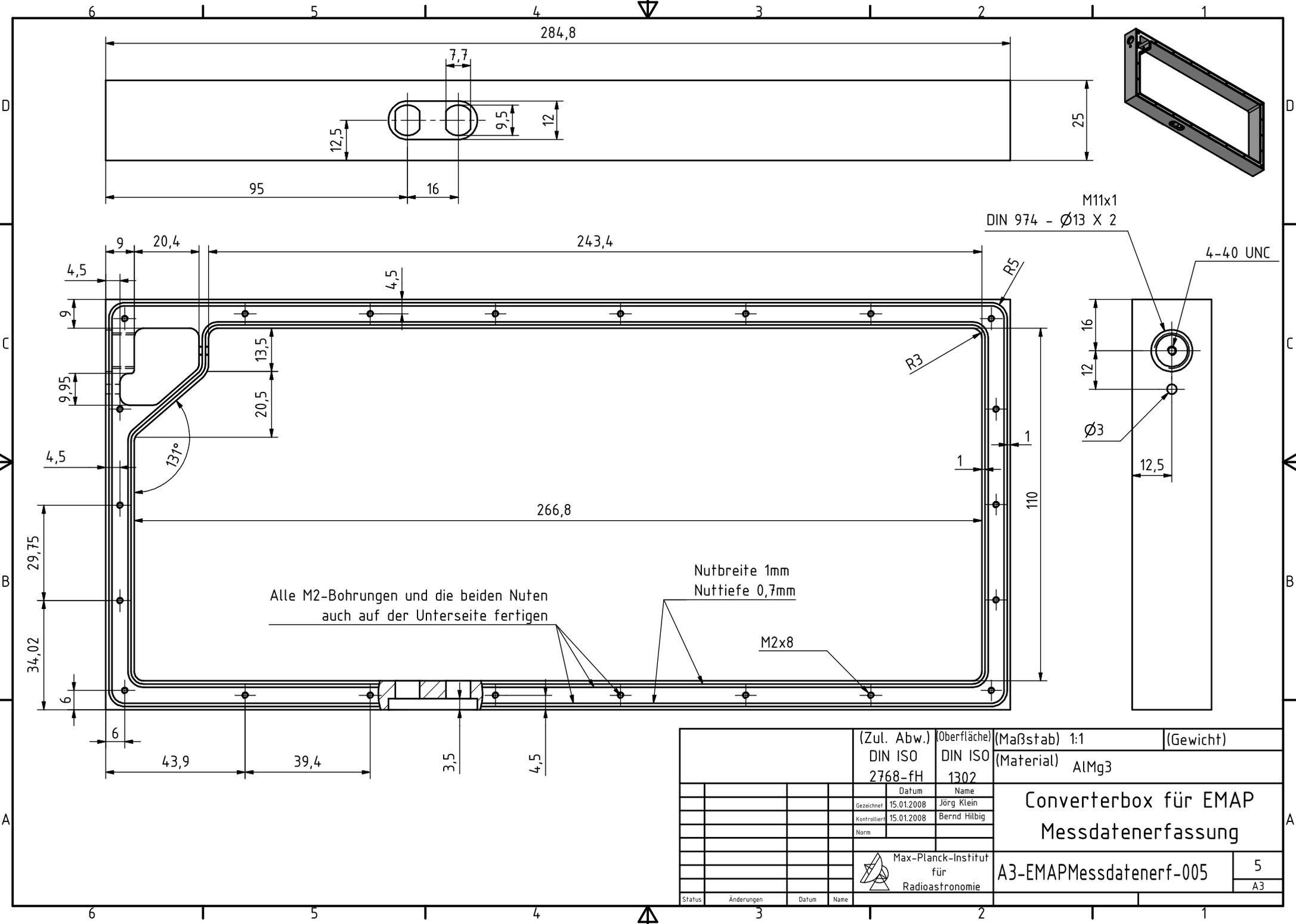
t=2,5mm

RX TX

Ø2,2 DURCH  
DIN 74 - Ø4,4 X 90°



				(Zul. Abw.) DIN ISO 2768-fH	(Oberfläche) DIN ISO 1302	(Maßstab) 1:1	(Gewicht)
				Datum	Name	(Material) AlMg3  <b>Converterboxdeckel</b>	
				Gezeichnet	Jörg Klein		
				Kontrolliert	Bernd Hilbig		
				Norm		<b>A3-EMAPMessdatenerf-006</b>	
				Max-Planck-Institut für Radioastronomie			
Status	Änderungen	Datum	Name				A3



Alle M2-Bohrungen und die beiden Nuten  
auch auf der Unterseite fertigen

Nutbreite 1mm  
Nuttiefe 0,7mm

M2x8

M11x1  
DIN 974 - Ø13 X 2

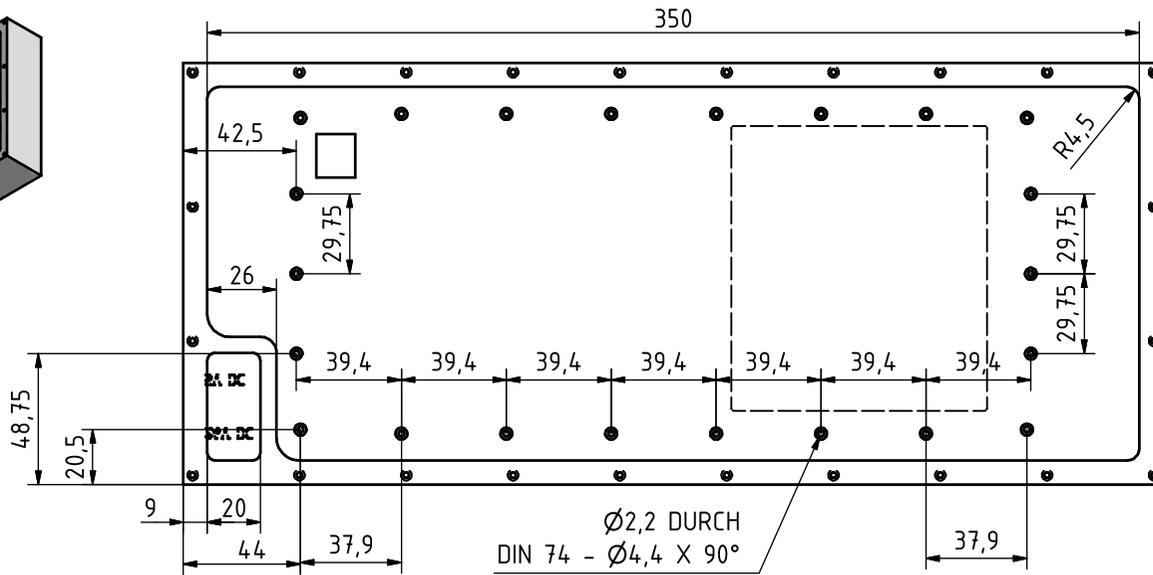
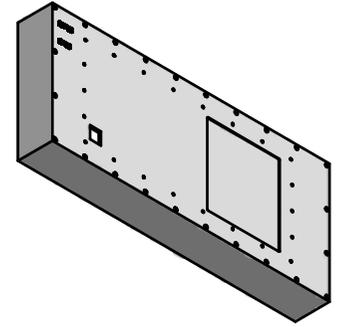
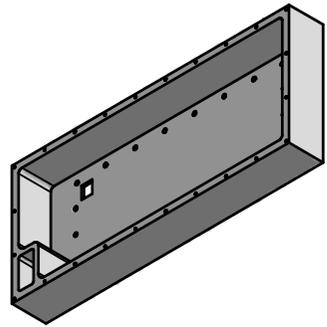
4-40 UNC

Converterbox für EMAP  
Messdatenerfassung

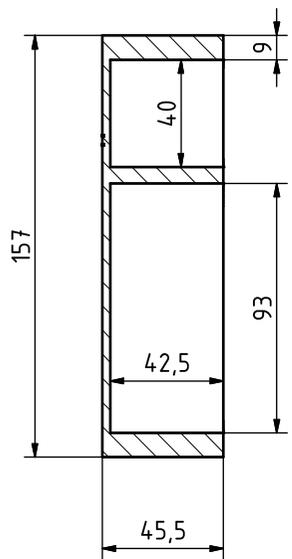
A3-EMAPMessdatenerf-005

5  
A3

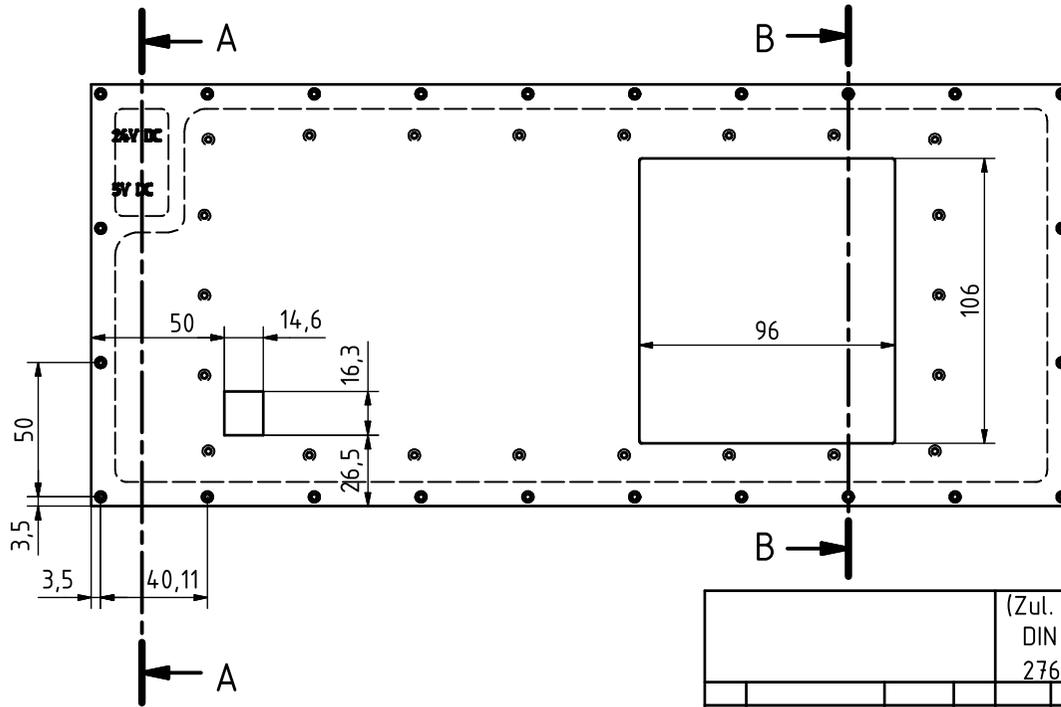
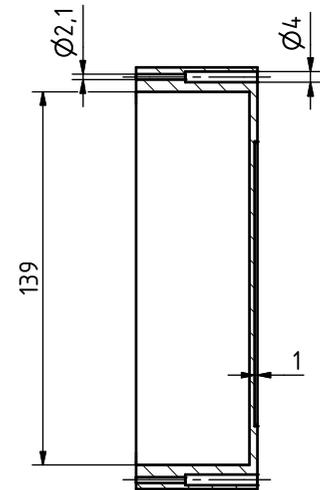
		(Zul. Abw.) DIN ISO 2768-fH	(Oberfläche) DIN ISO 1302	(Maßstab) 1:1	(Gewicht)
		Datum 15.01.2008	Name Jörg Klein	<p>Material) AlMg3</p>	
		Gezeichnet 15.01.2008	Kontrolliert Bernd Hilbig		
		Norm			
		 Max-Planck-Institut für Radioastronomie			
Status	Änderungen	Datum	Name		



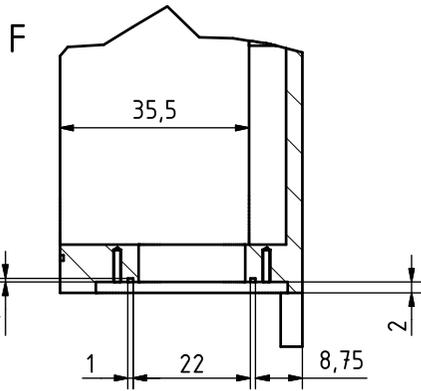
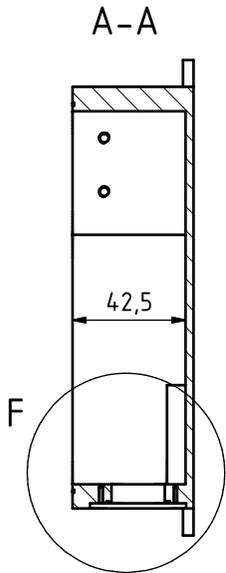
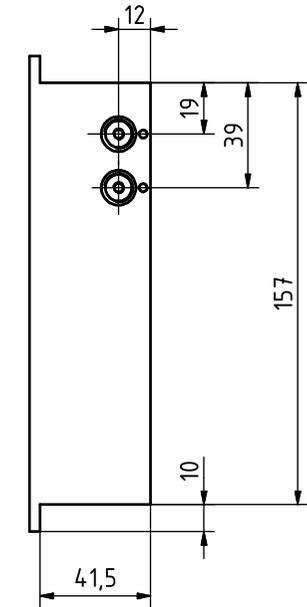
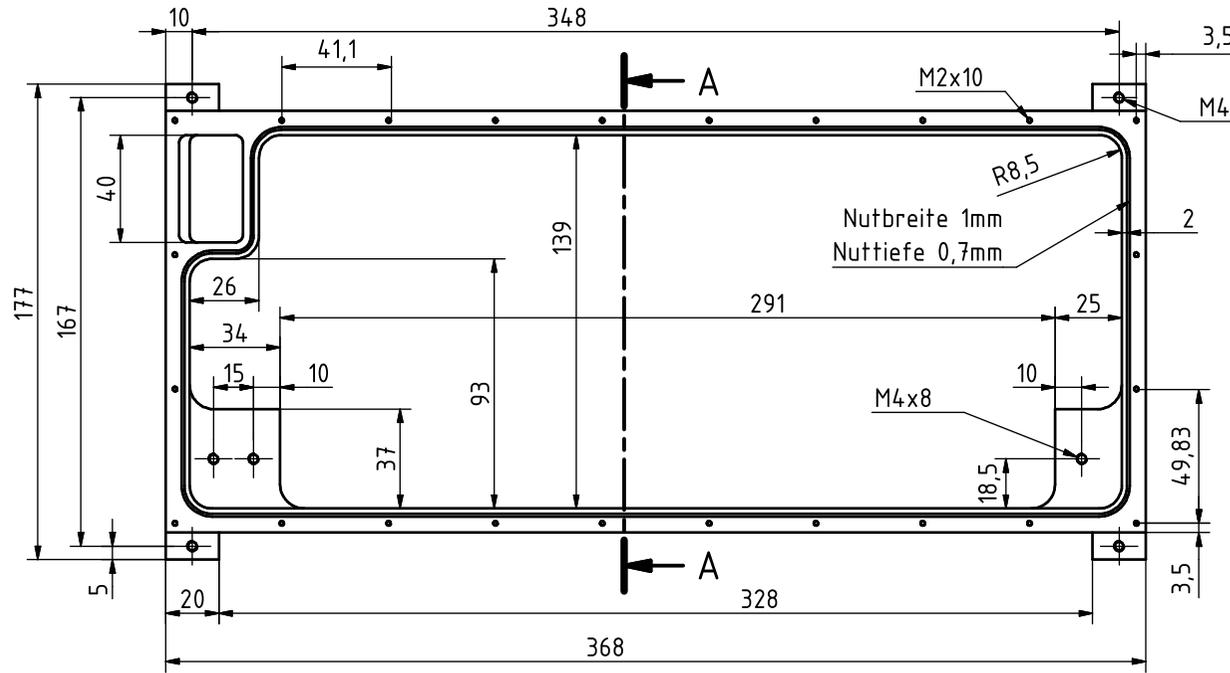
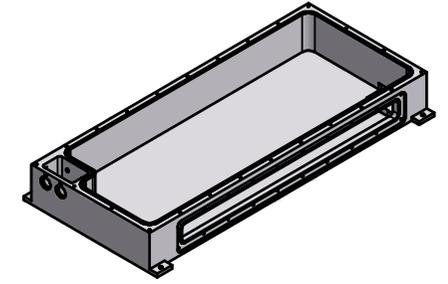
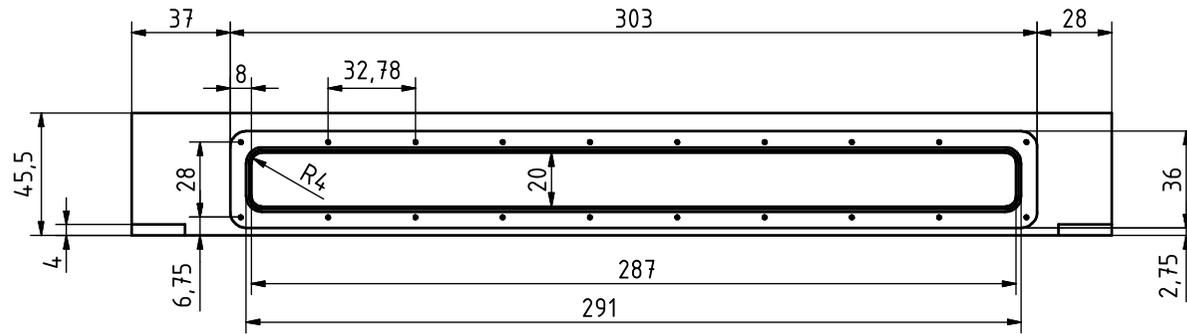
A-A



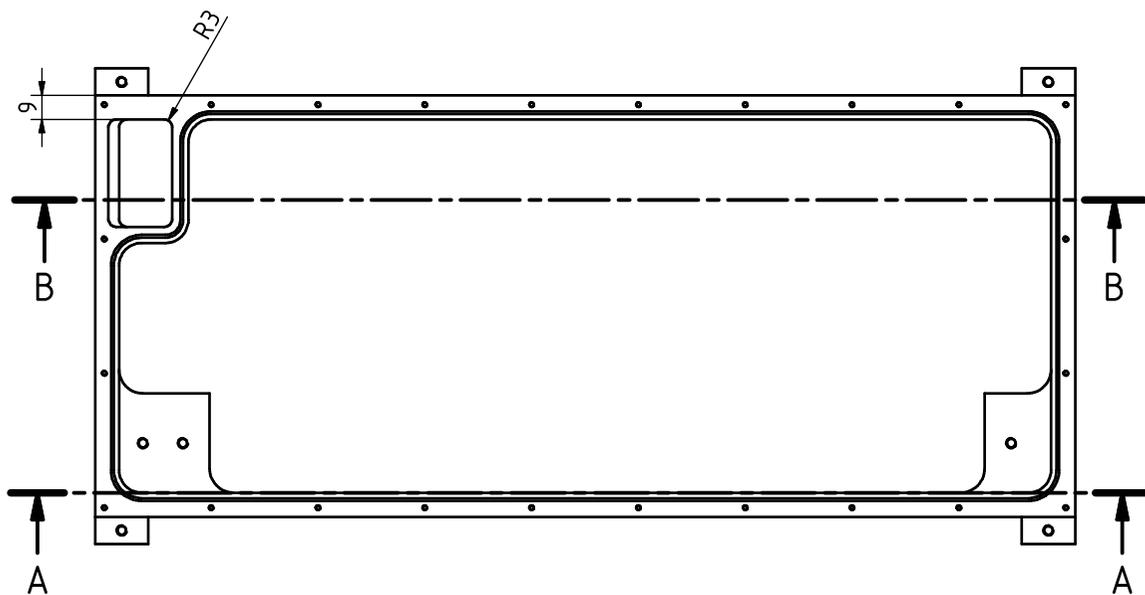
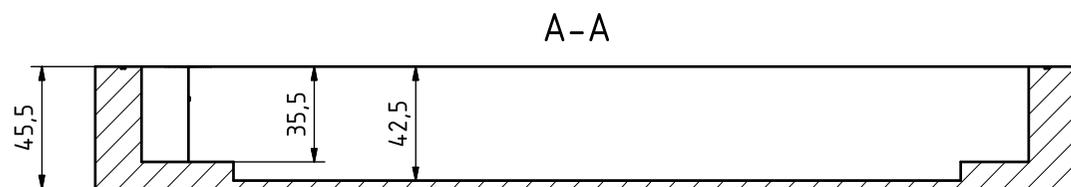
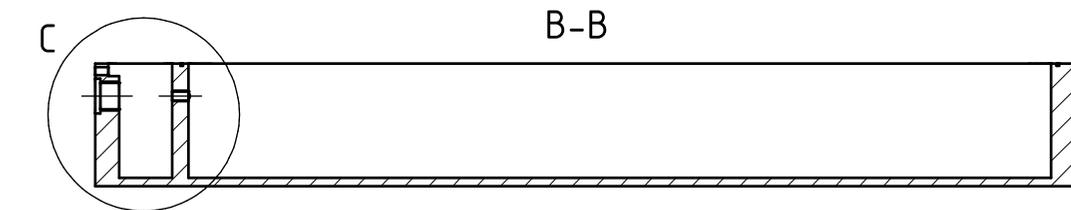
B-B



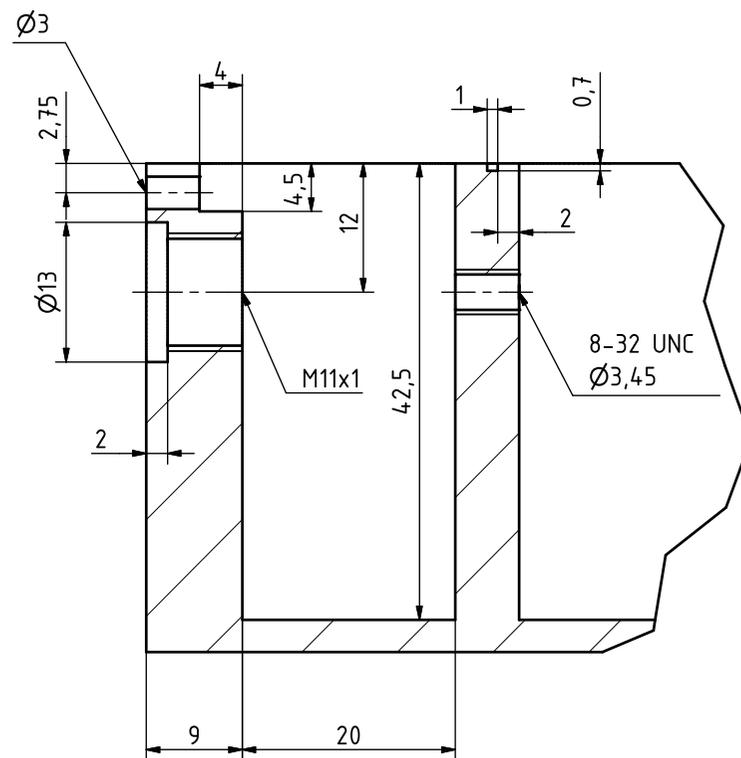
				(Zul. Abw.) DIN ISO 2768-fH	(Oberfläche) DIN ISO 1302	(Maßstab) 1:2	(Gewicht)
				Datum	Name	(Material) AlMg3	
				Gezeichnet	Jörg Klein	Gehäuse Oberteil	
				Kontrolliert	Bernd Hilbig		
				Norm			
				Max-Planck-Institut für Radioastronomie		A3-EMAPMessdatenerf-003	3 A3
Status	Änderungen	Datum	Name				



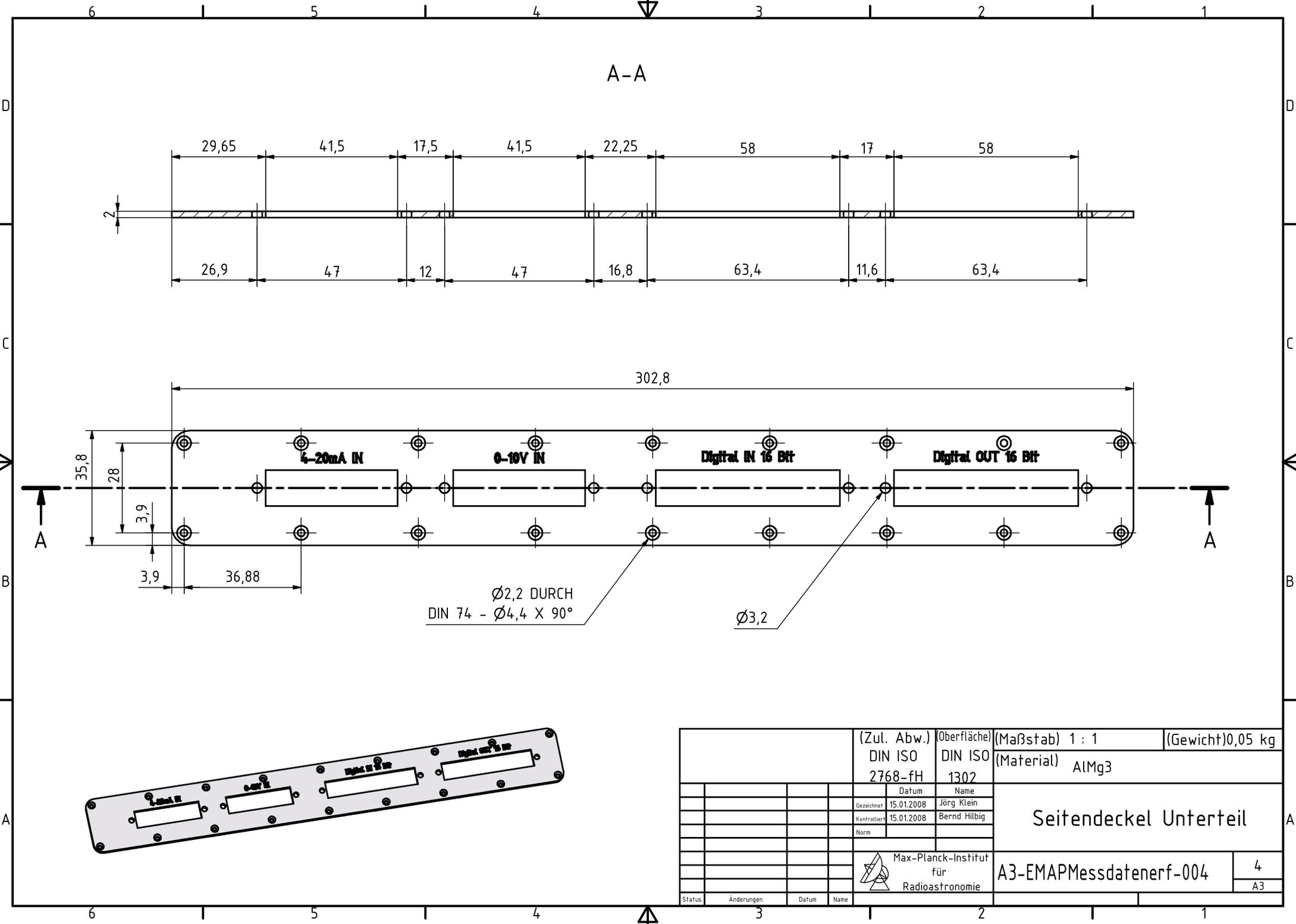
				(Zul. Abw.) DIN ISO 2768-fH	(Oberfläche) DIN ISO 1302	(Maßstab) 1 : 2	(Gewicht) 1,4 kg
				Datum 11.01.2008	Name Jörg Klein	(Material) AlMg3	
				Gezeichnet 14.01.2008	Kontrolliert Bernd Hilbig	Gehäuse Unterteil	
				Norm			
				Max-Planck-Institut für Radioastronomie		A3-EMAPMessdatenerf-001	
Status	Änderungen	Datum	Name			1 A3	



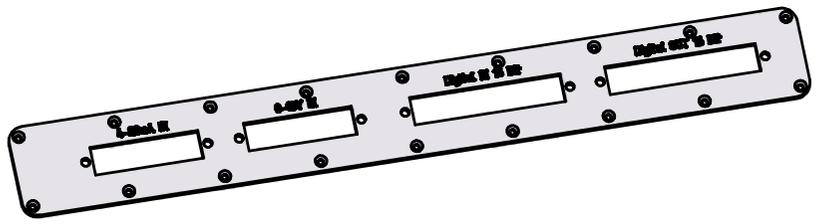
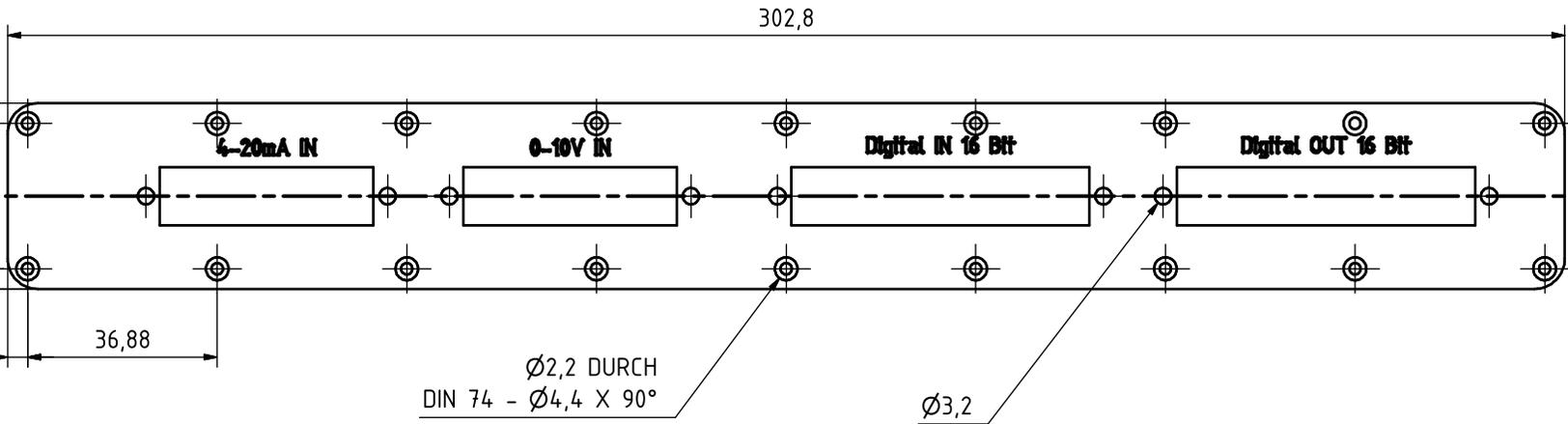
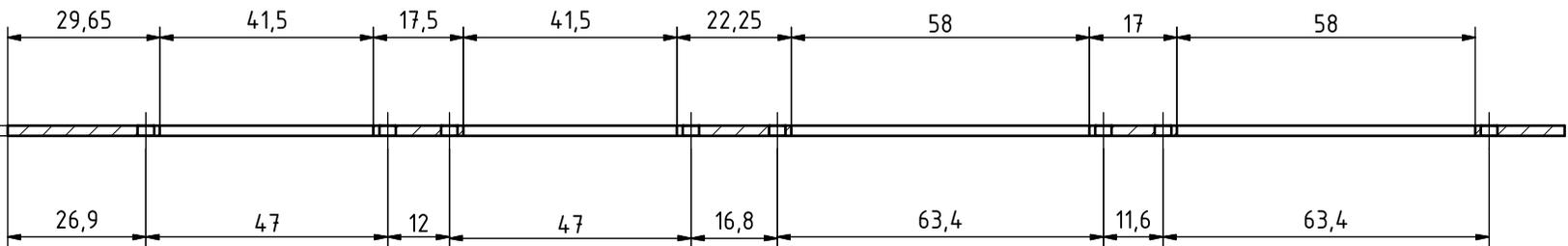
C ( 2 : 1 )



		(Zul. Abw.) DIN ISO 2768-fH	(Oberfläche) DIN ISO 1302	(Maßstab) 1: 2	(Gewicht) 1,4 Kg
		Datum	Name	<b>Gehäuse Unterteil</b> <b>Schnitte und Detailansicht</b>	
		Gezeichnet	Jörg Klein		
		Kontrolliert	Bernd Hilbig		
		Norm			
		 Max-Planck-Institut für Radioastronomie		<b>A3-EMAP</b> Messdatenerf-002	
Status	Änderungen	Datum	Name	2 A3	



A-A



		(Zul. Abw.) DIN ISO 2768-fH	(Oberfläche) DIN ISO 1302	(Maßstab) 1 : 1	(Gewicht) 0,05 kg
		Datum	Name	Seitendeckel Unterteil	
		Gezeichnet	Jörg Klein		
		Kontrolliert	Bernd Hilbig		
		Norm		A3-EMAP Messdatenerf-004	
		Max-Planck-Institut für Radioastronomie			
Status	Änderungen	Datum	Name	4	A3

## UV EMAP (Stand: 16.01.08)

<b>C</b>	PIN3	PIN16	PIN6	PIN19	PIN9	PIN22	PIN2	PIN15	PIN5	PIN18	gehend
<b>B</b>	PIN2	PIN15	PIN5	PIN18	PIN8	PIN21	PIN1	PIN14	PIN4	PIN17	
<b>A</b>	PIN1	PIN14	PIN4	PIN17	PIN7	PIN20	PIN10	PIN23	PIN3	PIN16	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	
<b>A</b>	HD Rx1 S	+ 24V DC	HD Rx2 R	+ 24V DC	BT Rx1	+ 24V DC	freier Kanal	+ 24V DC	V Rx2A	GND V Rx2A	kommend
<b>B</b>	HD Rx1 R	+ 24V DC	HD Rx3 S	+ 24V DC	BT Rx2	+ 24V DC	V Rx1A	GND V Rx1A	K Rx2A	GND K Rx2A	
<b>C</b>	HD Rx2 S	+ 24V DC	HD Rx3 R	+ 24V DC	BT Rx3	+ 24V DC	K Rx1A	GND K Rx1A	V Rx3A	GND V Rx3A	
<b>C</b>	PIN8	PIN21	PIN1	PIN20	PIN4	PIN23	PIN7	PIN26	PIN10	PIN29	gehend
<b>B</b>	PIN7	PIN20	PIN10	PIN23	PIN3	PIN22	PIN6	PIN25	PIN9	PIN28	
<b>A</b>	PIN6	PIN19	PIN9	PIN22	PIN2	PIN21	PIN5	PIN24	PIN8	PIN27	
	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	
<b>A</b>	K Rx3A	GND K Rx3A	V Rx2C	GND V Rx2C	UB Rx2A	GND	UB Rx2C	GND	UB Rx3B	GND	kommend
<b>B</b>	V Rx2B	GND V Rx2B	K Rx2C	GND K Rx2C	UB Rx3A	GND	UB Rx1B	GND	UB Rx3C	GND	
<b>C</b>	K Rx2B	GND K Rx2B	UB Rx1A	GND	UB Rx2B	GND	UB Rx1C	GND	freier Kanal	GND	

<b>HD</b>	= Heliumdruck
<b>S</b>	= Supply-Druck
<b>R</b>	= Return-Druck
<b>BT</b>	= Boxtemperatur
<b>V</b>	= Vakuumdruck
<b>K</b>	= Kryotemperatur
<b>GND</b>	= Masse

4-20mA IN 25 pol.

0-10V IN 25 pol.

Digital IN 16 Bit 37 pol.

Digital OUT 16 Bit 37 pol.

<b>C</b>	PIN13	PIN32	PIN16	PIN35	PIN3	PIN22	PIN6	PIN25	PIN9	PIN28	gehend
<b>B</b>	PIN12	PIN31	PIN15	PIN34	PIN2	PIN21	PIN5	PIN24	PIN8	PIN27	
<b>A</b>	PIN11	PIN30	PIN14	PIN33	PIN1	PIN20	PIN4	PIN23	PIN7	PIN26	
	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	
<b>A</b>	freier Kanal	GND	kommend								
<b>B</b>	freier Kanal	GND									
<b>C</b>	freier Kanal	GND									

<b>C</b>	PIN12	PIN31	PIN15	PIN34							gehend
<b>B</b>	PIN11	PIN30	PIN14	PIN33							
<b>A</b>	PIN10	PIN29	PIN13	PIN32	PIN16	PIN35					
	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	
<b>A</b>	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND					kommend
<b>B</b>	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND							
<b>C</b>	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND							

<b>HD</b>	= Heliumdruck
<b>S</b>	= Supply-Druck
<b>R</b>	= Return-Druck
<b>BT</b>	= Boxtemperatur
<b>V</b>	= Vakuumdruck
<b>K</b>	= Kryotemperatur
<b>GND</b>	= Masse

4-20mA IN 25 pol.

0-10V IN 25 pol.

Digital IN 16 Bit 37 pol.

Digital OUT 16 Bit 37 pol.

## Leitungsbelegung auf UV (Farbcode) (Stand: 16.01.08)

<b>C</b>	grau	rosa	grau-rosa	rot-blau	weiß-grau	grau-braun	grün	gelb	schwarz	violett	gehend
<b>B</b>	grün	gelb	schwarz	violett	weiß-gelb	gelb-braun	weiß	braun	blau	rot	
<b>A</b>	weiß	braun	blau	rot	weiß-grün	grün-braun	weiß-rosa	rosa-braun	grau	rosa	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	
<b>A</b>	HD Rx1 S	+ 24V DC	HD Rx2 R	+ 24V DC	BT Rx1	+ 24V DC	freier Kanal	+ 24V DC	V Rx2A	GND V Rx2A	kommend
<b>B</b>	HD Rx1 R	+ 24V DC	HD Rx3 S	+ 24V DC	BT Rx2	+ 24V DC	V Rx1A	GND V Rx1A	K Rx2A	GND K Rx2A	
<b>C</b>	HD Rx2 S	+ 24V DC	HD Rx3 R	+ 24V DC	BT Rx3	+ 24V DC	K Rx1A	GND K Rx1A	V Rx3A	GND V Rx3A	

<b>C</b>	weiß-gelb	gelb-braun	weiß	braun	blau	rot	weiß-grün	grün-braun	weiß-rosa	rosa-braun	gehend
<b>B</b>	weiß-grün	grün-braun	weiß-rosa	rosa-braun	grau	rosa	grau-rosa	rot-blau	weiß-grau	grau-braun	
<b>A</b>	grau-rosa	rot-blau	weiß-grau	grau-braun	grün	gelb	weiß-braun	gelb-grün	weiß-gelb	gelb-braun	
	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	
<b>A</b>	K Rx3A	GND K Rx3A	V Rx2C	GND V Rx2C	UB Rx2A	GND	UB Rx2C	GND	UB Rx3B	GND	kommend
<b>B</b>	V Rx2B	GND V Rx2B	K Rx2C	GND K Rx2C	UB Rx3A	GND	UB Rx1B	GND	UB Rx3C	GND	
<b>C</b>	K Rx2B	GND K Rx2B	UB Rx1A	GND	UB Rx2B	GND	UB Rx1C	GND	freier Kanal	GND	

<b>HD</b>	= Heliumdruck
<b>S</b>	= Supply-Druck
<b>R</b>	= Return-Druck
<b>BT</b>	= Boxtemperatur
<b>V</b>	= Vakuumdruck
<b>K</b>	= Kryotemperatur
<b>GND</b>	= Masse

4-20mA IN 25 pol.
0-10V IN 25 pol.
Digital IN 16 Bit 37 pol.
Digital OUT 16 Bit 37 pol.

<b>C</b>	weiß-schwarz	braun-schwarz	grün-blau	gelb-blau	grau	rosa	grau-rosa	rot-blau	weiß-grau	grau-braun	gehend
<b>B</b>	weiß-rot	braun-rot	rosa-grün	gelb-rosa	grün	gelb	weiß-braun	gelb-grün	weiß-gelb	gelb-braun	
<b>A</b>	weiß-blau	blau-braun	grau-grün	gelb-grau	weiß	braun	blau	rot	weiß-grün	grün-braun	
	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	
<b>A</b>	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND	kommend
<b>B</b>	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND	
<b>C</b>	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND	

<b>C</b>	weiß-rot	braun-rot	rosa-grün	gelb-rosa							gehend
<b>B</b>	weiß-blau	blau-braun	grau-grün	gelb-grau							
<b>A</b>	weiß-rosa	rosa-braun	weiß-schwarz	braun-schwarz	grün-blau	gelb-blau					
	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	
<b>A</b>	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND					kommend
<b>B</b>	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND							
<b>C</b>	freier Kanal	GND	freier Kanal	GND							

<b>HD</b>	= Heliumdruck
<b>S</b>	= Supply-Druck
<b>R</b>	= Return-Druck
<b>BT</b>	= Boxtemperatur
<b>V</b>	= Vakuumdruck
<b>K</b>	= Kryotemperatur
<b>GND</b>	= Masse

4-20mA IN 25 pol.

0-10V IN 25 pol.

Digital IN 16 Bit 37 pol.

Digital OUT 16 Bit 37 pol.

## EMAP Sub-D PIN-Belegung 19" Einschub 25 pol. (Stand: 31.01.08)

Sub-D		4-20mA IN		Sub-D		0-10V IN	
	1	PIN	Zuweisung		13	PIN	Zuweisung
	2	1	HD Rx1 S	25	12	1	V Rx1A
	3	2	HD Rx1 R	24	11	2	K Rx1A
	4	3	HD Rx2 S	23	10	3	V Rx2A
	5	4	HD Rx2 R	22	9	4	K Rx2A
	6	5	HD Rx3 S	21	8	5	V Rx3A
	7	6	HD Rx3 R	20	7	6	K Rx3A
	8	7	BT Rx1	19	6	7	V Rx2B
	9	8	BT Rx2	18	5	8	K Rx2B
	10	9	BT Rx3	17	4	9	V Rx2C
	11	10	freier Kanal	16	3	10	K Rx2C
	12	11	NC	15	2	11	NC
	13	12	NC	14	1	12	NC
	14	13	NC			13	NC
	15	14	+ 24V DC			14	GND V Rx1A
	16	15	+ 24V DC			15	GND K Rx1A
	17	16	+ 24V DC			16	GND V Rx2A
	18	17	+ 24V DC			17	GND K Rx2A
	19	18	+ 24V DC			18	GND V Rx3A
	20	19	+ 24V DC			19	GND K Rx3A
	21	20	+ 24V DC			20	GND V Rx2B
	22	21	+ 24V DC			21	GND K Rx2B
	23	22	+ 24V DC			22	GND V Rx2C
	24	23	+ 24V DC			23	GND K Rx2C
	25	24	NC			24	NC
		25	NC			25	NC

4-20mA IN

0-10V IN

<b>HD</b>	= Heliumdruck
<b>S</b>	= Supply-Druck
<b>R</b>	= Return-Druck
<b>BT</b>	= Boxtemperatur
<b>V</b>	= Vakuumdruck
<b>K</b>	= Kryotemperatur
<b>GND</b>	= Masse
	= NC
<b>NC</b>	= nicht belegt

Controller-IP:  
134.104.70.103

## EMAP Sub-D PIN-Belegung 19" Einschub 37 pol. (Stand: 31.01.2008)

Sub-D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	

Digital IN 16 Bit

Digital IN 16 Bit	
PIN	Zuweisung
1	UB Rx1A
2	UB Rx2A
3	UB Rx3A
4	UB Rx2B
5	UB Rx2C
6	UB Rx1B
7	UB Rx1C
8	UB Rx3B
9	UB Rx3C
10	freier Kanal
11	freier Kanal
12	freier Kanal
13	freier Kanal
14	freier Kanal
15	freier Kanal
16	freier Kanal
17	NC
18	NC
19	NC
20	GND
21	GND
22	GND
23	GND
24	GND
25	GND
26	GND
27	GND
28	GND
29	GND
30	GND
31	GND
32	GND
33	GND
34	GND
35	GND
36	NC
37	NC

obere Reihe

untere Reihe

Sub-D	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	

Digital OUT 16 Bit

Digital OUT 16 Bit	
PIN	Zuweisung
1	freier Kanal
2	freier Kanal
3	freier Kanal
4	freier Kanal
5	freier Kanal
6	freier Kanal
7	freier Kanal
8	freier Kanal
9	freier Kanal
10	freier Kanal
11	freier Kanal
12	freier Kanal
13	freier Kanal
14	freier Kanal
15	freier Kanal
16	freier Kanal
17	NC
18	NC
19	NC
20	GND
21	GND
22	GND
23	GND
24	GND
25	GND
26	GND
27	GND
28	GND
29	GND
30	GND
31	GND
32	GND
33	GND
34	GND
35	GND
36	NC
37	NC

obere Reihe

untere Reihe

<b>UB</b>	= Umschaltbit von Steuereinschub
<b>GND</b>	= Masse
<span style="background-color: red; color: black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span>	= NC
<b>NC</b>	= nicht belegt

Controller-IP:  
134.104.70.103

**DT-470-SD Features**

- Monotonic temperature response from 1.4 K to 500 K\*
- Conformance to standard Curve 10 temperature response curve
- Useful above 60 K in magnetic fields up to 5 T
- The rugged, reliable Lake Shore SD package designed to withstand repeated thermal cycling and minimize sensor self-heating
- Variety of packaging options

**DT-471-SD Features**

- Lower priced version of DT-470 with a temperature range of 10 K to 500 K\*

**DT-414 Features**

- Temperature range: 1.4 K to 375 K (calibration up to 325 K)
- Small mass for rapid thermal response
- Non-magnetic package

**DT-421 Features**

- Temperature range: 1.4 K to 325 K\*\*
- Non-magnetic package
- Exposed flat substrate for surface mounting

\* Calibrated to 500 K, uncalibrated (Curve 10) to 475 K  
 \*\* Calibrated down to 1.4 K,

# DT-400 Series Silicon Diodes

**DT-470/471 Hermetically Sealed Silicon Diode**

The DT-470/471 Silicon Diode temperature sensors incorporate remarkably uniform sensing elements that exhibit precise, repeatable, monotonic temperature response over a wide range. The elements are mounted into rugged, hermetically-sealed packages that have been specifically designed for proper thermal behavior in a cryogenic environment. The result is a family of sensors with temperature characteristics so predictable, tightly grouped, and stable that the sensors in most applications are routinely interchangeable with one another.

**PACKAGING OPTIONS** BO, CO, CU, CY, DI, ET, LR, MT



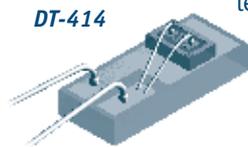
DT-470/471-SD

**The Lake Shore SD Package – The Most Rugged, Versatile Package in the Industry**

The SD package, with direct sensor-to-sapphire base mounting, hermetic seal, and brazed Kovar leads, provides the industry's most rugged, versatile sensors with the best sample to chip connection. Designed so heat coming down the leads bypasses the chip, it can survive several thousand hours at 500 K (depending on model) and is compatible with most ultra high vacuum applications. It can be indium soldered to samples. If desired, the SD package is also available without Kovar leads.

**DT-414 Unencapsulated Silicon Diodes**

The Model DT-414 uses the DT-400 bare chip Silicon Diode mounted on a flat substrate. This chip-level sensor offers minimal thermal mass and minimal physical size. Die attachment is with silver epoxy, and the chip is unencapsulated, leaving the fragile gold wires exposed.



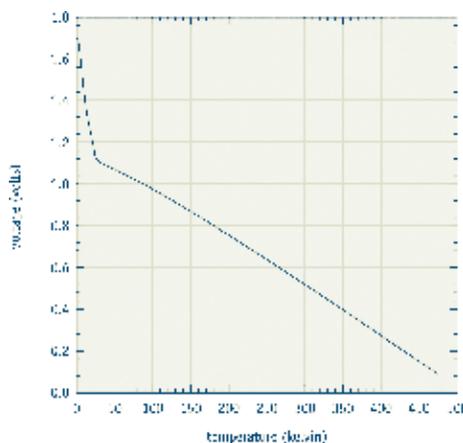
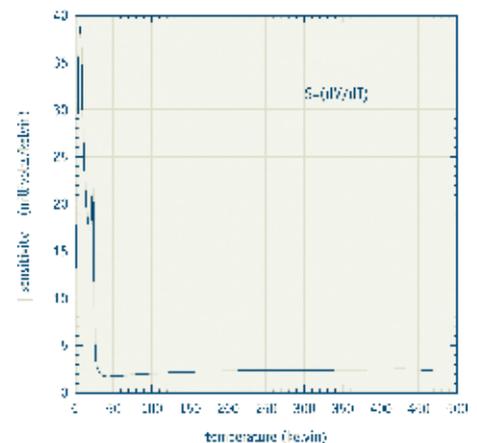
DT-414

**DT-421 Miniature Silicon Diode**

The DT-421 miniature Silicon Diode temperature sensor is configured for installation on flat surfaces. The DT-421 sensor package exhibits precise, monotonic temperature response over its useful range. The sensor chip is in direct contact with the epoxy dome, which causes increased voltage at 4.2 K and prevents full range Curve 10 conformity. For use below 20 K, calibration is required.



DT-421

**Typical DT-400 Diode Voltage Values****Typical DT-400 Diode Sensitivity Values**

# Specifications

**Standard curve** Curve 10 (see next page)

**Recommended excitation** 10  $\mu$ A  $\pm$ 0.1%

**Max reverse voltage** 40 V

**Max current before damage** 1 mA continuous or 100 mA pulsed

**Dissipation at recommended excitation**

17  $\mu$ W at 4.2 K; 10  $\mu$ W at 77 K; 5  $\mu$ W at 305 K

**Thermal response time** SD: typical <10 ms at 4.2 K; 100 ms at 77 K; 200 ms at 305 K

**Use in radiation** Recommended for use only in low level radiation – see Appendix B

**Use in magnetic field** Not recommended for use in magnetic field applications below 60 K. Low magnetic field dependence when used in fields up to 5 tesla above 60 K – see Appendix B

**Reproducibility**<sup>1</sup>  $\pm$ 10 mK at 4.2 K

<sup>1</sup> Short-term reproducibility data is obtained by subjecting sensor to repeated thermal shocks from 305 K to 4.2 K

## Range of Use

	Minimum Limit	Maximum Limit
DT-470-SD	1.4 K	500 K
DT-471-SD	10 K	500 K
DT-414	1.4 K	375 K
DT-421	1.4 K	325 K

## Calibrated Accuracy

	Typical sensor accuracy <sup>2</sup>	Long-term stability <sup>3</sup>
1.4 K	$\pm$ 12 mK	—
4.2 K	$\pm$ 12 mK	10 mK
10 K	$\pm$ 12 mK	—
77 K	$\pm$ 22 mK	40 mK
300 K	$\pm$ 32 mK	25 mK
500 K	$\pm$ 50 mK	—

<sup>2</sup>  $[(\text{Calibration uncertainty})^2 + (\text{reproducibility})^2]^{0.5}$  for more information see Appendices B, D, and E

<sup>3</sup> Long-term stability data is obtained by subjecting sensor to 200 thermal shocks from 305 K to 77 K

## Physical Specifications

	Mass	Lead type	Lead polarity	Sensor materials used
DT-470/ 471-SD	37 mg	2 – gold and nickel plated Kovar	Positive lead on right with package lid up and leads towards user	Sapphire base with alumina body & lid. Molybdenum/manganese metallization on base and lid top with nickel and gold plating. Gold tin solder as hermetic seal. Silicon chip with aluminum metallization.
DT-414	3 mg	2 – gold	Positive lead on left with chip up and leads towards user	Alumina base, with metallization: 0.1 $\mu$ m of molybdenum, 0.2 $\mu$ m gold
DT-421	23 mg	2 – platinum ribbon with tinned 60/40 SnPb solder	Positive lead is right-hand ribbon with platinum disk down and leads towards user	Sensing element is mounted to a platinum disk and covered with a dome of Stycast® 2850 epoxy

## SoftCal™ Accuracy

	2 K to 30 K	30 K to 60 K	60 K to 345 K	345 K to 375 K	375 K to 475 K
2S <sup>4</sup>	—	$\pm$ 0.25 K	$\pm$ 0.15 K	$\pm$ 0.25 K	$\pm$ 1.0 K
3S	$\pm$ 0.5 K	$\pm$ 0.25 K	$\pm$ 0.15 K	$\pm$ 0.25 K	$\pm$ 1.0 K

2S: 77 K and 305 K (DT-470-SD, DT-471-SD, and DT-421)

3S: 4.2 K, 77 K, and 305 K (DT-470-SD only)

<sup>4</sup> DT-421 SoftCal has a low end temperature limited

## Standard Curve 10 Tolerance Bands for DT-400 Series Silicon Diodes

Type 470	2 K to 100 K	100 K to 305 K	305 K to 475 K
Band 11	$\pm$ 0.25 K	$\pm$ 0.5 K	$\pm$ 1.0 K
Band 11A	$\pm$ 0.25 K	$\pm$ 1% of temp	$\pm$ 1% of temp
Band 12	$\pm$ 0.5 K	$\pm$ 1.0 K	$\pm$ 2.0 K
Band 12A	$\pm$ 0.5 K	$\pm$ 1% of temp	$\pm$ 1% of temp
Band 13	$\pm$ 1.0 K	$\pm$ 1% of temp	$\pm$ 1% of temp

Type	1.4 K to 10 K	10 K to 375 K	375 K to 475 K
DT-471	Not recommended	$\pm$ 1.5 K or $\pm$ 1.5% of temp, whichever is greater	
DT-414	$\pm$ 1.5 K or $\pm$ 1.5% of temp, whichever is greater		Not recommended

Type	20 K to 325 K
DT-421	$\pm$ 2.5 K or $\pm$ 1.5% of temp, whichever is greater

## Temperature Response Data Table (typical)

	DT-470/471*/414		DT-421	
	V (volts)	dV/dT (mV/K)	V (volts)	dV/dT (mV/K)
1.4	1.698	-13.1	—	—
4.2	1.626	-33.6	1.789	-36
10	1.42	-28.7	—	—
77	1.0203	-1.75	1.02	2
305	0.507	-2.4	0.507	-2.4

See Appendix G for expanded response table

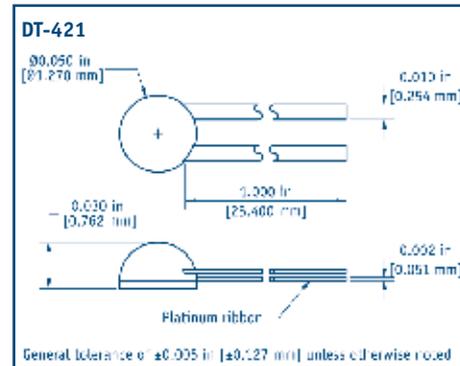
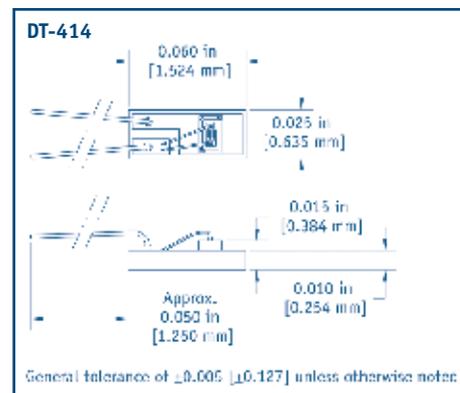
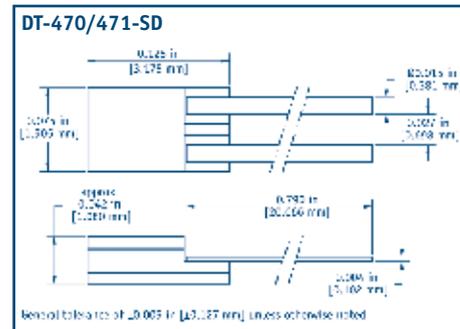
\* DT-471 useful range: >10 K

## Typical Magnetic Field-Dependent Temperature Errors<sup>5</sup> $\Delta$ T/T (%) at B (magnetic induction)

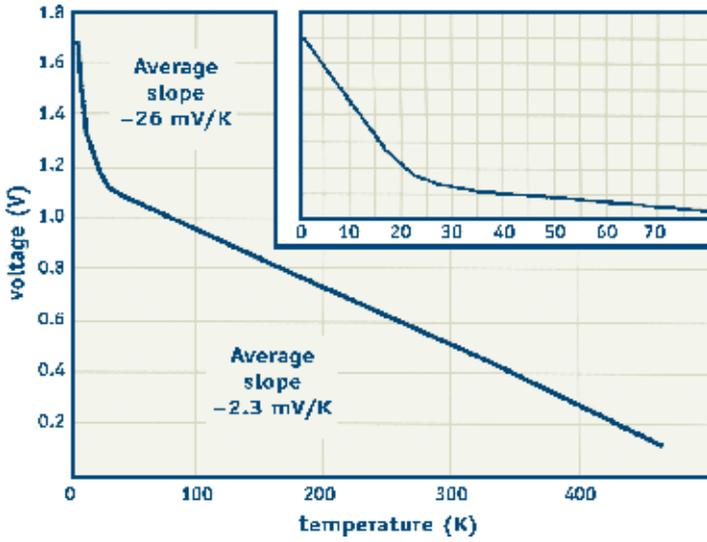
T(K)	Package Base Parallel to Field B				
	1 T	2 T	3 T	4 T	5 T
4.2	-200	-300	-350	-400	-500
20	-10	-20	-25	-30	-40
40	-4	-6	-8	-10	-12
60	-0.5	-1	-2	-3	-3.5
80	< 0.1	-0.5	-0.8	-1.1	-1.5
300	<-0.1	<-0.1	<-0.1	<-0.1	<-0.1

T(K)	Package Base Perpendicular to Field B				
	1 T	2 T	3 T	4 T	5 T
4.2	-8	-9	-11	-15	-20
20	-4	-5	-5	-5	-10
40	-1.5	-3	-4	-5	-5.5
60	-0.5	-0.7	-0.8	-1	-1.1
80	-0.1	-0.3	-0.5	-0.6	-0.7
300	<0.1	0.2	0.5	0.6	0.6

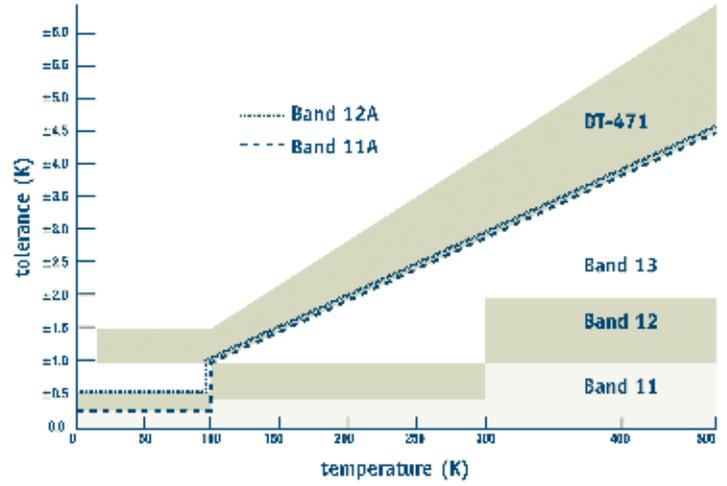
<sup>5</sup> To minimize magnetic field-induced temperature errors, the sensor should be oriented so that the package base is perpendicular to the magnetic field flux lines – this results in the diode current being parallel to the magnetic field



DT-400 Series Curve 10 Temperature Response Curve



Standard Curve 10 Tolerance Bands for DT-470/471 Silicon Diodes



DT-400 Series Expanded Temperature Response Data Table

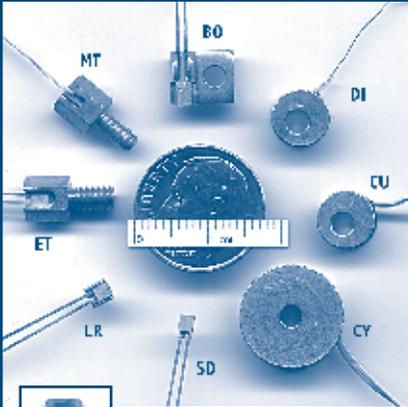
All DT-470, DT-471\*, DT-414\*, and DT-421\* Silicon Diodes follow the same Curve 10 standard temperature response curve, which means they can be interchanged with one another routinely in any application utilizing this response curve.

T (K)	Voltage (V)	dV/dT (mV/K)	T (K)	Voltage (V)	dV/dT (mV/K)	T (K)	Voltage (V)	dV/dT (mV/K)	T (K)	Voltage (V)	dV/dT (mV/K)
1.40	1.69812	-13.1	11.5	1.38021	-24.8	38.0	1.09131	-1.77	210.0	0.73238	-2.32
1.60	1.69521	-15.9	12.0	1.36809	-23.7	40.0	1.08781	-1.74	220.0	0.70908	-2.34
1.80	1.69177	-18.4	12.5	1.35647	-22.8	42.0	1.08436	-1.72	230.0	0.68564	-2.35
2.00	1.68786	-20.7	13.0	1.34530	-21.9	44.0	1.08093	-1.72	240.0	0.66208	-2.36
2.20	1.68352	-22.7	13.5	1.33453	-21.2	46.0	1.07748	-1.73	250.0	0.63841	-2.37
2.40	1.67880	-24.4	14.0	1.32412	-20.5	48.0	1.07402	-1.74	260.0	0.61465	-2.38
2.60	1.67376	-25.9	14.5	1.31403	-19.9	50.0	1.07053	-1.75	270.0	0.59080	-2.39
2.80	1.66845	-27.1	15.0	1.30422	-19.4	52.0	1.06700	-1.77	273.15	0.58327	-2.39
3.00	1.66292	-28.1	15.5	1.29464	-18.9	54.0	1.06346	-1.78	280.0	0.56690	-2.39
3.20	1.65721	-29.0	16.0	1.28527	-18.6	56.0	1.05988	-1.79	290.0	0.54294	-2.40
3.40	1.65134	-29.8	16.5	1.27607	-18.2	58.0	1.05629	-1.80	300.0	0.51892	-2.40
3.60	1.64529	-30.7	17.0	1.26702	-18.0	60.0	1.05267	-1.81	305.0	0.50688	-2.41
3.80	1.63905	-31.6	17.5	1.25810	-17.7	65.0	1.04353	-1.84	310.0	0.49484	-2.41
4.00	1.63263	-32.7	18.0	1.24928	-17.6	70.0	1.03425	-1.87	320.0	0.47069	-2.42
4.20	1.62602	-33.6	18.5	1.24053	-17.4	75.0	1.02482	-1.91	330.0	0.44647	-2.42
4.40	1.61920	-34.6	19.0	1.23184	-17.4	77.35	1.02032	-1.92	340.0	0.42221	-2.43
4.60	1.61220	-35.4	19.5	1.22314	-17.4	80.0	1.01525	-1.93	350.0	0.39783	-2.44
4.80	1.60506	-36.0	20.0	1.21440	-17.6	85.0	1.00552	-1.96	360.0	0.37337	-2.45
5.00	1.59782	-36.5	21.0	1.19645	-18.5	90.0	0.99565	-1.99	370.0	0.34881	-2.46
5.50	1.57928	-37.6	22.0	1.17705	-20.6	95.0	0.98564	-2.02	380.0	0.32416	-2.47
6.00	1.56027	-38.4	23.0	1.15558	-21.7	100.0	0.97550	-2.04	390.0	0.29941	-2.48
6.50	1.54097	-38.7	24.0	1.13598	-15.9	110.0	0.95487	-2.08	400.0	0.27456	-2.49
7.00	1.52166	-38.4	25.0	1.12463	-7.72	120.0	0.93383	-2.12	410.0	0.24963	-2.50
7.50	1.50272	-37.3	26.0	1.11896	-4.34	130.0	0.91243	-2.16	420.0	0.22463	-2.50
8.00	1.48443	-35.8	27.0	1.11517	-3.34	140.0	0.89072	-2.19	430.0	0.19961	-2.50
8.50	1.46700	-34.0	28.0	1.11212	-2.82	150.0	0.86873	-2.21	440.0	0.17464	-2.49
9.00	1.45048	-32.1	29.0	1.10945	-2.53	160.0	0.84650	-2.24	450.0	0.14985	-2.46
9.50	1.43488	-30.3	30.0	1.10702	-2.34	170.0	0.82404	-2.26	460.0	0.12547	-2.41
10.0	1.42013	-28.7	32.0	1.10263	-2.08	180.0	0.80138	-2.28	470.0	0.10191	-2.30
10.5	1.40615	-27.2	34.0	1.09864	-1.92	190.0	0.77855	-2.29	475.0	0.09062	-2.22
11.0	1.39287	-25.9	36.0	1.09490	-1.83	200.0	0.75554	-2.31			

\*Partial conformances

**PACKAGING OPTIONS**

For information on mounting adapters available for use with the SD package, see page 25.



CO adapter – spring loaded clamp for easy sensor interchangeability

To add length to sensor leads (SMOD), see page 28.



See the appendices for a detailed description of:

- Installation
- Uncalibrated sensors
- SoftCal™
- Calibrated sensors
- CalCurve™
- Sensor packages

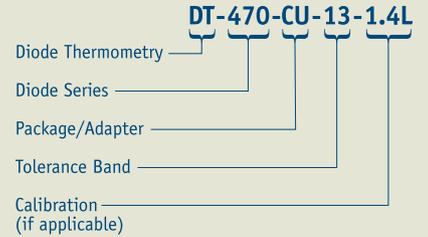
## Ordering Information

### Uncalibrated sensor

- Step 1:** Choose diode series, for example DT-470.
- Step 2:** Choose package or mounting adapter – if ordering adapter, substitute the adapter suffix for the SD suffix, for example DT-470-CU.
- Step 3:** Choose tolerance band (if applicable), for example DT-470-CU-11.

### Calibrated sensor

- Step 1:** Choose diode series, for example DT-470.
  - Step 2:** Choose package or mounting adapter – if ordering adapter, substitute the adapter suffix for the SD suffix, for example DT-470-CU-13.
  - Step 3:** Specify the calibration range suffix code after the model number and package suffix, for example DT-470-CU-13-1.4L.
- Note:** When ordering a DT-470, only Band 13 sensors are calibrated.



### DT-400 Series Calibration Range Suffix Codes

Numeric figure is the low end of the calibration  
Letters represent the high end: S=SoftCal™, D=100 K, L=325 K, H=500 K

Model number	Uncal	2S	3S	1.4D	1.4L	1.4H	4D	4L	4H	10L	10H	70L	70H
DT-414-UN*	■						■	■					
DT-414M-UN*	■						■	■					
DT-421-HR	■	■		■	■		■	■					
DT-470-SD-11	■												
DT-470-SD-11A	■												
DT-470-SD-12	■												
DT-470-SD-12A	■												
DT-470-SD-13	■	■	■	■	■	■	■	■	■			■	■
DT-471-SD	■	■								■	■	■	■

Mounting adapters are available for use with the SD package – replace SD suffix with mounting adapter suffix

CO	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
CU, LR, CY, ET, MT, BO	■	■	■	■	■		■	■		■		■	
DT-470-DI-13	■												

\*Lake Shore does not warrant mechanical damage to the DT-414  
 DT-414 handling: fragile assembly – must not be turned over on gold wire bond side – handle by edges of substrate or by 50 µm diameter gold leads; unencapsulated device must not be exposed to moisture or corrosive atmosphere  
 DT-414M-UN substrate is backside metallized

Note: upper temperature limit package dependent – see Sensor Packages section  
 Other packaging available by special order – please consult Lake Shore  
 COC-SEN Certificate of conformance

- |  |   |
|--|---|
| <b>Accessories available for sensors</b>       | <b>Accessories suggested for installation – see Accessories section for full descriptions</b> |
| SN-CO-C1 CO style sensor clamps for SD package | Stycast® epoxy  |
| ECRIT Expanded interpolation table             | Apiezon® grease   |
| 8000 Calibration report on CD-ROM              | 90% Pb, 10% Sn solder   |
|  | Indium solder   |
|  | VGE-7031 varnish  |
|  | Phosphor bronze wire  |



# TELEDYNE HASTINGS INSTRUMENTS

## THERMOCOUPLE GAUGE TUBES/SENSORS

### FEATURES

- Corrosion-Resistant
- Non-Contaminating
- Stable Calibration
- Rugged Under Demanding Conditions
- Color Coded For Easy Identification

### APPLICATIONS

- Refrigeration
- Vacuum Furnaces
- Freeze Drying
- Air Conditioning
- Pharmaceutical Production
- Cryogenics
- Accelerators
- Manufacture of Thermal Food Containers



Thermocouple Gauge Tubes



Vacuum Gauge Meters/Controllers

### DESIGN FEATURES

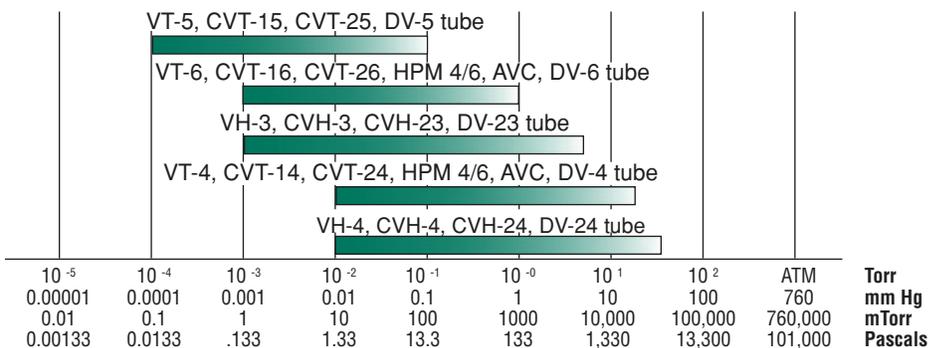
Teledyne Hastings Instruments (THI) Thermocouple Gauge Tubes/Sensors are precision sensing devices designed to provide accurate measurement and control of vacuum. Fully compensated for both temperature and rate of temperature change, the tubes are renowned worldwide for their dependability, and boast a history of success that has endured for over 60 years.

THI Thermocouple Gauge Tubes/Sensors use the rugged but sensitive, time-tested THI thermopile sensor. Short, firmly connected thermocouples have no suspended weld to an external heater.

Proprietary tooling and process control improvements offer extended service life for these gauge tubes/sensors.



### Thermocouple Gauge Pressure Ranges



# THERMOCOUPLE GAUGE TUBES/SENSORS

## SELECTION CHART

(For proper accuracy and performance, THI Vacuum Gauges should always be used with the proper range of THI Vacuum Gauge Tubes.)

Instrument Series	Vacuum Range	Color Band*	1/8" NPT Standard Gauge Tube	1/8" NPT Ruggedized Tube	VCR® SS-4-VCR-3	1.33" CF™	KF-16	KF-25	1/8" NPT Stainless Shell	Glass 3/8" OD
VT-5, CVT-15/25	0-100 mTorr	Red	DV-5M	—	DV-5M-VCR	—	—	—	—	—
VT-6, CVT-16/26, HPM 4/6	0-1000 mTorr	Yellow	DV-6M	DV-6R	DV-6M-VCR	DV-6R-CF	DV-6M-KF-16	DV-6M-KF-25	DV-36	DV-20
VH-3, CHV-3/23	0-5 Torr	Orange	DV-23	—	DV-23-VCR	—	DV-23-KF-16	DV-23-KF-25	—	—
VT-4, CVT-14/24, HPM 4/6	0-20 Torr	Purple	DV-4D	DV-4R	DV-4D-VCR	—	DV-4D-KF-16	DV-4D-KF-25	DV-34	—
HVC-282	0-20 Torr	Blue	DV-273	—	—	—	—	—	—	—
VH-4, CVH-4/24	0-50 Torr	White	DV-24	—	—	—	DV-24-KF-16	DV-24-KF-25	—	—

\*Note: Color band is not used on all tubes.

## GAUGE TUBE TYPES

**Standard Gauge Tube:** Nickel-plated hermetically sealed base with glass, stainless steel, and nickel-plated components with color-coded base.

**Ruggedized Gauge Tube:** Nickel-plated hermetically sealed base with glass, stainless steel, and nickel-plated components.

**Glass Gauge Tube:** Constructed of Corning #7052 type glass or equivalent. 10mm O.D. smooth tubulation.

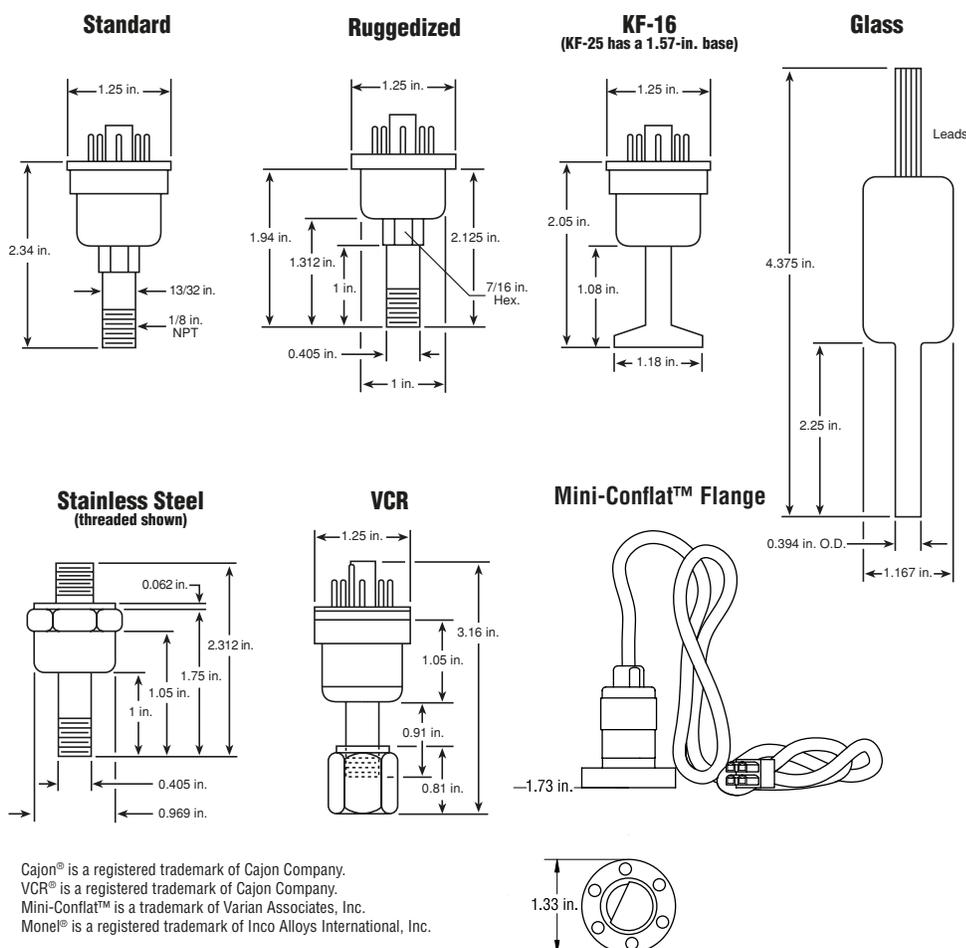
**Stainless Steel Gauge Tube:** A weatherproof, corrosion-resistant tube which can withstand high temperatures as well as extremely high gas line over-pressurization.

**VCR Gauge Tube:** Includes female nut connection. 9/16-18 UNF, female threads with 0.75 hex, Cajon® #SS-4-VCR-3 and #SS-4-VCR-1.

**KF-16 and KF-25 Gauge Tubes:** Standard gauge tube with KF flanges. Simplifies installation while providing a reliable seal.

**Conflat™ Flange Connection Gauge Tubes:** Available for special vacuum configurations.

*Teledyne Hastings Instruments reserves the right to change or modify the design of its equipment without any obligation to provide notification of change or intent to change.*



Cajon® is a registered trademark of Cajon Company.  
VCR® is a registered trademark of Cajon Company.  
Mini-Conflat™ is a trademark of Varian Associates, Inc.  
Monel® is a registered trademark of Inco Alloys International, Inc.

Your Customer Service Representative



**TELEDYNE INSTRUMENTS**  
Hastings Instruments  
A Teledyne Technologies Company

**Telephone:** (757) 723-6531  
**Toll Free:** (800) 950-2468  
**Fax:** (757) 723-3925  
**World Wide Web:** <http://www.teledyne-hi.com>  
**E-mail:** [hastings\\_instruments@teledyne.com](mailto:hastings_instruments@teledyne.com)  
**P.O. Box 1436**  
**Hampton, VA 23661**

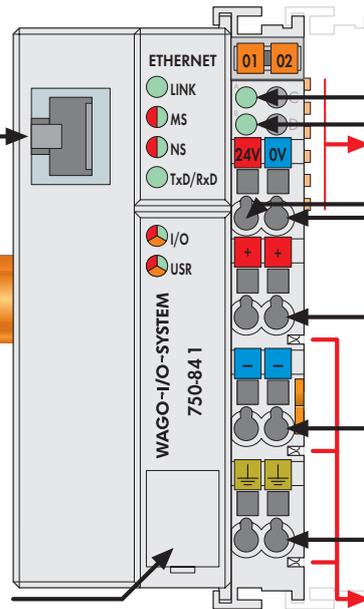
# ETHERNET TCP/IP Programmierbarer Feldbus-Controller

10/100 Mbit/s; digitale und analoge Signale



Feldbusanschluss RJ 45

Konfigurations- und Programmier-Schnittstelle



Status der Betriebsspannung-System-Leistungskontakte Datenkontakte

Versorgung 24 V 0 V

Versorgung über Leistungskontakte 24 V

0 V

⊥

Leistungskontakte

Dieser Feldbus-Controller verbindet das WAGO-I/O-SYSTEM mit dem ETHERNET.

Der Feldbus-Controller erkennt die gesteckten I/O-Klemmen und erstellt daraus ein lokales Prozessabbild. Hierbei kann es sich um eine gemischte Anordnung von analogen (Datenaustausch wortweise) und digitalen (Datenaustausch bitweise) Klemmen handeln.

Er eignet sich für Datenübertragungen von 10 MBit/s und 100 MBit/s und ist programmierbar nach IEC 61131-3. Hierfür stellt er 512 kB Programmspeicher, 256 kB Datenspeicher und 24 kB Retainspeicher zur Verfügung.

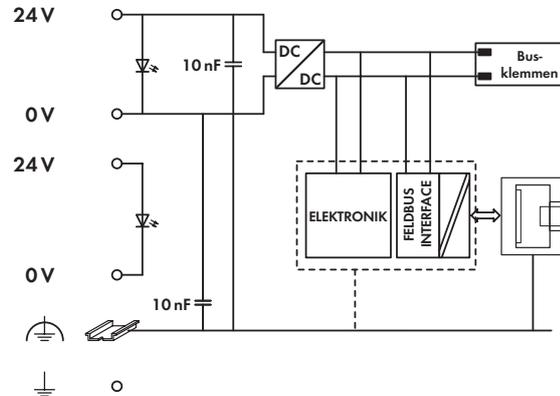
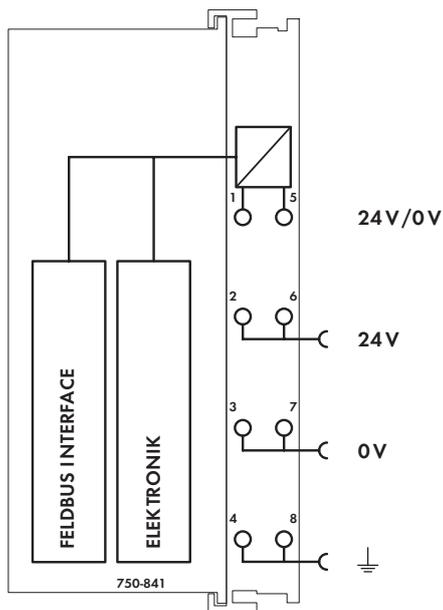
Er ist Multitasking fähig, verfügt über eine gepufferte Echtzeituhr und basiert auf einer 32 Bit CPU.

Der Controller bietet eine Vielzahl an Anwendungsprotokollen, die zur Steuerung von Klemmendaten (MODBUS, ETHERNET/IP) oder für die Verwaltung und Diagnose des Systems (HTTP, BootP, DHCP, DNS, SNMP, FTP, SNMP und SMTP) vom Anwender genutzt werden können.

Für Web basierende Anwendungen steht ein interner Server zur Verfügung, auf dem sich HTML Seiten hinterlegen lassen. Via XML und ASP lassen sich Programme direkt aufrufen. Library-Funktionen für Mail, SOAP, ASP, IP Konfiguration, ETHERNET-Sockets und Filesystem runden das Produktprofil ab.

Beschreibung	Bestell-Nr.	VPE
<b>ETHERNET-Controller 100 MBit</b>	<b>750-841</b>	<b>1</b>
<b>Zubehör</b>		
<b>WAGO-I/O-PRO CAA</b>	<b>759-333</b>	<b>1</b>
<b>Mini-WSB Schnellbezeichnungssystem</b>		
 unbedruckt	<b>248-501</b>	<b>5</b>
bedruckt	siehe Seite 214 ... 215	
<b>Zulassungen</b>		
UL 508		
Schiffbau	siehe Seite 24 ... 27	
EN 50021	II 3 GD EEx nA II T4	
Konformitätskennzeichnung	CE	

Systemdaten	
Anzahl der Controller am Master	limitiert durch ETHERNET- Spezifikation
Übertragungsmedium	Twisted Pair S-UTP 100 Ω Cat 5
max. Bussegmentlänge	100 m zwischen Hub und 750-841; max. Netzwerklänge durch ETHERNET Spezifikation limitiert
Übertragungsrate	10/100/Mbit/s
Busanschluss	RJ45
Protokolle	MODBUS/TCP (UDP), ETHERNET/IP, HTTP, BootP, DHCP, DNS, SNMP, FTP, SNMP, SMTP
Programmierung	WAGO-I/O-PRO CAA
IEC 61131-3	AWL, KOP, FUP, ST, AS



### Technische Daten

Anzahl Busklemmen	64
mit Busverlängerung	250
<b>Feldbus</b>	
Eingangsprozessabbild max.	2 kByte
Ausgangsprozessabbild max.	2 kByte
Eingangsvariablen max.	512 Byte
Ausgangsvariablen max.	512 Byte
Konfiguration	über PC
Programmspeicher	512 kByte
Datenspeicher	256 kByte
Remanentspeicher (retain)	24 kByte (16 k retain, 8 k Merker)
Spannungsversorgung	DC 24 V (-25 % ... +30 %)
Eingangsstrom max. (24 V)	500 mA
Netzteilwirkungsgrad	87 %
Interne Stromaufnahme (5 V)	300 mA
Summenstrom für Busklemmen (5 V)	1700 mA
Potentialtrennung	500 V System / Versorgung
Spannung über Leistungskontakte	DC 24 V (-25 % ... +30 %)
Strom über Leistungskontakte max.	DC 10 A

### Allgemeine Technische Daten

Betriebstemperatur	0 °C ... +55 °C
Anschlusstechnik	CAGE CLAMP®
Querschnitte	0,08 mm <sup>2</sup> ... 2,5 mm <sup>2</sup> / AWG 28 ... 14
Abisolierlängen	8 ... 9 mm / 0,33 in
Abmessungen (mm) B x H x T	51 x 65 x 100
	Höhe ab Oberkante Tragschiene
Gewicht	ca. 184 g
Lagertemperatur	-25 °C ... +85 °C
relative Feuchte (ohne Betauung)	95 %
Vibrationsfestigkeit	gem. IEC 60068-2-6
Schockfestigkeit	gem. IEC 60068-2-27
Schutzart	IP 20
EMV C-Störfestigkeit	gem. EN 61000-6-2 (1999)
EMV C-Störaussendung	gem. EN 50081-2 (1994)
EMV Schiffbau -Störfestigkeit	gem. Germanischer Lloyd (2001)
EMV Schiffbau -Störaussendung	gem. Germanischer Lloyd (2001)

## 2-Kanal Analog Eingangsklemme 0/4-20 mA

Single-Ended

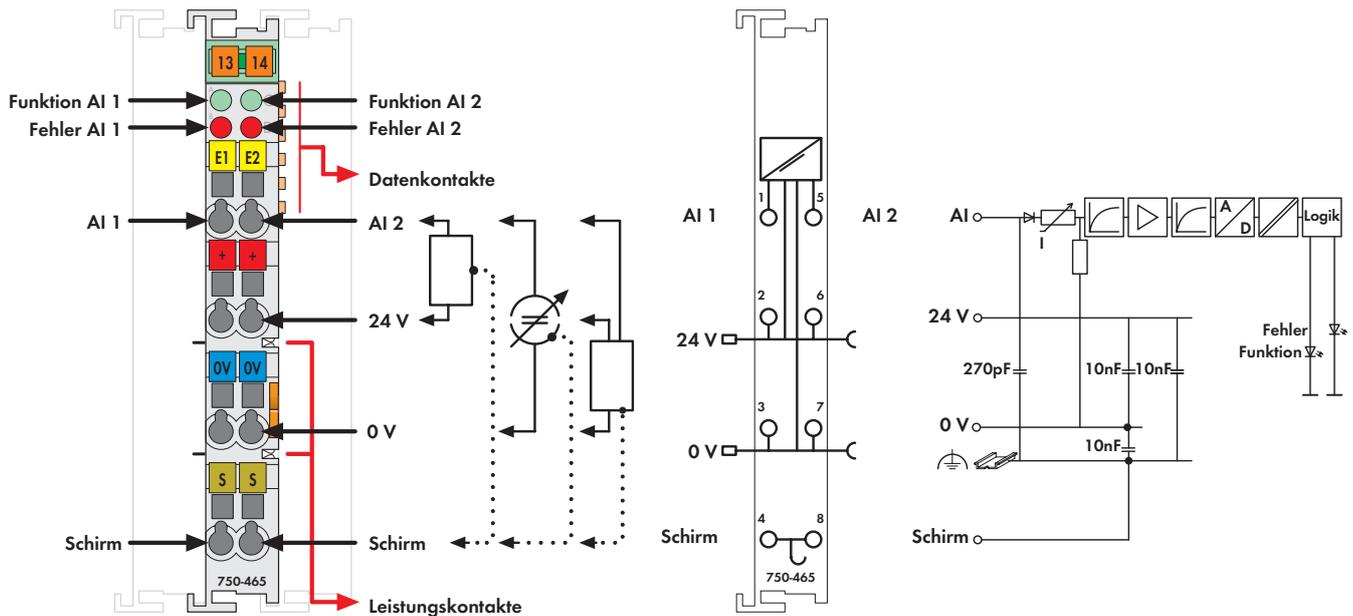


Abb. Serie 750 / Darstellung siehe Seite 30 / Lieferung ohne Mini-WSB  
 Kennzeichnung Serie 750 / 753 siehe Seite 20 ... 21 / 22 ... 23

Die analogen Eingangsklemmen haben die Aufgabe, die im Feld befindlichen Messumformer zu versorgen und analoge Messsignale galvanisch getrennt zum Bussystem zu übertragen.  
 Die Versorgungsspannung von 24 V wird über die Leistungskontakte für das Feld eingespeist.  
 Der Schirmanschluss ist direkt zur Tragschiene geführt.  
 Diese Klemmen liefern die Spannungsversorgung für 2-Leiter Messumformer, die keine eigene Spannungsversorgung haben.

Beschreibung	Bestell-Nr.	VPE
2AI 0-20mA S.E.	750-465	10 <sup>1)</sup>
2AI 4-20mA S.E.	750-466	10 <sup>1)</sup>
2AI 0-20mA S.E. S5 <sup>2)</sup>	750-465/000-200	1
2AI 4-20mA S.E. S5 <sup>2)</sup>	750-466/000-200	1
2AI 4-20mA S.E./T	750-466/025-000	1
[Betriebstemperatur -20 °C ... +60 °C]		
2AI 0-20mA S.E. (ohne Stecker)	753-465	1
2AI 4-20mA S.E. (ohne Stecker)	753-466	1
<sup>1)</sup> Auch Einzelstücklieferung möglich		
<sup>2)</sup> Angepasstes Datenformat für S5-Steuerung mit FB 250		
Zubehör	Bestell-Nr.	VPE
Stecker Serie 753	753-110	25
Kodierelemente	753-150	100
<b>Mini-WSB Schnellbezeichnungssystem</b>		
unbedruckt	248-501	5
bedruckt	siehe Seite 214 ... 215	
Zulassungen		
Serie 750 und 753		
• UL 508		
Konformitätskennzeichnung	CE	
Serie 750		
• EN 50021	II 3 G EEx nA II T4	
• UL 1604	Class I Div2 ABCD T4A	

Technische Daten	
Anzahl der Eingänge	2
Spannungsversorgung	über Systemspannung DC / DC
Stromaufnahme (intern)	75 mA
Eingangsspannung max.	35 V
Signalstrom	0 mA ... 20 mA (750-465, 753-465) 4 mA ... 20 mA (750-466, 753-466)
Eingangswiderstand	< 120 Ω / 20 mA
Auflösung	12 Bit
Wandlungszeit typ.	2 ms
Messfehler 25 °C	< ± 0,2 % vom Skalendwert
Temperaturkoeffizient	< ± 0,01 % / K vom Skalendwert
Potentialtrennung	500 V System / Versorgung
Datenbreite	2 x 16 Bit Daten 2 x 8 Bit Steuer/Status (optional)
Anschluss-technik	CAGE CLAMP®
Querschnitte	0,08 mm² ... 2,5 mm² / AWG 28 ... 14
Abisolierlänge Serie 750 / 753	8 ... 9 mm / 0.33 in 9 ... 10 mm / 0.37 in
Abmessungen Breite	12 mm
Gewicht	ca. 55 g
EMV CE-Störfestigkeit	gem. EN 50082-2 (1996)
EMV CE-Störaussendung	gem. EN 50081-1 (1993)

# 2-Kanal Analog Eingangsklemme 0-10 V

Single-Ended

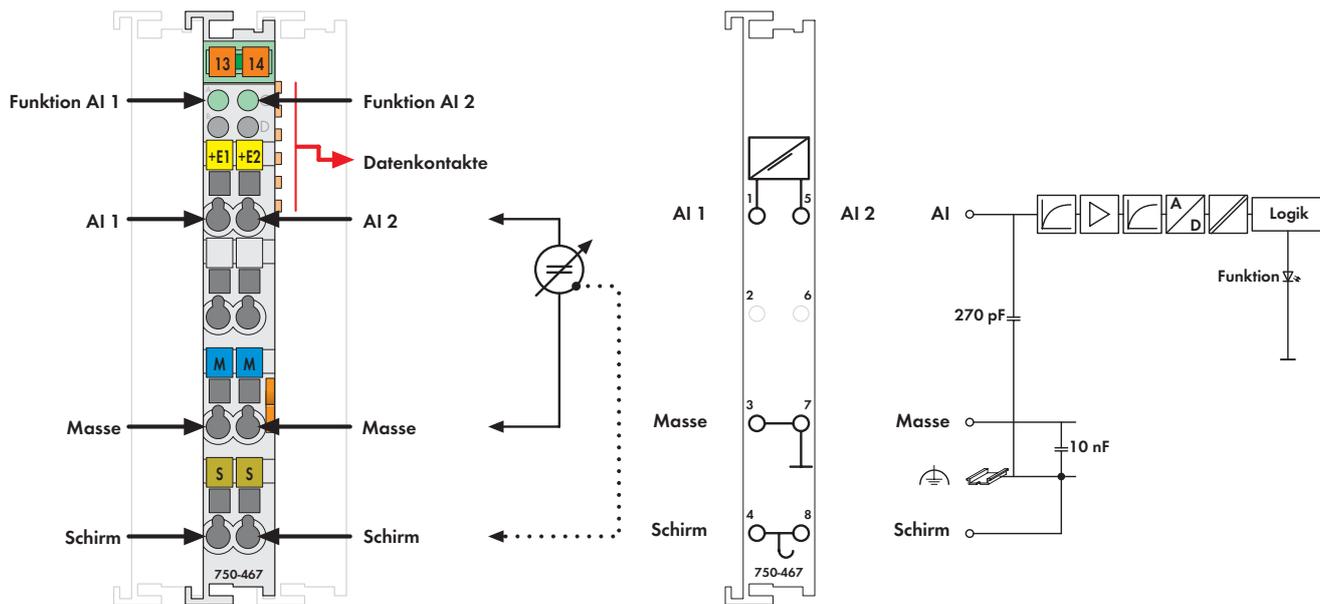


Abb. Serie 750 / Darstellung siehe Seite 30 / Lieferung ohne Mini-WSB  
 Kennzeichnung Serie 750 / 753 siehe Seite 20 ... 21 / 22 ... 23

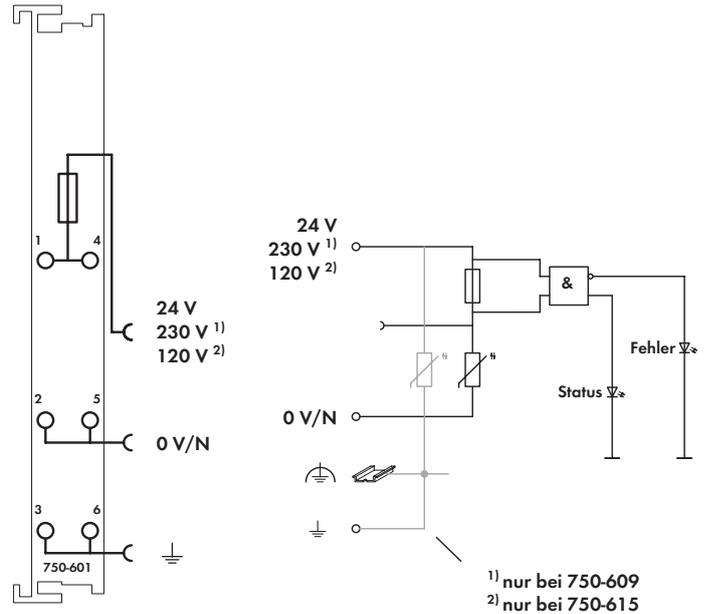
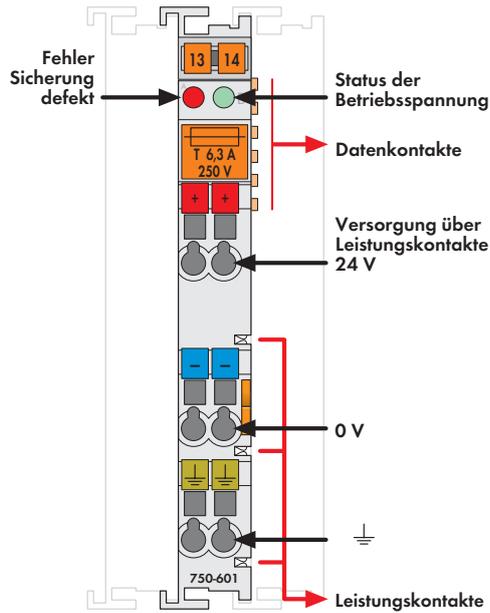
Die analoge Eingangsklemme verarbeitet Signale der normierten Größe 0-10 V.  
 Das Eingangssignal wird galvanisch getrennt zur Systemebene mit einer Auflösung von 12 Bit übertragen.  
 Zur Spannungsversorgung wird die interne Systemspannung genutzt.  
 Die Eingangskanäle des Modules besitzen ein gemeinsames Massepotential.  
 Der Schirmanschluss ist direkt zur Tragschiene geführt.

Beschreibung	Bestell-Nr.	VPE
2AI 0-10V DC S.E.	750-467	10 <sup>1)</sup>
2AI 0-10V DC S.E. S5 <sup>2)</sup>	750-467/000-200	1
2AI 0-10V DC S.E. (ohne Stecker)	753-467	10 <sup>1)</sup>
<sup>1)</sup> Auch Einzelstücklieferung möglich		
<sup>2)</sup> Angepasstes Datenformat für S5-Steuerung mit FB 250		
Zubehör	Bestell-Nr.	VPE
Stecker Serie 753	753-110	25
Kodierelemente	753-150	100
<b>Mini-WSB Schnellbezeichnungssystem</b>		
unbedruckt	248-501	5
bedruckt	siehe Seite 214 ... 215	
Zulassungen		
Serie 750 und 753		
• UL 508		
Konformitätskennzeichnung	CE	
Serie 750		
• EN 50021	II 3 G EEx nA II T4	
• UL 1604	Class I Div2 ABCD T4A	

Technische Daten	
Anzahl der Eingänge	2
Spannungsversorgung	über Systemspannung DC / DC
Stromaufnahme typ. (intern)	60 mA
Eingangsspannung max.	35 V
Signalspannung	0 V ... 10 V
Innenwiderstand	130 kΩ
Auflösung	12 Bit
Wandlungszeit typ.	2 ms
Messfehler 25 °C	< ± 0,2 % vom Skalenendwert
Temperaturkoeffizient	< ± 0,01 % / K vom Skalenendwert
Potentialtrennung	500 V System / Versorgung
Datenbreite	2 x 16 Bit Daten
	2 x 8 Bit Steuer/Status (optional)
Anschluss technik	CAGE CLAMP®
Querschnitte	0,08 mm² ... 2,5 mm² / AWG 28 ... 14
Abisolierlänge Serie 750 / 753	8 ... 9 mm / 0.33 in
	9 ... 10 mm / 0.37 in
Abmessungen Breite	12 mm
Gewicht	ca. 55 g
EMV CE-Störfestigkeit	gem. EN 50082-2 (1996)
EMV CE-Störaussendung	gem. EN 50081-1 (1993)

Potentialeinspeisung DC 24 V / AC 230 V / AC 120 V

mit Sicherungshalter



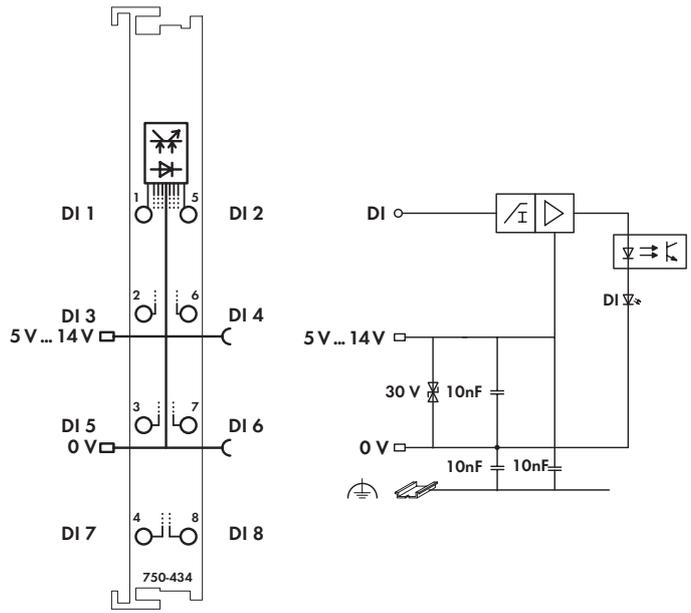
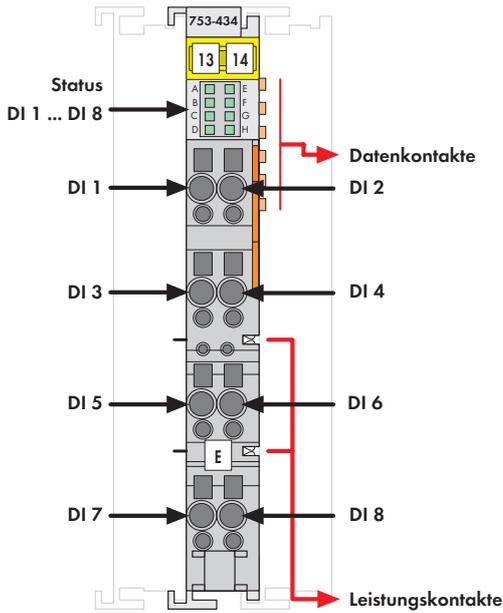
Die Einspeiseklemmen dienen zur Versorgung der Busklemmen mit dem jeweiligen Versorgungspotential.  
Der maximale Strom, der über die Einspeiseklemmen fließen darf, beträgt 6,3 A. Bei der Konfigurierung des Systems ist darauf zu achten, dass dieser Summenstrom nicht überschritten wird. Sollte das der Fall sein, so ist eine weitere Einspeiseklemme zu setzen.  
Die Einspeiseklemmen sind durch eine Sicherung (Größe 5 x 20 mm) abgesichert. Der Austausch kann durch Herausziehen des Sicherungshalters schnell und problemlos erfolgen.  
Der Sicherungsdefekt wird über eine LED signalisiert.

Beschreibung	Bestell-Nr.	VPE
24V DC Einspeisung/Sicherung	750-601	10 <sup>1)</sup>
230V AC Einspeisung/Sicherung	750-609	1
120V AC Einspeisung/Sicherung	750-615	10 <sup>1)</sup>
<sup>1)</sup> Auch Einzelstücklieferung möglich		
Zubehör	Bestell-Nr.	VPE
<b>Mini-WSB Schnellbezeichnungssystem</b>		
unbedruckt	248-501	5
bedruckt	siehe Seite 214 ... 215	
Zulassungen		
Serie 750		
UL 508	siehe Seite 24 ... 27	
Schiffbau	II 3 G EEx nA II T4	
EN 50021	Class I Div2 ABCD T4A	
UL 1604	CE	
Konformitätskennzeichnung	CE	

Technische Daten	
Spannung über Leistungskontakte max.	DC 24 V (750-601) AC 230 V (750-609) AC 120 V (750-615)
Strom über Leistungskontakte max.	DC 6,3 A
Sicherung	5 x 20; T 6,3 A (nicht im Lieferumfang enthalten)
Anschlusstechnik	CAGE CLAMP®
Querschnitte	0,08 mm² ... 2,5 mm² / AWG 28 ... 14
Abisolierlänge	8 ... 9 mm / 0.33 in
Abmessungen Breite	12 mm
Gewicht	ca. 50 g (750-601, 750-615) ca. 55 g (750-609)
EMV CE-Störfestigkeit	gem. EN 50082-2 (1996)
EMV CE-Störaussendung	gem. EN 50081-1 (1993)
EMV Schiffbau-Störfestigkeit	gem. Germanischer Lloyd (1997)
EMV Schiffbau-Störaussendung	gem. Germanischer Lloyd (1997)

# 8-Kanal Digital Eingangsklemme DC 5 ... 14 V

1-Leiter Anschluss; positiv schaltend



Lieferung ohne Mini-WSB

Die digitale Eingangsklemme verfügt bei nur 12 mm Baubreite über 8 Kanäle. Sie erfasst Steuersignale aus dem Feldbereich z.B. über Sensoren.

Zur Störunterdrückung ist jedem Eingang ein Filter vorgeschaltet, wobei verschiedene Zeitkonstanten integriert wurden.

Feld- und Systemebene sind galvanisch getrennt.

**Achtung:**

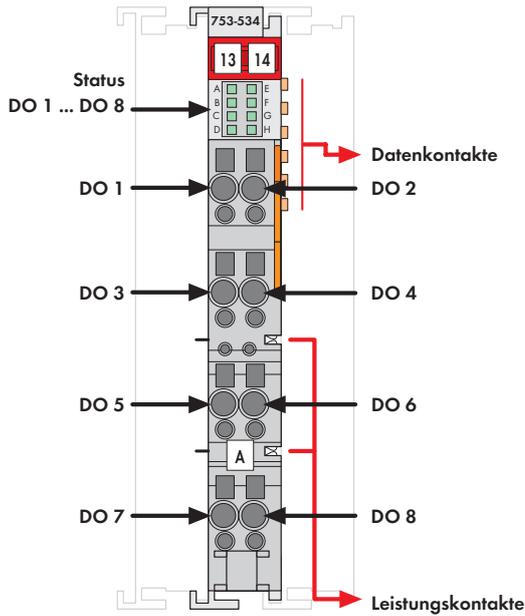
Für die Versorgung mit DC 5 ... 14 V ist eine zusätzliche Einspeiseklemme zu setzen!

Beschreibung	Bestell-Nr.	VPE
<b>8DI DC 5 (14) V 0,2ms (ohne Stecker)</b>	<b>753-434</b>	<b>1</b>
<b>Zubehör</b>		
 <b>Stecker Serie 753</b>	<b>753-110</b>	25
 <b>Kodierelemente</b>	<b>753-150</b>	100
<b>Mini-WSB Schnellbezeichnungssystem</b>		
 unbedruckt	<b>248-501</b>	5
bedruckt	siehe Gesamtkatalog W5 Band 3, Seite 214 ... 215	
<b>Zulassungen</b>		
Serie 753		
UL 508	beantragt	
Schiffbau	beantragt	
Konformitätskennzeichnung	CE	

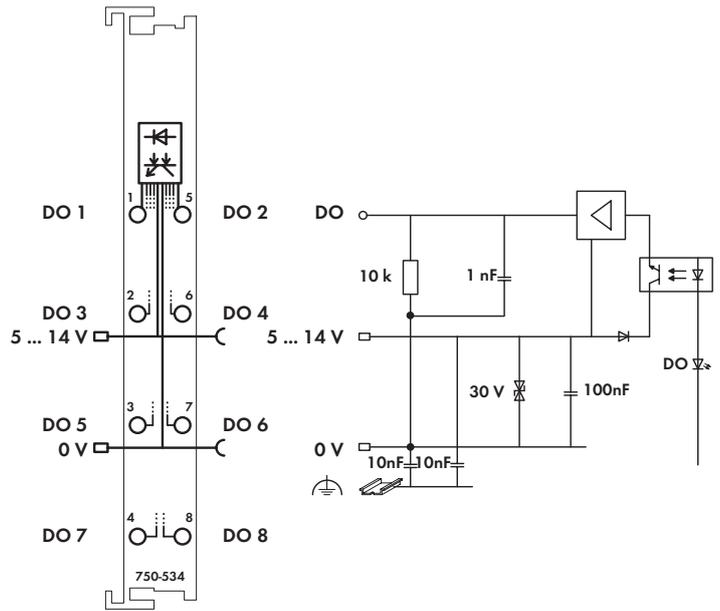
Technische Daten	
Anzahl der Eingänge	8
Stromaufnahme (intern)	4 mA
Spannung über Leistungskontakte (U <sub>v</sub> )	DC 5 V ... 14 V (-15 % ... +20 %)
Signalspannung (0)	DC -3 V ... 0,2 x U <sub>v</sub>
Signalspannung (1)	DC 0,5 U <sub>v</sub> ... 1,1 U <sub>v</sub>
Eingangsfiler	0,2 ms
Eingangsstrom typ.	60 µA bei 12 V
Eingangswiderstand	> 100 kΩ
Potentialtrennung	500 V System / Versorgung
Datenbreite intern	8 Bit
Anschlusstechnik	CAGE CLAMP®
Querschnitte	0,08 mm <sup>2</sup> ... 2,5 mm <sup>2</sup> / AWG 28 ... 14
Abisolierlänge	9 ... 10 mm / 0.37 in
Abmessungen Breite	12 mm
Gewicht	ca. 50 g
EMV CE-Störfestigkeit	gem. EN 61131-2 (2003)
EMV CE-Störaussendung	gem. EN 61131-2 (2003)
EMV Schiffbau -Störfestigkeit	gem. Germanischer Lloyd (2003)
EMV Schiffbau -Störaussendung	gem. Germanischer Lloyd (2003)

# 8-Kanal Digital Ausgangsklemme DC 5 ... 14 V

kurzschlussfest; positiv schaltend



Lieferung ohne Mini-WSB



**Achtung:**

Für die Versorgung mit DC 5 ... 14 V ist eine zusätzliche Einspeiseklemme zu setzen!

Die digitalen Ausgangsklemmen verfügen bei nur 12 mm Baubreite über 8 Kanäle.

Über sie werden Steuersignale aus dem Automatisierungsgerät an die angeschlossenen Aktoren weitergegeben.

Alle Ausgänge sind kurzschlussfest ausgeführt.

Feld- und Systemebene sind galvanisch getrennt.

Beschreibung	Bestell-Nr.	VPE
<b>8DO DC 5 (14) V 1A (ohne Stecker)</b>	<b>753-534</b>	<b>1</b>
Zubehör	Bestell-Nr.	VPE
 <b>Stecker Serie 753</b>	<b>753-110</b>	25
 <b>Kodierelemente</b>	<b>753-150</b>	100
<b>Mini-WSB Schnellbezeichnungssystem</b>		
 unbedruckt	<b>248-501</b>	5
 bedruckt	siehe Gesamtkatalog W5 Band 3, Seite 214 ... 215	
Zulassungen		
Serie 753		
UL 508	beantragt	
Schiffbau	beantragt	
Konformitätskennzeichnung	CE	

Technische Daten	
Anzahl der Ausgänge	8
Stromaufnahme (intern)	20 mA
Spannung über Leistungskontakte	DC 5 V ... 14 V (-15 % ... +20 %)
Lastart	ohmsch, induktiv
Schaltfrequenz max.	2 kHz
Ausgangstrom	1 A, kurzschlussfest
Absorbierbare Energie W max. (einmaliges Abschalten)	0,26 J; $L_{max} = 2 \times W_{max} / I^2$
Stromaufnahme typ. (Feldseite)	25 mA / Modul + Last
Potentialtrennung	500 V System / Versorgung
Datenbreite intern	8 Bit
Anschlusstechnik	CAGE CLAMP®
Querschnitte	0,08 mm <sup>2</sup> ... 2,5 mm <sup>2</sup> / AWG 28 ... 14
Abisolierlänge	9 ... 10 mm / 0.37 in
Abmessungen Breite	12 mm
Gewicht	ca. 50 g
EMV CE-Störfestigkeit	gem. EN 61131-2 (2003)
EMV CE-Störaussendung	gem. EN 61131-2 (2003)
EMV Schiffbau -Störfestigkeit	gem. Germanischer Lloyd (2003)
EMV Schiffbau -Störaussendung	gem. Germanischer Lloyd (2003)

Potentialvervielfältigungsklemme

DC 0 V

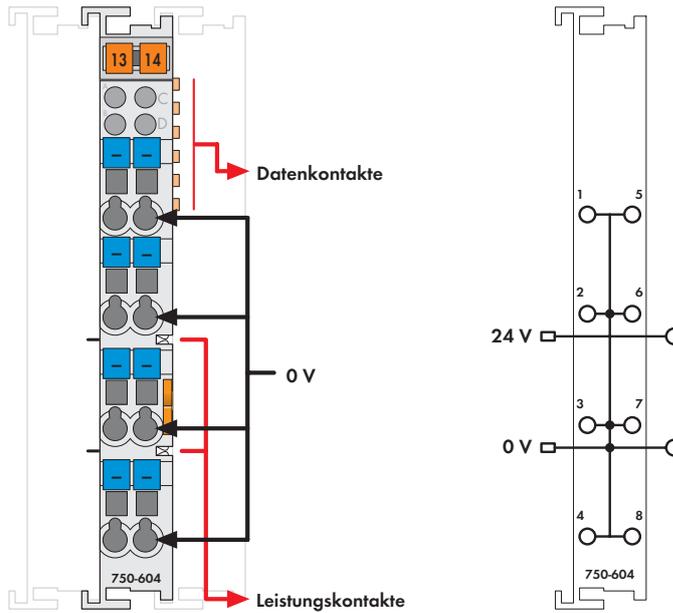


Abb. Serie 750 / Darstellung siehe Seite 30 / Lieferung ohne Mini-WSB  
 Kennzeichnung Serie 750 / 753 siehe Seite 20 ... 21 / 22 ... 23

Die Potentialvervielfältigungsklemme dient dazu, in Kombination mit der 8-Kanal Ausgangsklemme 750-530 das 0 V-Potential für die Ausgänge bereitzustellen.

Der Einsatz zusätzlicher Reihenklammen ist dadurch überflüssig.

Die Potentialvervielfältigungsklemme erhält über die internen Leistungskontakte einer vorgeschalteten Busklemme die 24 V-Versorgungsspannung und das 0 V-Potential. Durch Anrasten der Busklemme erfolgt dann über die Leistungskontakte eine automatische Durchkontaktierung der Potentiale an die nachfolgenden Klammern. Das 0 V-Potential wird an allen acht CAGE CLAMP-Anschlüssen für die Feldebene zur Verfügung gestellt und die 24 V-Versorgung ohne eigene Verwendung weitergereicht.

Beschreibung	Bestell-Nr.	VPE
Potentialvervielfältigung	750-604	1
Potentialvervielfältigung (ohne Stecker)	753-604	1
<b>Zubehör</b>		
 Stecker Serie 753	753-110	25
 Kodierelemente	753-150	100
<b>Mini-WSB Schnellbezeichnungssystem</b>		
 unbedruckt	248-501	5
bedruckt	siehe Seite 214 ... 215	
<b>Zulassungen</b>		
Serie 750 und 753		
• UL 508		
Konformitätskennzeichnung	CE	
Serie 750		
• EN 50021	II 3 GD EEx nA II T4	
• UL 1604	Class I Div2 ABCD T4A	

Technische Daten	
Spannung über Leistungskontakte max.	DC 24 V
Strom über Leistungskontakte max.	DC 10 A
Anschlussstechnik	CAGE CLAMP®
Querschnitte	0,08 mm² ... 2,5 mm² / AWG 28 ... 14
Abisolierlänge Serie 750 / 753	8 ... 9 mm / 0.33 in
	9 ... 10 mm / 0.37 in
Abmessungen Breite	12 mm
Gewicht	ca. 40 g
EMV CE-Störfestigkeit	gem. EN 50082-2 (1996)
EMV CE-Störaussendung	gem. EN 50081-1 (1993)



## MCI0x series

### Fast Ethernet Media Converters



#### AT-MCI01XL

TX to FX Fast Ethernet media converter with multi-mode ST fiber connectors

#### AT-MCI02XL

TX to FX Fast Ethernet media converter with multi-mode SC fiber connectors

#### AT-MCI03XL

TX to FX Fast Ethernet media converter with single-mode 15km SC fiber connectors

#### AT-MCI03LH

TX to FX Fast Ethernet media converter with single-mode 40km SC fiber connectors

#### Fiber Connections

The Allied Telesis range of Fast Ethernet Media converters provides a complete family of conversion devices, allowing users to extend the size of UTP networks with the use of fiber cabling. Supporting both SC and ST fiber connectors, these converters can be used to extend networks with up to 2km of multi-mode fiber or 40km of single-mode fiber.

#### Auto-Negotiation and MissingLink™

The MissingLink™ feature enables the fiber optic ports on the media converter to pass the 'Link' status of their connections to each other. When the media converter detects a problem with one of the ports, such as the loss of connection to an end-node, the media converter shuts down the connection to the other port, thus notifying the node that the connection has been lost.

#### Simple Installation

All the media converters feature Auto MDI/MDI-X, allowing the converter to be connected to either a PC, hub or switch with a simple UTP cable. The media converters also allow the installer to test the integrity of fiber connection, by forcing the converters to communicate over the fiber cable. This 'Link Test' feature allows installers to check for cable faults without the need for expensive fiber optic test equipment.

#### Standalone or Rack-mounted

Each small media converter is powered by an external power supply unit for use in standalone applications. Where multiple media converters are being used, up to 12 standalone devices can be inserted into a low-cost rack-mount chassis, allowing all the converters to be powered by a single internal power supply. In critical applications, a second load sharing internal power supply can be installed into the rack-mount chassis.

#### Hassle Free Support

Allied Telesis Fast Ethernet media converters offer free technical support, ensuring trouble-free installation.

#### Key Features

- Half and full-duplex operation
- Transparent to IEEE 802.1Q packets
- Rack-mountable using optional AT-MCR12, AT-TRAY4 or AT-TRAY1 chassis
- Wall-mountable using AT-WLMT
- Auto MDI/MDI-X
- MissingLink™
- Link Test
- RoHS Compliant

Port Type (Connector)	Cable Distance	Optical Frequency	Launch Power (dBm)			Receive Power (dBm)		
			Max.	Avg.	Min.	Min. Sensitivity	Typical Sensitivity	Saturation
100FX MMF (2km)	2km	1310nm	-14.0	-16.8	-19.0	-31.8	-34.5	-14.0
100FX SMF (15km)	15km	1310nm	-8.0	-11.5	-15.0	-31.0	-31.0	-8.0
100FX SMF (40km)	40km	1310nm	0.0	-3.0	-5.0	-35.0	-38.0	0.0

## Link Test

The link test is a fast and easy way for you to test the connections between the media converter ports and the end-nodes that are connected to the ports. If a network problem occurs, you can perform a link test to determine which port is experiencing a problem, and be able to focus your troubleshooting efforts on the cable or end-node where the problem resides.

## MissingLink™

The MissingLink™ feature enables the two ports on the media converter to pass the 'Link' status of their connections to each other. When the media converter detects a loss of connection to an end-node, the media converter shuts down the connection to the other port, thus notifying the end-node that the connection has been lost.

## Technical Specifications

### Status Indicators

#### Front Panel

Power	Indicates power is applied to the converter
Link (2)	Indicates a valid receive link exists
Activity (2)	Indicates TX/RX on the port
FDX	Indicates full-duplex operation
ML	Indicates MissingLink™ enabled

#### Switches

ML - Link Test	Enable MissingLink™
A/N	Enable Auto-negotiation

### Packet Transmission Characteristics

Round Trip Delay	0.4 μs Maximum
Bit Error Rate (BER)	<10 <sup>-12</sup>

### Twisted Pair Interface

	Min.	Typical	Max.
UTP Differential Output Voltage	950mv	980mv	1050mv
Overshoot Voltage		4%	5%
Single Amplitude Symmetry	0.98	1.0062	1.02
Rise and Fall Time			
Rise	3.0ns	4.6ns	5.0ns
Fall	3.0ns	4.2ns	5.0ns
Rise and Fall Time Symmetry	0.4ns	0.5ns	

## Power Characteristics

External Power Supply	120V AC, 60Hz (US model) 240V AC, 50Hz (European models)
Input Supply Voltage	12vDC
Max Current	500mA
Power Consumption	6W

## Environmental Specifications

Operating Temp	0°C to 40°C (32°F to 104°F)
Storage Temp.	-20°C to 80°C
Relative Humidity	5% to 95% non-condensing
Operating Altitude	0 to 10,000 feet

RoHS Compliant

## Physical Characteristics

Dimensions: (W x D x H)	10.5cm x 9.5cm x 2.5cm (4.12" x 3.75" x 1.0")
Weight:	294g (10.4oz)

## Electrical/Mechanical Approvals

EMC	FCC Class B
Safety compliant	UL-Cul, CSA/CSA, NRTL, TUV, CE compliant

## Ordering Information

AT-MC101XL-xx  
UTP to multi-mode ST (2km) fiber

AT-MC102XL-xx  
UTP to multi-mode SC (2km) fiber

AT-MC103XL-xx  
UTP to single-mode SC (15km) fiber

AT-MC103LH-xx  
UTP to single-mode long-haul SC (40km) fiber

Where xx =  
10 (US power adapter)  
20 (European power adapter)  
30 (UK power adapter)  
40 (Australian power adapter)

## Associated Products

AT-TRAY1  
Rack-mounting tray for one Media Converter

AT-TRAY4  
Rack-mounting tray for up to four Media Converters

AT-WLMT  
Wall-mount bracket for one Media Converter

AT-MCR12  
12 slot AC/DC powered chassis for Media Converters

USA Headquarters | 19800 North Creek Parkway | Suite 200 | Bothell | WA 98011 | USA | T: +1 800 424 4284 | F: +1 425 481 3895  
European Headquarters | Via Motta 24 | 6830 Chiasso | Switzerland | T: +41 91 69769.00 | F: +41 91 69769.11  
Asia-Pacific Headquarters | 11 Tai Seng Link | Singapore | 534182 | T: +65 6383 3832 | F: +65 6383 3830

[www.alliedtelesis.com](http://www.alliedtelesis.com)

© 2007 Allied Telesis Inc. All rights reserved. Information in this document is subject to change without notice. All company names, logos, and product designs that are trademarks or registered trademarks are the property of their respective owners.

617-00275-00 Rev G

# Low Emission AC/DC-Wandler Modul 24W

## Einzelspannung MAAK 24.1



### Bestellinformation

Typ	Ausgang ( ) Power Boost	Eingangsspannung*	Einbaumaße	Artikel-Nr.*1
MAAK 24.1	A1 = 24V ; 1A	115/230Vac	106x33,5x96mm	170-414-00

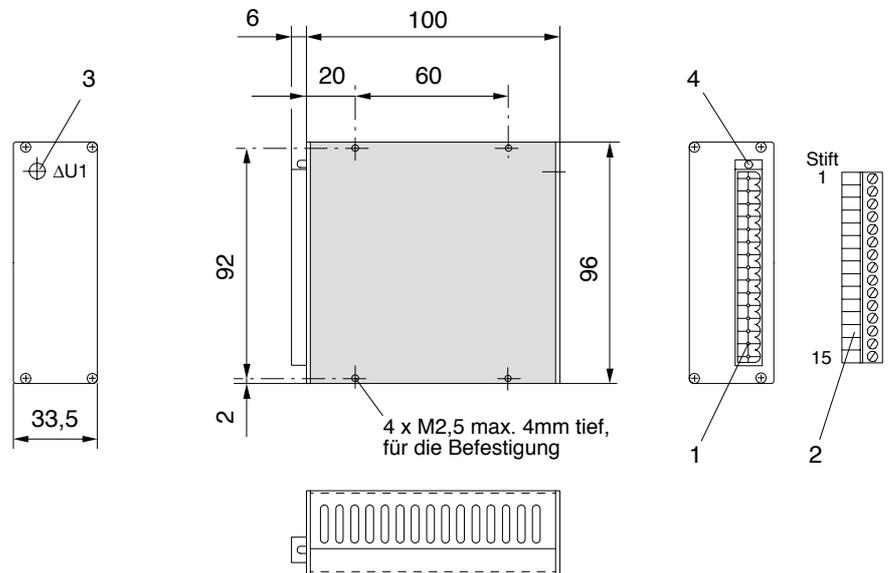
\* automatische Netzumschaltung

\*1 Gehäuse gelb chromatiert

### Abmessungen in mm

- 1 = Steckverbinder
- 2 = Schraubklemmleiste 15-polig (Zubehör)
- 3 = Potentiometer
- 4 = LED, grün

Gesamtlänge mit aufgesteckter Klemmleiste ca. 115mm



### Schraubklemmleiste (15-polig)

Freie Kontakte dürfen extern nicht belegt werden!

	Stift
+ Ausgang 1	1
+ Fühlerleitung 1	2
- Ausgang 1	3
- Fühlerleitung 1	4
I/O Extern ON/OFF	11
Netz L1	13
Netz N	14
Schutzleiter  PE	15

**Technische Daten**

Garantierte Werte nach einer Einlaufzeit im Nennbetrieb von ca. 15 min., gemessen am Geräteausgang.

<b>Ausgang</b>		<b>A1</b>	
Ausgangsspannung	[Vdc]	<b>24</b>	
Einstellbereich (±)	[V]	2	
Ausgangsstrom	[A]	1	
Strombegrenzung Kennlinie	[A]	1,3 annähernd U-I	
Funktion		primärgetaktet	
Wirkungsgrad	[%]	≥ 81	
Spannungsabweichung bei Laständerung 0... 100% (statisch)	[mV]	≤ 20	
Eingangsspannungsänderung $U_{Emin}-U_{Emax}$	[mV]	≤ 10	
Restwelligkeit (100Hz)	[mV <sub>SS</sub> ]	< 2	
Schaltfrequenzripple (50-190kHz)	[mV <sub>SS</sub> ]	< 6	
Überlagerte Schaltspitzen	[mV <sub>SS</sub> ]	< 6	
Dynamische Regelabweichung bei $\Delta I_A = 65...100\% I_{NENN}$	[mV]	≤ 80	
Regelzeit für $\Delta I_A = 65...100\% I_{NENN}$	[µs]	≤ 250	
Anlaufverzögerung	[ms]	≤ 800	
Fühlerleitung (Lastzuleitungskompensation)	[V]	max. 0,25 pro Lastleitung	
Überlastschutz		dauerkurzschlussfest	
Temperaturkoeffizient	[ppm/K]	200	
Eingangsspannung (autom. Umschaltung)	[Vac]	108 - 120 / 216 - 240 +6%/-10%	(97 - 127 / 195 - 254)
Frequenz	[Hz]	50 - 400 ±10%	(45 - 440)
bei Eingangsspannungsausfall im Nennbetrieb : Pufferzeit	$t_{puff}$ [ms]	≥ 25	
max. Eingangsstrom im (im Nennbereich)	[Vac] [A]	115-Bereich 0,6	230-Bereich 0,3
Einschaltstromstoß bei Gerät kalt $\int i^2 dt ; I_S$	[A <sup>2</sup> s] ; [A]	≤ 0,41 ; ≤ 32	
worst case $\int i^2 dt ; I_S$	[A <sup>2</sup> s] ; [A]	≤ 1,1 ; ≤ 86	
Gerätesicherung (intern)	[A]	T 0,63	
Betriebstemperaturbereich, 5mm von der Haube gemessen	[°C]	- 25... 0... + 50	
Gehäusetemperatur	[°C]	max. + 70	
Lagertemperaturbereich	[°C]	- 40... + 85	

Definitionen, elektrische Sicherheit und EMC sowie Angaben zur mechanischen Belastbarkeit siehe Beschreibung.

# Low Emission AC/DC-Modul 44W

## Doppelspannung MADK 5.4/12.2



### Bestellinformation

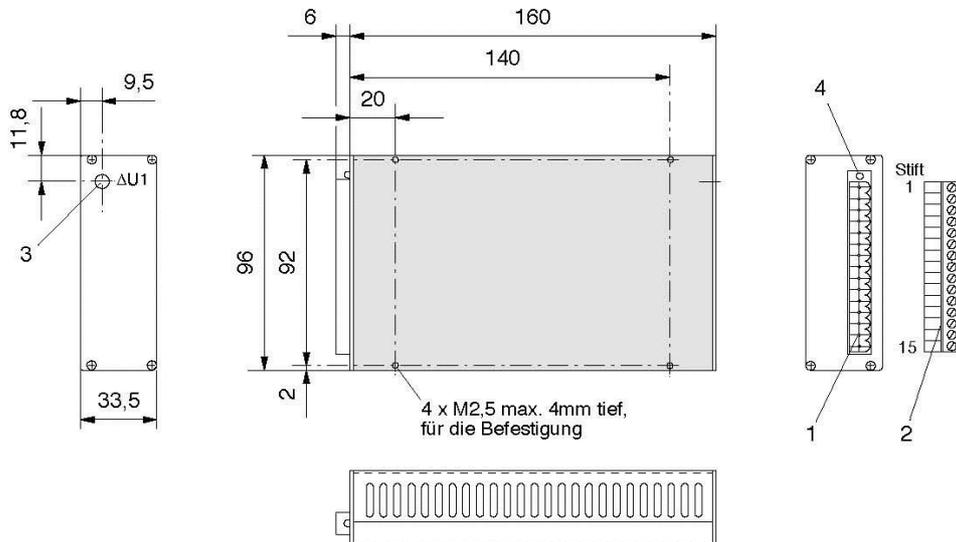
Typ	Ausgang ( ) Power Boost	Eingangs- spannung *	Gehäusegröße siehe Zeichnung	Artikel-Nr. *1
<b>MADK 5.4/12.2</b>	A1 = 5V ; 4A A2 = 12V ; 2A	230 Vac	160x33,5x96mm	<b>171-404-00</b>

\* Netzspannung umsteckbar

\*1 Gehäuse chromatiert, Front- und Rückplatte eloxiert

### Abmessungen in mm ohne Zubehör

- 1 = Steckverbinder
- 2 = Schraubklemmleiste, 15-polig (Zubehör)
- 3 = Potentiometer
- 4 = LED, grün



### Klemmleistenbelegung

Freie Kontakte dürfen extern nicht belegt werden!

	Stift
+ Ausgang 1	1
+ Fühlerleitung 1	2
- Ausgang 1	3
- Fühlerleitung 1	4
+ Ausgang 2	7
+ Fühlerleitung 2	8
- Ausgang 2	9
- Fühlerleitung 2	10
Netz L1	13
Netz N	14
Schutzleiter PE	15

# Low Emission AC/DC-Modul 44W

## Doppelspannung MADK 5.4/12.2



### Technische Daten

Garantierte Werte nach einer Einlaufzeit im Nennbetrieb von ca. 15 min., gemessen am Geräteausgang.

Ausgang		A1	A2	
Ausgangsspannung	[Vdc]	<b>5</b>	<b>12</b>	
Einstellbereich (±)	[V]	0,5	fest eingestellt	
Ausgangsstrom				
Nominal	[A]	4	2	
Strombegrenzung	[A]	4,5	2,3	
Kennlinie		annähernd U-I		
Funktion		primärgetaktet		
Wirkungsgrad	[%]	□ 76		
Spannungsabweichung bei Laständerung 0... 100% (statisch)	[mV]	□ 10	□ 20	
Eingangsspannungsänderung U <sub>Emin</sub> -U <sub>Emax</sub>	[mV]	□ 5	□ 10	
Restwelligkeit (100Hz)	[mV <sub>ss</sub> ]	< 2	< 2	
Schaltfrequenzripple (50-190kHz)	[mV <sub>ss</sub> ]	< 4	< 4	
Überlagerte Schaltspitzen	[mV <sub>ss</sub> ]	< 4	< 4	
Dynamische Regelabweichung bei □ I <sub>a</sub> = 65...100% I <sub>nenn</sub>	[mV]	□ 80	□ 80	
Regelzeit für □ I <sub>a</sub> = 65...100% I <sub>nenn</sub>	[µs]	□ 250	□ 250	
Anlaufverzögerung	[ms]	□ 500		
Fühlerleitung für A1/A2 (Lastzuleitungskompensation)	[V]	max. 0,25 pro Lastleitung		
Überlastschutz		dauerkurzschlussfest		
Temperaturkoeffizient	[ppm/K]	200		
<b>Eingangsspannung</b>	Nennbereich	[Vac]	<b>108-120</b>	<b>216-240</b>
Arbeitsbereich (umsteckbar)		[Vac]	+6%/-10% □ 97-127	+6%/-10% □ 194-254
Frequenz		[Hz]	50 - 400 ±10% □ 45-440	50 - 400 ±10% □ 45-440
bei Eingangsspannungsausfall im Nennbetrieb: Pufferzeit	t <sub>puff</sub>	[ms]	□ 25	
max. Eingangsstrom (im Nennbereich)		[A]	1,5	0,7
Einschaltstromstoß				
Gerät kalt □ i <sup>2</sup> dt ; I <sub>s</sub>		[A <sup>2</sup> s] ; [A]	□ 0,6 ; □ 32	
worst case □ i <sup>2</sup> dt ; I <sub>s</sub>		[A <sup>2</sup> s] ; [A]	□ 1,5 ; □ 90	
Gerätesicherung (primär, intern)		[A]	T 1,6	
Betriebstemperaturbereich (5mm von der Haube gemessen)		[°C]	- 25... 0... + 50	
max. zulässige Gehäuse-/Kühler-Temperatur		[°C]	+ 70	
Lagertemperaturbereich		[°C]	- 40... + 85	
Gewicht ca.		[kg]	0,7	

Definitionen, elektrische Sicherheit und EMC sowie Angaben zur mechanischen Belastbarkeit siehe Beschreibung.

**JUMO GmbH & Co. KG**

Hausadresse: Moltkestraße 13 - 31, 36039 Fulda, Germany  
Lieferadresse: Mackenrodtstraße 14, 36039 Fulda, Germany  
Postadresse: 36035 Fulda, Germany

Telefon: +49 661 6003-722  
Telefax: +49 661 6003-601/688  
E-Mail: mail@jumo.net  
Internet: www.jumo.net



## Raum-, Außen- und Kanal- Widerstandsthermometer

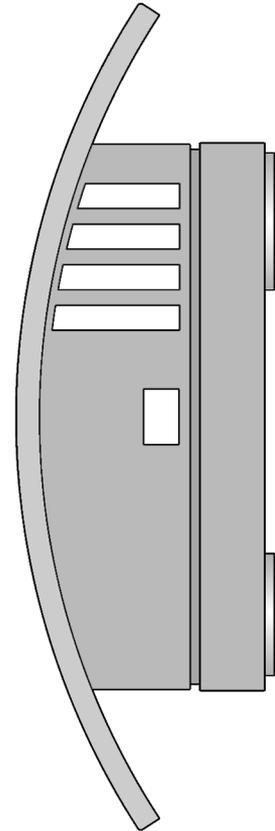
- Für Temperaturen von -30 ... +80°C (200°C)
- Zum Einsatz in der Klimatechnik
- Schutzart IP 20 bis IP 65
- In Zwei-, Drei- oder Vierleiterschaltung anschließbar
- Mit Messumformer 4 ... 20mA oder 0 ... 10V lieferbar

Raum-, Außen- und Kanal-Widerstandsthermometer für die Klimatechnik, werden hauptsächlich für die Temperaturmessung in Räumen, in Luftkanälen und im Freien verwendet.

Verschiedene Geräteausführungen aus Kunststoff mit unterschiedlichen Schutzarten stehen für die jeweilige Messaufgabe zur Verfügung.

In den Messeinsatz ist serienmäßig ein Pt 100-Temperatursensor nach DIN EN 60 751, Klasse B in Zweileiterschaltung eingesetzt, möglich sind auch Ausführungen mit Pt 500, Pt 1000 oder Ni 1000. Von den Anschlussklemmen ausgehend ist eine Weiterführung auch in Drei- und Vierleitertechnik möglich.

Als Option kann ein Messumformer integriert werden.



### Technische Daten

**Anschlussgehäuse**

Kunststoffgehäuse PC (Typ 902523/11 Werkstoff PP), IP 20 bis IP 65,  
Typ 902523/25 Schutzart IP 54 und IP 65

**Schutzrohr**

Edelstahl 1.4571; Ø 5,4mm, Ø 6mm

**Messeinsatz**

Pt 100-Temperatursensor, DIN EN 60 751, Kl. B, Zweileiterschaltung

**Messumformer**

Analoge Messumformer, Ausgangssignal 4...20mA oder 0...10V

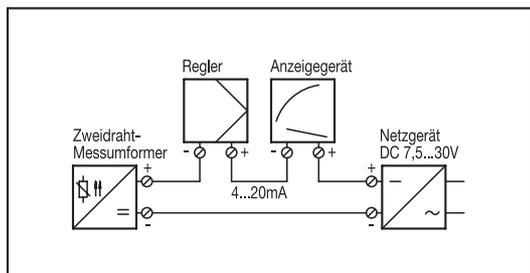


Messumformer	Ausgang 4...20mA	Ausgang 0...10V
<b>Eingang</b>		
Messeingang	Pt 100 (DIN EN 60 751)	
Sensorstrom	≤0,5mA	
Messrate	Dauermessung, da analoger Signalpfad	
<b>Messkreisüberwachung</b>		
Messbereichsunterschreitung	abfallend bis ≤3,6mA	0V
Messbereichsüberschreitung	ansteigend auf ≥ 22 mA ... < 28 mA (typisch 24 mA)	ansteigend auf ≥ 11V ... < 14V (typisch 12V)
Fühlerkurzschluss	≤3,6mA	0V
Fühler- und Leitungsbruch	≥ 22 mA ... < 28 mA (typisch 24 mA)	≥ 11V ... < 14V (typisch 12V)
<b>Ausgang</b>		
Ausgangssignal	eingeprägter Gleichstrom 4...20mA	Gleichspannung 0...10V
Übertragungsverhalten	temperaturlinear	
Übertragungsgenauigkeit	≤±0,1%	≤±0,2%
Dämpfung der Restwelligkeit einer Spannungsversorgung 24V, Amplitude 10V/50Hz, Bürde 470Ω/Last 10MΩ	37dB	40dB
Bürde (R <sub>B</sub> )	R <sub>B</sub> = (U <sub>B</sub> - 7,5V) / 22mA	-
Bürdeneinfluss	≤ ±0,02% / 100Ω <sup>1</sup>	-
Last/Lasteinfluss	-	≥ 10kΩ / ≤±0,1%
Einstellzeit bei Temperaturänderung	≤10ms	
Abgleichbedingungen	DC 24V / ca. 22°C	
Abgleichgenauigkeit	≤±0,2% <sup>1,2</sup> oder ≤±0,2K	
Gesamtgenauigkeit Sensor/Abgleich	±0,4K (typisch) bei 20°C / 24V Spannungsversorgung	
<b>Spannungsversorgung</b>		
Spannungsversorgung (U <sub>B</sub> )	DC 7,5...30V	DC 15...30V
Verpolungsschutz	ja	
Spannungsversorgungseinfluss	≤±0,01% / V Abweichung von 24V <sup>1</sup>	
<b>Umwelteinflüsse</b>		
Betriebstemperaturbereich	-40...+85°C	
Lagertemperaturbereich	-40...+100°C	
Temperatureinfluss	≤ ±0,01% / K Abweichung von 22°C <sup>1</sup>	
Klimafestigkeit ähnlich DIN EN 60 654 Kl. C1	relative Feuchte ≤95% im Jahresmittel ohne Betauung	
EMV Störaussendung/-festigkeit	EN 61 326 Klasse B / Industrieanforderungen	

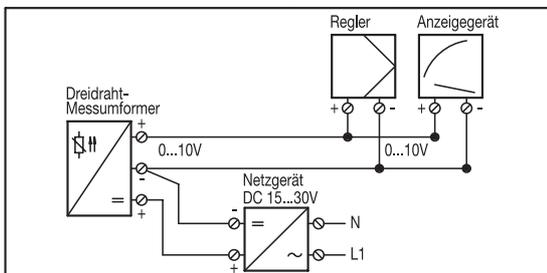
1. Alle Angaben beziehen sich auf den Messbereichsendwert 20mA.

2. Der größere Wert hat Gültigkeit.

**Anschlussbeispiel mit Netzgerät, Ausgang 4...20mA**



**Anschlussbeispiel mit Netzgerät, Ausgang 0...10V**



**Anschlussplan**

**Ausgang 4...20mA**

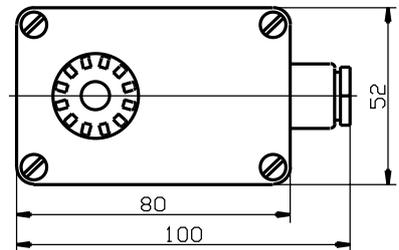
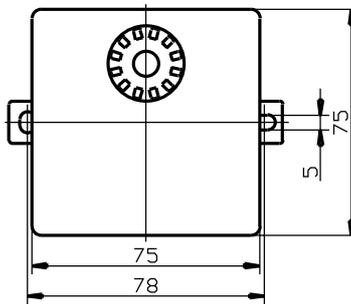
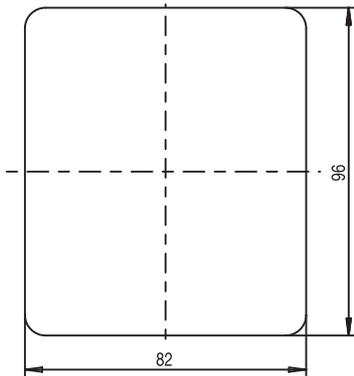
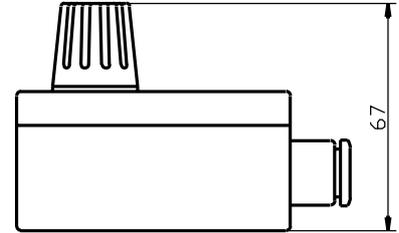
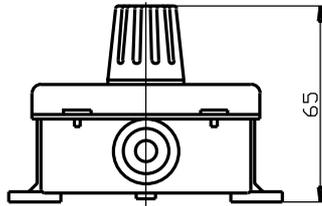
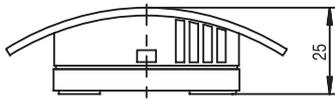
Anschluss für	Anschlussbelegung
Spannungsversorgung DC 7,5...30V	+ 81 R <sub>B</sub> = $\frac{U_b - 7,5V}{22mA}$
Stromausgang 4...20mA	- 82 R <sub>B</sub> = Bürdenwiderstand U <sub>b</sub> = Spannungsversorgung

**Ausgang 0...10V**

Anschluss für	Anschlussbelegung
Spannungsversorgung DC 15...30V	+ 81 - 82
Spannungsausgang 0...10V	- 82 + 83

Last ≥ 10kΩ

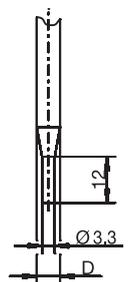
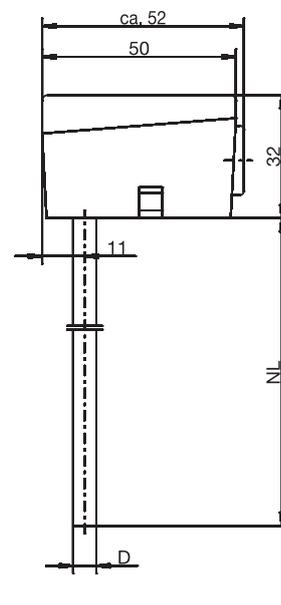
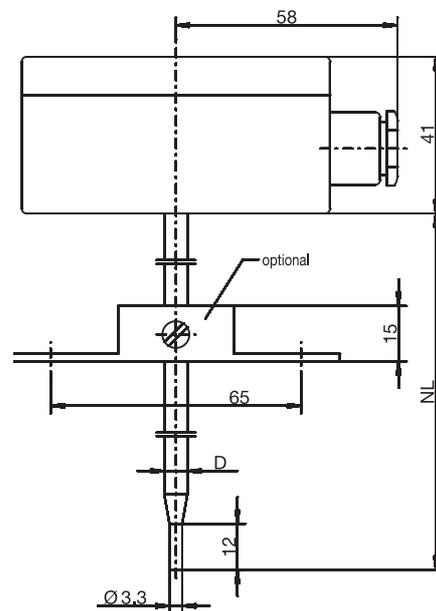
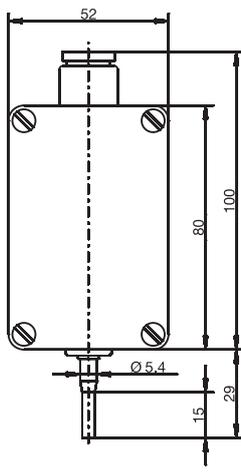
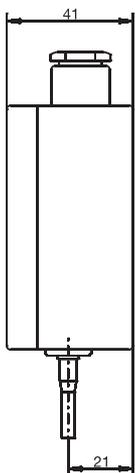
## Abmessungen



Typ 902523/10

Typ 902523/11

Typ 902523/12



Typ 902523/13

Typ 902523/20

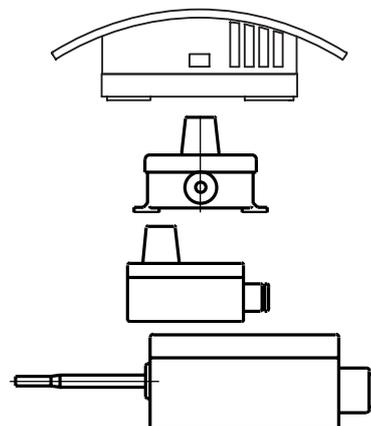
Typ 902523/25



**Bestellangaben: Raum-, Außen- und Kanal-Widerstandsthermometer**

**(1) Grundausführung**

	902523/10	Raum-Widerstandsthermometer, Schutzart IP 20
	902523/11	Raum- und Außen-Widerstandsthermometer, Schutzart IP 54
	902523/12	Raum- und Außen-Widerstandsthermometer, Schutzart IP 65
	902523/13	Raum- und Außen-Widerstandsthermometer mit abgesetztem Schutzrohr, Schutzart IP 65



**(2) Einsatztemperatur in °C**

	x	x	568	-30...+60°C (Messbereich nur in Verbindung mit Typenzusatz 330 oder 333)
	x	x	572	-30...+80°C (Standard)
	x		635	-20...+80°C (Standard)
	x	x	803	0...40°C (Messbereich nur in Verbindung mit Typenzusatz 330 oder 333)
	x	x	807	0...60°C (Messbereich nur in Verbindung mit Typenzusatz 330 oder 333)

**(3) Messeinsatz**

	x		1001	1 x Pt 100 in Dreileiterschaltung
	x	x	1003	1 x Pt 100 in Zweileiterschaltung
	x	x	1005	1 x Pt 1000 in Zweileiterschaltung
	x	x	1009	1 x Ni 1000 in Zweileiterschaltung
	x		2001	2 x Pt 100 in Dreileiterschaltung
	x	x	2003	2 x Pt 100 in Zweileiterschaltung

**(4) Toleranzklasse nach DIN EN 60 751**

	x	x	1	Klasse B (Standard)
	x		2	Klasse A (nicht bei Typ 902523/10 in Verbindung mit Messumformer)
	x		3	Klasse 1/3 DIN (nicht bei Typ 902523/10 in Verbindung mit Messumformer)

**(5) Typenzusätze**

	x	x	000	ohne Typenzusatz
	x		330	Messumformer analog, Ausgang 4...20mA <sup>2</sup> (in Verbindung mit 1 x Pt 100)
	x		333	Messumformer analog, Ausgang 0...10V <sup>2</sup> (in Verbindung mit 1 x Pt 100)

**Bestellschlüssel**                      (1)      (2)      (3)      (4)      (5)  
 [ ] - [ ] - [ ] - [ ] / [ ] , ...  
**Bestellbeispiel**                      902523/10 - 572 - 1001 - 1 / 000<sup>1</sup>

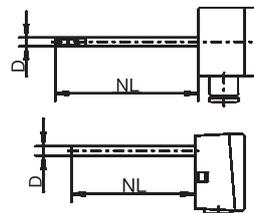
1. Typenzusätze nacheinander aufführen und durch Komma trennen.  
 2. Messbereich im Klartext angeben.



**Bestellangaben: Raum-, Außen- und Kanal-Widerstandsthermometer**

**(1) Grundauführung**

	902523/20	Kanal-Widerstandsthermometer mit abgesetztem Schutzrohr, Schutzart IP 65
	902523/25	Kanal-Widerstandsthermometer mit glattem Schutzrohr, Schutzart IP 54
	<b>(2) Einsatztemperatur in °C</b>	
x	380	-50...+200°C (Standard)
x	568	-30...+60°C (Messbereich nur in Verbindung mit Typenzusatz 330 oder 333)
x	572	-30...+80°C (Standard)
x	807	0...60°C (Messbereich nur in Verbindung mit Typenzusatz 330 oder 333)
	<b>(3) Messeinsatz</b>	
x x	1003	1 x Pt 100 in Zweileiterschaltung
x x	1005	1 x Pt 1000 in Zweileiterschaltung
x x	1009	1 x Ni 1000 in Zweileiterschaltung
x	2003	2 x Pt 100 in Zweileiterschaltung
	<b>(4) Toleranzklasse nach DIN EN 60 751</b>	
x x	1	Klasse B (Standard)
x x	2	Klasse A
x	3	Klasse 1/3 DIN
	<b>(5) Schutzrohrdurchmesser D in mm</b>	
x x	6	Ø 6mm (bei Typ 902523/20 Ø 6mm auf Ø 3,3mm abgesetzt)
	<b>(6) Nennlänge NL in mm (50 ≤NL ≤500)</b>	
x x	100	100mm
x	150	150mm
x	200	200mm
x	...	Angabe im Klartext (Stufung 50mm)
	<b>(7) Prozessanschluss</b>	
x x	000	ohne Prozessanschluss
x x	252	Rohrverschraubung G 1/4
x x	254	Rohrverschraubung G 1/2
x x	662	Anschlagflansch Ø 6mm
	<b>(8) Typenzusätze</b>	
x x	000	ohne Typenzusatz
x	310	Schutzrohr abgesetzt von Ø 6mm auf Ø 3,3mm
x	330	Messumformer analog, Ausgang 4...20mA <sup>2</sup> (in Verbindung mit 1 x Pt 100)
x	333	Messumformer analog, Ausgang 0...10V <sup>2</sup> (in Verbindung mit 1 x Pt 100)
x	404	Schutzart IP 65



<b>Bestellschlüssel</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	,...						
<b>Bestellbeispiel</b>	902523/20	-	572	-	1003	-	1	-	6	-	100	-	252	/	000 <sup>1</sup>

1. Typenzusätze nacheinander aufführen und durch Komma trennen.
2. Messbereich im Klartext angeben.

**JUMO GmbH & Co. KG**

Hausadresse: Moltkestraße 13 - 31, 36039 Fulda, Germany  
 Lieferadresse: Mackenrodtstraße 14, 36039 Fulda, Germany  
 Postadresse: 36035 Fulda, Germany

Telefon: +49 661 6003-722  
 Telefax: +49 661 6003-601/688  
 E-Mail: mail@jumo.net  
 Internet: www.jumo.net

**Lagerausführungen:**

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Verkaufs- Artikel-Nr.
[ ] - [ ]	- [ ] - [ ]	- [ ] - [ ]	- [ ] /	[ ]	
902523/10	- 572	- 1001	- 1	000	90/00065671
902523/10	- 803	- 1003	- 1	330 (0 ... 40°C)	90/00064003
902523/10	- 807	- 1003	- 1	330 (0 ... 60°C)	90/00065717
902523/11	- 635	- 1003	- 1	000	90/00055723
902523/12	- 572	- 1003	- 1	000	90/00064881
902523/12	- 807	- 1003	- 1	330 (0 ... 60°C)	90/00064883
902523/13	- 572	- 1003	- 1	000	90/00419733
902523/13	- 572	- 2003	- 1	000	90/00419734
902523/13	- 568	- 1003	- 1	330 (-30 ... +60°C)	90/00419736

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	Verkaufs- Artikel-Nr.
[ ] - [ ]	- [ ] - [ ]	- [ ] - [ ]	- [ ] - [ ]	- [ ] - [ ]	- [ ] - [ ]	- [ ] /	[ ]	
902523/20	- 572	- 1003	- 1	- 6	- 100	- 662	000	90/00064894
902523/20	- 568	- 1003	- 1	- 6	- 100	- 662	330 (-30 ... +60°C)	90/00065087

# Druckmessumformer für allgemeine Anwendungen

## Typ S-10, Standardausführung

## Typ S-11, frontbündige Membrane

WIKA Datenblatt PE 81.01



### Anwendungen

- Maschinenbau
- Hydraulik / Pneumatik
- Allgemeine Industrieanwendungen
- Nahrungs- und Genussmittel

### Besonderheiten

- Messbereiche von 0 ... 0,1 bar bis 0 ... 1000 bar
- Verschiedenste Industrie-Standardsignale
- Steckeranschluss oder Kabelausgang
- Großes Lagerprogramm für kurze Lieferzeiten
- Vakuumfest

### Beschreibung

Diese Druckmessumformer wurden konzipiert, um den größten Teil der Anwendungen im Bereich der industriellen Druckmesstechnik abzudecken. Sie zeichnen sich durch hohe Genauigkeit, robuste und kompakte Bauform und Flexibilität bei der Anpassung an unterschiedliche Messaufgaben aus.

Durch die nahezu beliebige Kombinierbarkeit verschiedener mechanischer und elektrischer Anschlüsse ergibt sich eine außerordentliche Bandbreite von Gerätevarianten.

#### Aufbau

Alle messstoffberührten Teile sind aus CrNi-Stahl gefertigt und komplett verschweißt. Interne Dichtelemente, die Einschränkungen bei der Wahl des Messstoffes mit sich bringen, sind nicht vorhanden. Das robuste Gehäuse ist ebenfalls aus CrNi-Stahl und bietet eine Schutzart von mindestens IP 65 (Sonderversionen bis IP 68).



Abb. links Druckmessumformer S-10

Abb. Mitte Druckmessumformer S-11

Abb. rechts Druckmessumformer S-11 mit Kühlstrecke

Die Druckmessumformer können mit unregelter Gleichspannung von 10 (14) ... 30 V versorgt werden und liefern wahlweise alle in der Messtechnik üblichen Ausgangssignale.

Der Typ S-11 eignet sich durch seine frontbündige Membrane besonders für die Messung von viskosen und verunreinigten Medien, die den Druckkanal eines normalen Anschlusses zusetzen würden. Damit ist eine störungsfreie Druckmessung gewährleistet. Frontbündige Druckmessumformer sind in den Messbereichen von 0 ... 0,1 bar bis 0 ... 600 bar lieferbar. Für Anwendungen mit höheren Temperaturanforderungen ermöglicht eine integrierte Kühlstrecke Messstofftemperaturen bis zu 150 °C.

Für die Messbereiche von 0 ... 0,25 bar bis 0 ... 1000 bar können Druckmessumformer für Sauerstoffanwendungen geliefert werden (sicherheitstechnische Beurteilung der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, BAM, liegt vor).

# Technische Daten

# Typ S-10 / S-11

Messbereich *)	bar	0,1	0,16	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	
Überlastgrenze	bar	1	1,5	2	2	4	5	10	10	17	35	35	
Berstdruck	bar	2	2	2,4	2,4	4,8	6	12	12	20,5	42	42	
Messbereich *)	bar	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000 <sup>1)</sup>		
Überlastgrenze	bar	80	50	80	120	200	320	500	800	1200	1500		
Berstdruck	bar	96	96	400	550	800	1000	1200	1700 <sup>2)</sup>	2400 <sup>2)</sup>	3000		
{Unterdruck, Überdruck, +/- , sowie Absolutdruck erhältlich}													
1) Nur für Typ S-10 gültig.													
2) Bei Typ S-11: Der Tabellenwert gilt ausschließlich bei Abdichtung mittels Dichtring unterhalb vom Sechskant. Andernfalls gilt max. 1500 bar.													
Werkstoff		(andere Werkstoffe siehe WIKA Druckmittler-Programm)											
■ Messstoffberührte Teile													
» Typ S-10 *)		CrNi-Stahl											
» Typ S-11		CrNi-Stahl O-Ring: NBR <sup>3)</sup> {FPM/FKM}											
■ Gehäuse		CrNi-Stahl											
■ Interne Übertragungsflüssigkeit <sup>4)</sup>		Synthetisches Öl {Halocarbonöl für Sauerstoff-Ausführungen}											
		3) O-Ring aus FPM/FKM bei Typ S-11 mit integrierter Kühlstrecke											
		4) Nicht vorhanden bei Typ S-10 für Messbereiche > 25 bar.											
Hilfsenergie UB	UB in VDC	10 < UB ≤ 30 (14 ... 30 bei Ausgang 0 ... 10 V)											
Ausgangssignal und zulässige max. Bürde R <sub>A</sub>	R <sub>A</sub> in Ohm	4 ... 20 mA, 2-Leiter					R <sub>A</sub> ≤ (UB - 10 V) / 0,02 A						
		0 ... 20 mA, 3-Leiter					R <sub>A</sub> ≤ (UB - 3 V) / 0,02 A						
		0 ... 5 V, 3-Leiter					R <sub>A</sub> > 5 k						
		0 ... 10 V, 3-Leiter					R <sub>A</sub> > 10 k						
		{Andere Ausgangssignale auf Anfrage}											
Einstellbarkeit Nullpunkt/Spanne	%	± 5 durch Potentiometer im Gerät											
Einstellzeit (10 ... 90 %)	ms	≤ 1 (≤ 10 ms bei Messstofftemperatur < -30 °C für Messbereiche bis 25 bar oder bei frontbündiger Membrane)											
Spannungsfestigkeit	VDC	500 <sup>5)</sup>											
		5) NEC Class 02 Spannungsversorgung (Niederspannung und Niederstrom max. 100 VA auch im Fehlerzustand)											
Genauigkeit	% d. Spanne	≤ 0,25 {0,125} <sup>6)</sup>					(BFSL)						
	% d. Spanne	≤ 0,5 {0,25} <sup>6) 7)</sup>											
		6) Genauigkeit { } für Messbereiche ≥ 0,25 bar											
		7) Einschließlich Nichtlinearität, Hysterese, Nichtwiederholbarkeit, Nullpunkt- und Endwertabweichung (entspricht Messabweichung nach IEC 61298-2)											
		Kalibriert bei senkrechter Einbaulage Druckanschluss											
Nichtlinearität	% d. Spanne	≤ 0,2					(BFSL) nach IEC 61298-2						
Nichtwiederholbarkeit	% d. Spanne	≤ 0,1											
Stabilität pro Jahr	% d. Spanne	≤ 0,2					(bei Referenzbedingungen)						
Zulässige Temperaturbereiche													
■ Messstoff <sup>8) *)</sup>	°C	-30 ... +100 {-40 ... +125}					Typ S-11 mit integrierter Kühlstrecke: -20 ... +150						
■ Umgebung <sup>8)</sup>	°C	-20 ... +80					Typ S-11 mit integrierter Kühlstrecke: -20 ... +80						
■ Lagerung <sup>8)</sup>	°C	-40 ... +100					Typ S-11 mit integrierter Kühlstrecke: -20 ... +100						
		8) Erfüllt auch EN 50178, Tab. 7, Betrieb (C) 4K4H, Lagerung (D) 1K4, Transport (E) 2K3											
Kompensierter Temperaturbereich	°C	0 ... +80											
Temperaturkoeffizienten im kompensierten Temperaturbereich													
■ Mittlerer TK des Nullpunktes	% d. Spanne	≤ 0,2 / 10 K (< 0,4 für Messbereiche ≤ 0,25 bar)											
■ Mittlerer TK der Spanne	% d. Spanne	≤ 0,2 / 10 K											
CE-Konformität													
■ Druckgeräterichtlinie		97/23/EG											
■ EMV-Richtlinie		89/336/EWG Störaussendung (Grenzwertklasse B) und Störfestigkeit nach EN 61326											
Schockbelastbarkeit	g	1000 nach IEC 60068-2-27 (Schock mechanisch)											
Vibrationsbelastbarkeit	g	20 nach IEC 60068-2-6 (Vibration bei Resonanz)											
Elektrische Schutzarten	VDC												
■ Überspannungsschutz		36											
■ Kurzschlußfestigkeit		Sig+ gegen UB-											
■ Verpolschutz		UB+ gegen UB-											

# Technische Daten

# Typ S-10 / S-11

Gewicht	kg	Ca. 0,2
		Ca. 0,3 bei Option Kennlinienabweichung 0,25% der Spanne (höheres Gehäuse)

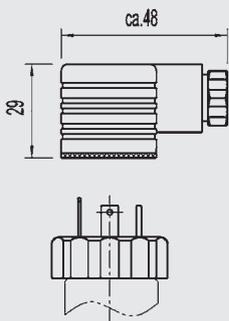
\*) In Sauerstoff-Ausführung ist Typ S-11 nicht erhältlich. In Sauerstoff-Ausführung ist Typ S-10 nur möglich mit Überdruck-Messbereich  $\geq 0,25$  bar, Messstofftemperatur  $-20 \dots +60$  °C und messstoffberührte Teile in CrNi-Stahl oder Elgiloy®.  
 {} Angaben in geschweiften Klammern beschreiben gegen Mehrpreis lieferbare Sonderheiten.

## Abmessungen in mm

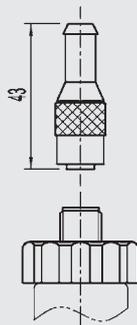
Schutzart IP nach IEC 60529. Die angegebenen Schutzarten gelten nur im gesteckten Zustand mit Leitungssteckern entsprechender Schutzart.

### Elektrische Anschlüsse

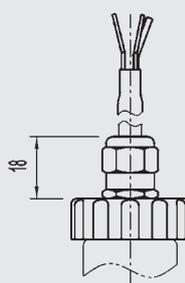
DIN 175301-803 A  
 Winkeldose  
 Leitungsquerschnitt bis max.  $1,5 \text{ mm}^2$ ,  
 Leitungsaußendurchmesser 6-8 mm  
 IP 65  
 Bestellcode: A4



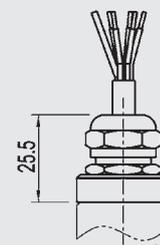
M 12x1  
 Rundsteckverbinder  
 4-polig  
 IP 67  
 Bestellcode: M4  
 \*)



Kabelausgang  
 für Leitungsquerschnitt  $0,5 \text{ mm}^2$ , AWG 20 mit Aderendhülsen, Leitungsaußendurchmesser 6,8 mm,  
 IP 67  
 Bestellcode: DL



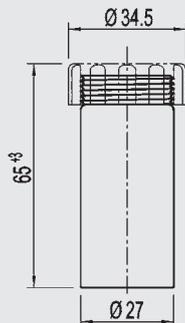
Kabelausgang  
 ohne Zugang zu Nullpunkt und Spanne-Potentiometer, für Leitungsquerschnitt  $0,5 \text{ mm}^2$ , AWG 20 mit Aderendhülsen, Leitungsaußendurchmesser 6,8 mm,  
 IP 68  
 Bestellcode: EM



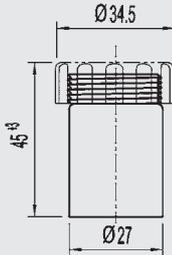
Andere auf Anfrage

### Gehäuse

Gehäuse bei Genauigkeit 0,25 %



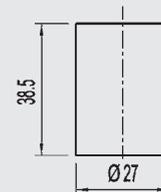
Gehäuse bei Genauigkeit 0,5 %



Gehäuse bei Genauigkeit 0,25 %

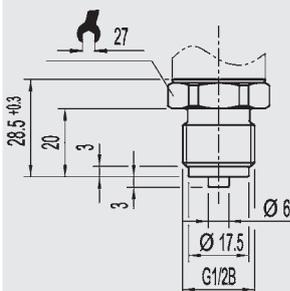


Gehäuse bei Genauigkeit 0,5 %

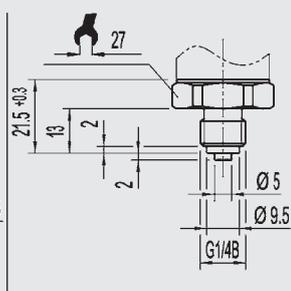


### Druckanschlüsse S-10

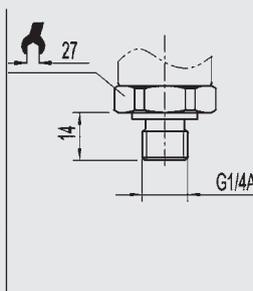
G 1/2  
 EN 837  
 Bestellcode: GD



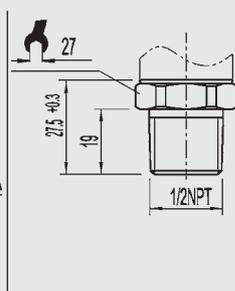
G 1/4  
 EN 837  
 Bestellcode: GB



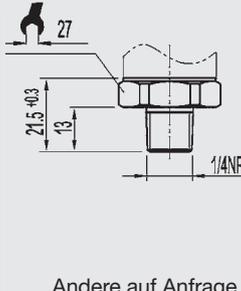
G 1/4  
 DIN 3852-E  
 Max. Überlastgrenze 600 bar  
 Bestellcode: HD



1/2 NPT  
 nach Nennmaße für US-Standard kegeliges Rohrgewinde NPT  
 Bestellcode: ND



1/4 NPT  
 nach Nennmaße für US-Standard kegeliges Rohrgewinde NPT  
 Bestellcode: NB



Andere auf Anfrage

Einbau- und Sicherheitshinweise finden Sie in der Betriebsanleitung für dieses Produkt.

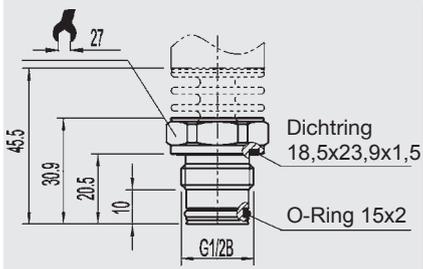
Angaben zu Einschraubblöchern und Einschweißstutzen entnehmen Sie bitte unserer Technischen Information IN 00.14 unter [www.wika.de](http://www.wika.de)

\*) Gegenstecker sind nicht im Lieferumfang enthalten

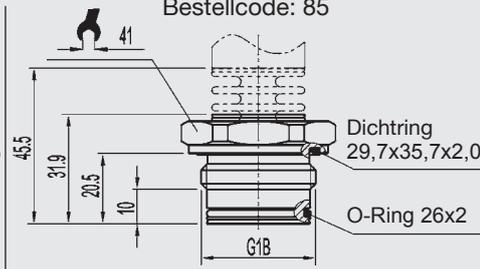
## Abmessungen in mm

### Druckanschlüsse S-11, frontbündig

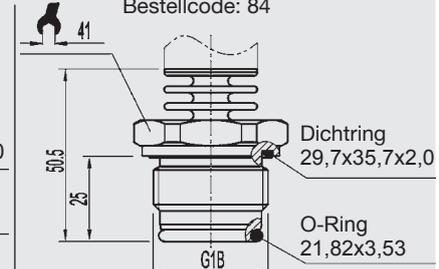
G 1/2 B  
mit/ohne Kühlstrecke  
0 ... 2,5 bis 0 ... 600 bar  
Bestellcode: 86



G 1 B  
mit/ohne Kühlstrecke  
0 ... 0,1 bis 0 ... 1,6 bar  
Bestellcode: 85



G 1 B  
gem. EHEDG \*\*)  
mit Kühlstrecke bis 150 °C  
bis 25 bar  
Bestellcode: 84



Andere auf Anfrage

Einbau- und Sicherheitshinweise finden Sie in der Betriebsanleitung für dieses Produkt.

Angaben zu Einschraubblöcken und Einschweißstutzen entnehmen Sie bitte unserer Technischen Information IN 00.14 unter [www.wika.de](http://www.wika.de)

\*\*) European Hygienic Equipment Design Group

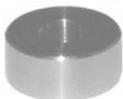
## Elektrische Anschlüsse

	2-Leiter	3-Leiter
DIN 175301-803 A Winkeldose		
M 12x1, 4-polig Rundsteckverbinder		
Kabelausgang mit 1,5 m Kabellänge		

### Legende:

	Spannungsversorgung
	Verbraucher

## Bestell-Nr.



11 92 299  
11 92 264

### S-11

G 1/2 Einschweißadapter  
G 1 Einschweißadapter

Änderungen und den Austausch von Werkstoffen behalten wir uns vor.  
Die beschriebenen Geräte entsprechen in ihren Konstruktionen, Maßen und Werkstoffen dem derzeitigen Stand der Technik.



**WIKAI Alexander Wiegand GmbH & Co. KG**  
Alexander-Wiegand-Straße 30  
63911 Klingenberg/Germany  
Tel. +49 / (0) 9372/132-0  
Fax +49 / (0) 9372/132-406  
E-mail [info@wika.de](mailto:info@wika.de)  
[www.wika.de](http://www.wika.de)

### Versatile power entry module

- up to 10A current ratings
- IEC 950-compliant (twin fuse configurations only)
- general-purpose or high-performance filtering
- for one or two fuses (Ø5 x 20 or Ø6.3 x 32mm)
- Nennstrom bis 10A
- IEC 950 konform (nur Konfigurationen mit zwei Sicherungen)
- Universal- oder Hochleistungsfilterung
- Für eine oder zwei Sicherungen (Ø5 x 20mm oder Ø6,3 x 32mm)
- courants de service pouvant atteindre 10A
- conforme à CEI 950 (uniquement pour les configurations à deux fusibles)
- applications universelles ou de hautes performances
- pour un ou deux fusibles (Ø5 x 20mm ou Ø6,3 x 32mm)



#### Filter selection table

Choose the family FN xxx with the required body style and features, and add -?? to determine current rating, and /?? for output connections. Example: FN 394-1/05 is a vertical screw-mounting filter for twin fuses, rated for 1A, with fast-on outputs.

#### Approvals



Family	Current ratings A at 40°C (25°)				Output	Housing	For fuse(s) Nbr.
	1 (1.2)	2.5 (3)	6 (7.2)	10 (12)			
FN 393 -?? /??	-1	-2.5	-6	-	/05 - 11	✓	1
FN 394 -?? /??	-1	-2.5	-6	-	/05 - 11	✓	2

Inductance L mH			
7.5	2	0.45	-

Family	Current ratings A at 40°C (25°)				Output	Housing	For fuse(s) Nbr.
	1 (1.2)	2.5 (3)	6 (7.2)	10 (12)			
FN 1393 -?? /??	-1	-2.5	-6	-10	/05 - 11	✓	1
FN 1394 -?? /??	-1	-2.5	-6	-10	/05 - 11	✓	2

Inductance L mH			
16	8	2.5	0.6

#### Additional specifications

Filter type	Capacitance			Maximum leakage µA/phase	Res. R MΩ	Earth L <sub>E</sub> mH	Weight g	Maximum operating volt.		Operating frequency Hz	Hipot test voltage	
	C <sub>x</sub> nF	C <sub>x1</sub> nF	C <sub>y</sub> nF					VAC	Hz		PN→E VAC	P→N VDC
FN 393/394 types	220	-	3.3	290	1	-	200	250	50/60	50 to 400	2000	1700
FN 393E/394E types	220	-	3.3	290	1	0.4	205	250	50/60	50 to 400	2000	1700
FN 1393/1394 types	220	100	4.7	410	0.47	-	210	250	50/60	50 to 400	2000	1700

MTBF at 40°C, 230V, per Mil-HB-217F: 700,000 hours (FN 39X); 550,000 hours (FN 139X)

\*For medical versions, please contact your local sales office or representative.

E types are optional

# Jacketed Zip planar cable — 151 series



## description

Spectra-Strip Zip extruded jacketed cables combine the ease of termination, consistent electrical characteristics and reduced space requirements of flat cable with the ruggedness of an extruded protective outer jacket — Spectra-Guard®.

It is available with or without integral EMI/RFI shielding. Spectra-Guard provides excellent abrasion resistance, extremely low crosstalk (see test data), consistent electrical characteristics, and high flexibility, making it ideal for high-speed data processing equipment and high frequency communications systems.

Basic component cable consists of 28 (7X36) uninsulated conductors on .050" centers with an extruded PVC insulation. Both the jacket and cable are made of flame-retardant PVC and are UL listed to 105°C (221°F) and 150 volts. Terminates to standard connectors.

We can also provide fully-tested terminated assemblies. For more information, please consult the factory.

## benefits

- Rugged, flexible protection
- Excellent crosstalk and electrical performance
- Available with or without EMI/RFI shielding
- Terminates to standard IDC connectors
- UL CL2 and CSA

## characteristics

### Physical

Conductors: 28 AWG, 7/36 strands, tinned copper  
 Conductors insulation: Gray PVC, flame retardant  
 Conductor spacing: .050" (1,27) typical  
 Shielding (if applicable): Aluminum/poly or expanded copper mesh  
 Drain wires (if applicable): 28 AWG, 7/36 strand, tinned copper  
 Jacket: Black PVC, 30 mil avg.  
 Consult factory for other available thicknesses

### Electrical

Voltage rating: 150 V  
 Temperature rating: 105°C, (221°F), UL Listed Power Limited  
 Circuit Cable CL2  
 CSA: CSA AWM I/II A105°C (221°F), 300 V, FT-1

## 151 series capabilities

- 843-151-2811-XXX Zip cable, jacketed with no shield, no drain wires  
 843-151-2831-XXX Zip cable, jacketed, shielded with aluminum poly, two drain wires  
 843-151-2821-XXX Zip cable, jacketed, shielded with expanded copper mesh

Part Number	Wire Gauge Strand	Description	Temp. Rating	Voltage Rating	Impedance Ohms*	1MHz Capacitance pf/ft (pf/m)*	Propagation Delay ns/ft (ns/m)	Insulation Resistance ohms	UL Style
843-151-2811-XXX	28(7/36)	Extruded PVC jacket	105°C 105°C	150V 300V	90	30 (89)	1.6 (5,6)	10 <sup>10</sup> — 10 ft.	2912 20081
843-151-2831-XXX	28(7/36)	Aluminum/poly shield 2 drain wires with extruded PVC jacket	105°C 105°C	150V 300V	50	40 (131)	1.6 (5,2)	10 <sup>10</sup> — 10 ft.	2912 20081

\*Shield floating (GSG)

\*G-S-G/Shield Grounded

# Jacketed Zip planar cable — 151 series

## order information

Part No. & Description	Part No. & Description	No. of Conductors	Dimension "A"	Dimension "B"	Dimension "C"
Extruded PVC Jacket	Aluminum/Poly Shield with Extruded PVC Jacket (2 drain wires)				
843-151-2811-009	843-151-2831-009	9	.450(11,43)	.400±.007(10,16±0,18)	.510
843-151-2811-010	843-151-2831-010	10	.500(12,70)	.450±.007(11,43±0,18)	.560
843-151-2811-014	843-151-2831-014	14	.700(17,78)	.650±.007(16,51±0,18)	.760
843-151-2811-015	843-151-2831-015	15	.750(19,09)	.700±.011(17,78±0,28)	.810
843-151-2811-016	843-151-2831-016	16	.800(20,32)	.750±.011(20,32±0,28)	.860
843-151-2811-020	843-151-2831-020	20	1.000(25,40)	.950 ± .011(24,13 ±0,28)	1.060
843-151-2811-024	843-151-2831-024	24	1.200(30,48)	1.150±.011(29,21±0,28)	1.260
843-151-2811-025	843-151-2831-025	25	1.250(31,79)	1.200±.011(30,48±0,28)	1.310
843-151-2811-026	843-151-2831-026	26	1.300(33,02)	1.250±.011(31,75±0,28)	1.360
843-151-2811-034	843-151-2831-034	34	1.700(43,18)	1.650±.011(41,90±0,28)	1.760
843-151-2811-036	843-151-2831-036	36	1.800(45,72)	1.750±.015(44,45±0,38)	1.860
843-151-2811-037	843-151-2831-037	37	1.850(46,99)	1.800±.015(45,72±0,38)	1.910
843-151-2811-040	843-151-2831-040	40	2.000(50,80)	1.950±.015(49,53±0,38)	2.060
843-151-2811-050	843-151-2831-050	50	2.500(63,50)	2.450±.015(62,23±0,38)	2.560
843-151-2811-060	843-151-2831-060	60	2.000(76,20)	2.950±.015(74,93±0,38)	3.060
843-151-2811-064	843-151-2831-064	64	3.200(81,28)	3.150±.015(80,01±0,38)	3.260

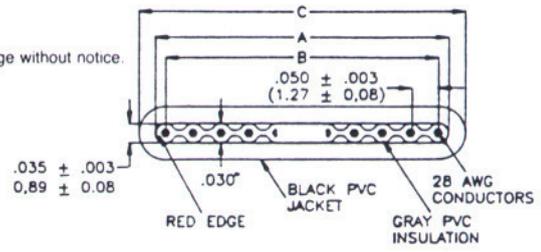
## typical crosstalk characteristics

(10-foot sample, 2-lines driven)

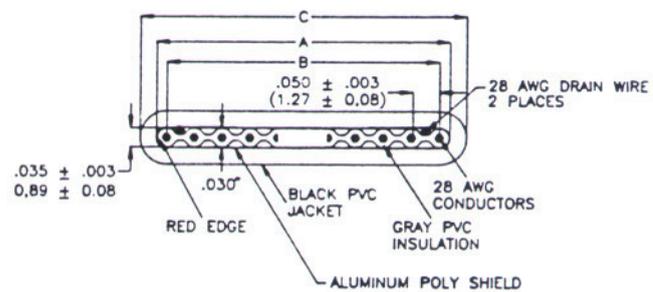
Part Number	Rise Time (ns)	NE %	FE %
843-151-2811 Series	3.0	4.4	1.2
	5.0	4.3	.8
	7.0	4.3	.6
843-151-2831 Series	3.0	.3	.7
	5.0	.2	.5
	7.0	.2	.4

Dimensions and characteristics subject to change without notice.

### 843-151-2811 SERIES UNSHIELDED



### 843-151-2831 SERIES SHIELDED



2008/02/08

**IDC Sub-D Steckverbinder**



Anforderungsstufe 3



25pol. Stecker 391-2292, 25pol. Buchse 391-2334

- Sub-D Verbinder mit Schneidklemmanschluß (1,27 Anschlussraster, AWG28-26 Draht od. Litze)
- verzinnter Metallkragen mit Schirmfederung, gute EMV Abschirmung
- Montageflansch mit 3,1mm Durchgangsbohrung
- optional mit Zugentlastung (bitte separat bestellen)
- Zulassungen: **UL, CSA**

Nennstrom:	2	Temperaturbereich:	-55
Kontaktwiderstand:	≤		

Pol-zahl	Typ	Best.-Nr.	Preis pro Stück						
			+	+	+	+	+	+	
<b>Stecker</b>									
9	0966 128 7700.	1097045							
15	0966 228 7700.	1097046							
25	0966 328 7700.	1097047							
37	0966 428 7700.	1097048							
<b>Buchsen</b>									
9	0966 118 7500.	1097049							
15	0966 218 7500.	1097050							
25	0966 318 7500.	1097051							
37	0966 418 7500.	1097053							
<b>Bestellung = 5stückweise</b>						+	+	+	+
<b>Zugentlastungen</b>									
9	0966 108 0000.	1097054							
15	0966 208 0000.	1106811							
25	0966 308 0000.	1097055							
37	0966 408 0000.	1106812							

FooterLogo

[Vertraulichkeitshinweise](#) | [Site-Map](#) | [Allgemeine Geschäftsbedingungen](#) | [Nutzungsbedingungen & Impressum](#)

Copyright Sie © 2007 [ Premier Farnell plc ] ALLE RECHTE VORBEHALTEN  
 Das Urheberrecht der gesamten Webseite oder Teile davon gehören ausschließlich [ Premier Farnell plc ] (nachfolgend bezeichnet als "der Eigentümer") und darf nicht in irgendeiner Form ohne die vorherige schriftliche Zustimmung des Eigentümers als Ganzes oder in Teilen verwendet, verkauft, lizenziert, transferiert, kopiert oder reproduziert werden.

# Gehäuse Magic

## 19"-Tischgehäuse/Einschubgehäuse

EMV/HF wahlweise



Die Gehäuseserie Magic erfüllt alle Wünsche, die an eine moderne Elektronikverpackung gestellt werden. Das Gehäuse ist konzipiert als (mobiles) Tisch- oder Einschubgehäuse zur Aufnahme steckbarer Baugruppen oder individueller Elektronik und besticht durch seine Vielseitigkeit und Flexibilität.

Es ist jederzeit CE-gerecht nachrüstbar bis zur HF-Dichtigkeit.

Abnehmbare Verkleidungsteile sorgen für eine exzellente Zugänglichkeit.

Die für die neuen Polyrack-Produktlinien charakteristische Rippenstruktur der stranggepressten Seitenwandprofile verbessert die Entwärmung und dient zusätzlich der Aufnahme des Aufstell- und Tragegriffes.

# Gehäuse Magic

## 19"-Tischgehäuse/Einschubgehäuse

EMV/HF wahlweise



### 19"-Tischgehäuse Magic

- zur Aufnahme von steckbaren Baugruppen und individueller Elektronik
- 42 Varianten in den Höhen 2, 3, 4 und 6 HE, 42 - 84 TE sowie drei Tiefen ab Lager
- Schirmkonzept (nachrüstbar, CE-gerecht bis zur HF-Dichtigkeit)
- stabile Konstruktion für den mobilen Einsatz
- robuster, optisch integrierter Aufstell- und Tragegriff
- optimierter Zugang durch abziehbares Deckblech
- homogener Profilausbau im 10 mm-Raster
- Front/rückseitig bestückbar
- keine sichtbaren Schrauben
- montage- und bedienerfreundlich
- variabel und flexibel gestaltbar, ausbaufähig

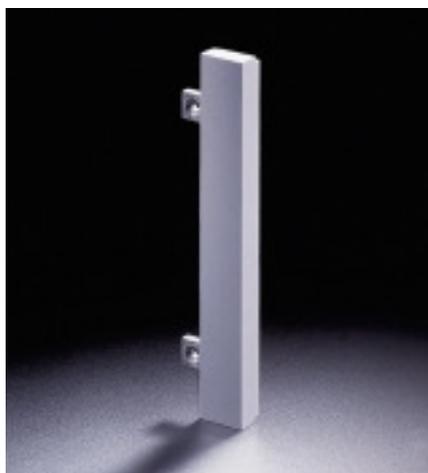


### 19"-Einschubgehäuse

zur Aufnahme in 19"-Schränke durch unterschiedlich gestaltete und frei wählbare Befestigungselemente

**Varianten**

Abdeckblenden und Befestigungswinkel, zum Teil als Griff ausgeführt, bestimmen die unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten des Gehäuses Magic.

**Rückwände/Teilfrontplatten**

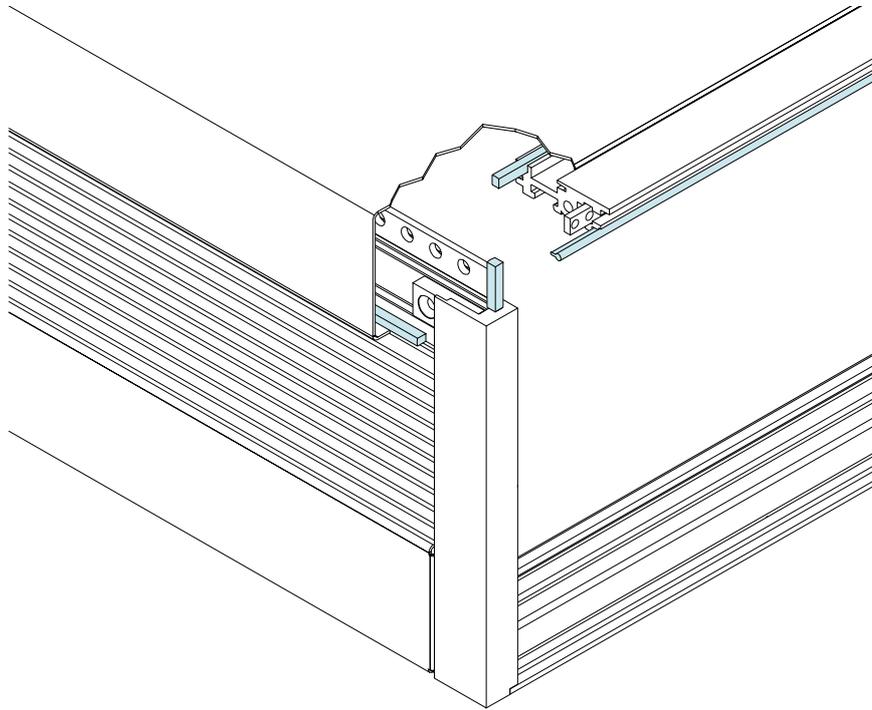
Für den individuellen Einsatz stehen Teilfrontplatten, auch in geschirmter Version, sowie Rückwände mit Lüftungsschlitzen zur optimierten Wärmeabführung zur Verfügung.



# Gehäuse Magic

## 19"-Tischgehäuse/Einschubgehäuse

### CE-gerechte Schirmung



#### **CE-gerechte Schirmung**

Die Anforderung an die Schirmung wird vom elektronischen Aufbau bestimmt. Die solide Führung der Teile untereinander sowie der Einsatz von Schirmmaterialien ermöglichen eine hohe HF-Schirmung.

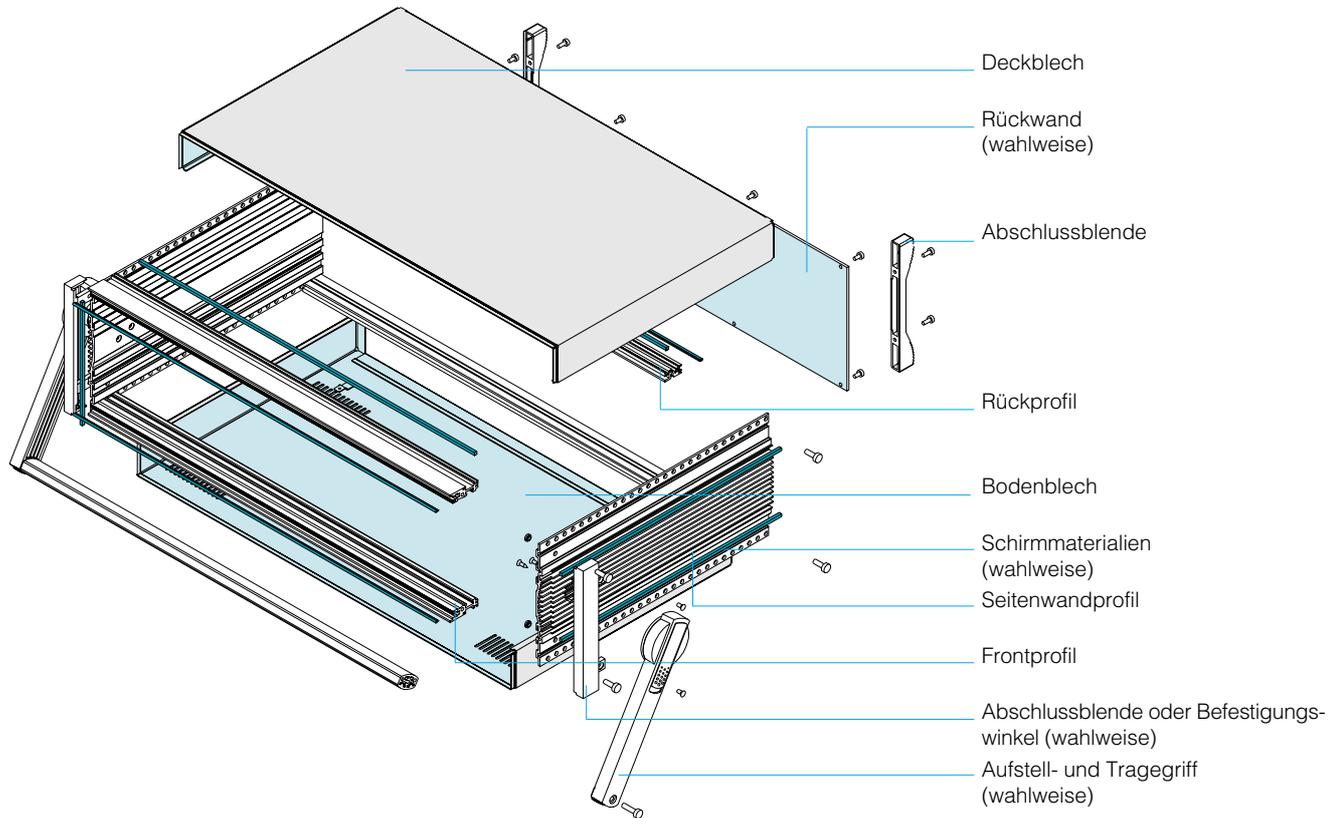


# Gehäuse Magic

## 19"-Tischgehäuse/Einschubgehäuse

EMV/HF wahlweise

Abbildung: 19"-Tischgehäuse Magic,  
3 HE/84 TE/279 T



**Anwendung**

Das Gehäuse Magic eignet sich zum Einbau von Europakarten und zur Aufnahme individueller Elektronik. Mit der Wahl einer Abschlussblende wird es zum Tischgehäuse, in Verbindung mit 19"-Befestigungswinkeln zum Einschubgehäuse.

**Normen**

Einbaumaße für Steckbaugruppen nach DIN 41 494, Teil 5, Außenabmessung entspricht DIN 41 494, Teil 1 Schutzart IP 30  
Schutzleiterverbindung nach VDE vorbereitet

**Ausführung**

Metallgehäuse:  
Rahmen aus Aluminium-Profilen und Druckgussteilen,  
Verkleidungen aus verzinktem Stahlblech  
Oberfläche:  
Rahmen RAL 7001 (steingrau)  
Verkleidungsteile RAL 7035 (lichtgrau)

**Lieferumfang**

Frontprofil, lackiert	2 Stück
Deckblech	1 Stück
Bodenblech	1 Stück
Seitenwandprofil, lackiert	2 Stück
Rückprofil mit Gewindekanal	2 Stück
Abschlussblende PA 6	2 Stück
Gummieinsteckfüße	4 Stück
Montageteilesatz	1 Stück

**Lieferform**

In Einheiten für Selbstmontage, auf Wunsch komplett montiert

**Bestell-Checkliste**

Alle anderen Positionen bitte nach Bedarf bestellen.

**POLYRACK-SERVICE-INFORMATION**

**Sonderausführungen**

Sonderausführungen sind auf Anfrage lieferbar in unterschiedlichen Breiten, Tiefen und Farben. Zusätzliche mechanische Bearbeitungen sind möglich.

**Individueller Aufbau**

Für den individuellen Aufbau sind Einzelteile erhältlich.

**Liefertermine**

Alle Artikel mit Bestellnummer sind ab Lager lieferbar. Positionen ohne Bestellnummer auf Anfrage ab 25 Stück.

Auswahl	Seite
<b>Grundgehäuse</b> mit Aufstell- und Tragegriff	05.10.09
<b>Empfohlene Ausbauteile</b>	
Abschlussblenden (für Tischversionen – 2 Typen)	05.10.10
Befestigungswinkel (für Einschubversionen – 2 Typen)	05.10.10
Ausbausatz	05.10.11
Rückwand	05.10.14
Gewindestreifen	10.20.06
Frontprofil	05.10.12
<b>Empfohlene Ausbauteile für dualen Einbau</b>	
Profil für dualen Einbau	05.10.12
<b>Für den individuellen Aufbau</b>	
Schirmmaterial universal	05.10.13
Schirmmaterial, vertikal	05.10.13
Isoliermatte, selbstklebend	05.10.13
Montageteilesatz Rückwand	05.10.15
<b>Weiteres Zubehör</b>	
Isolierstreifen	10.20.06
Kartenführungen	10.20.08
Kartenführungsrost	10.20.09
Kartenausheber	10.20.10
Kartensicherung	10.20.10
Positionsstreifen	10.20.07
Steckbare Baugruppen	ab 09.00.00
Z-Schiene	10.20.07
Befestigungsteile (Schrauben usw.)	ab 10.40.01

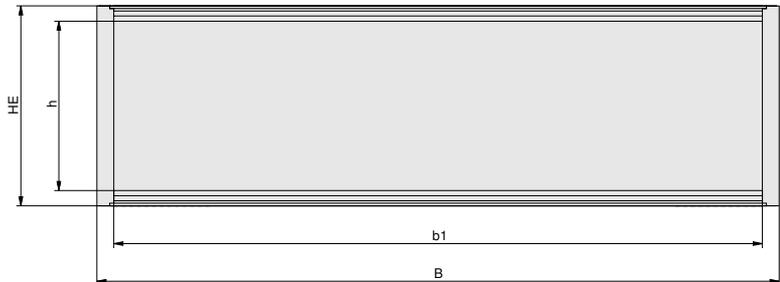
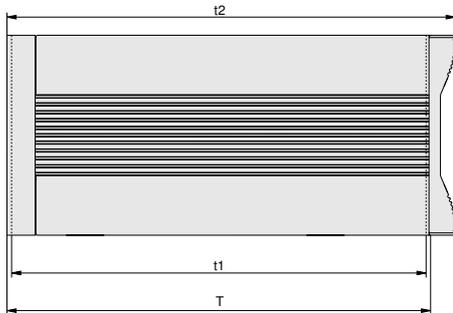
Standard EMV HF IP

# Gehäuse Magic

## 19"-Tischgehäuse/Einschubgehäuse

EMV/HF wahlweise

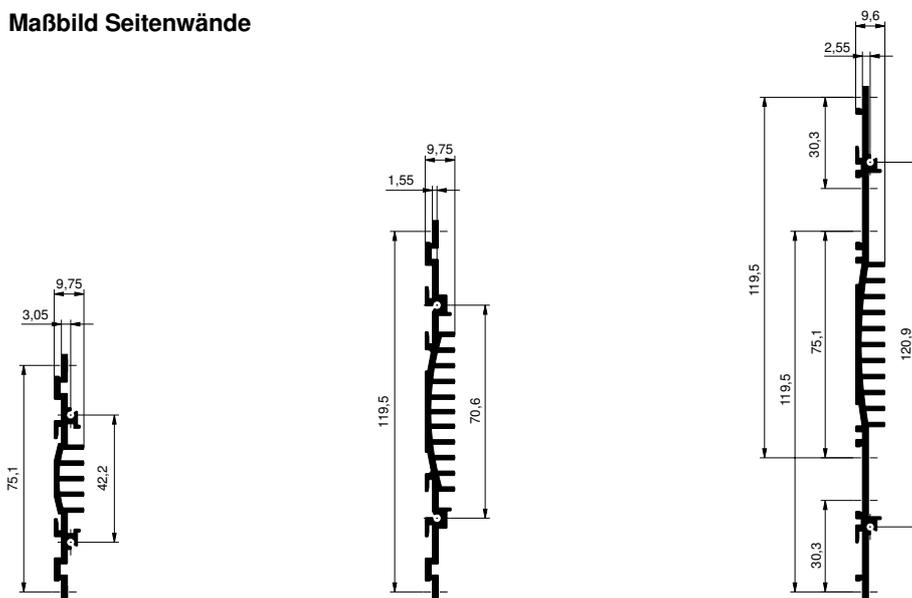
### 19"-Tischgehäuse/Einschubgehäuse – wahlweise mit Aufstell- und Tragegriff



- $t_1 = T - 6 \text{ mm}$
- $t_2 = T + 15 \text{ mm}$
- $h = HE - 20 \text{ mm}$
- $b = B - 22,3 \text{ mm}$



### Maßbild Seitenwände



# 19"-Tischgehäuse/Einschubgehäuse, Aufstell- und Tragegriff

Bestell-Nr. **19"-Tischgehäuse/Einschubgehäuse EMV/HF vorbereitet**, ohne Aufstell- und Tragegriff

HE	H	nutzbare Breite TE	B	T = 279	T = 359	T = 439
2	88,1	42	235	<b>22 10 00 01</b>	<b>22 10 00 04</b>	–
		84	449	<b>22 10 00 03</b>	<b>22 10 00 06</b>	–
3	132,5	42	235	<b>22 10 00 10</b>	<b>22 10 00 13</b>	–
		63	342	<b>22 10 00 11</b>	<b>22 10 00 14</b>	–
		84	449	<b>22 10 00 12</b>	<b>22 10 00 15</b>	<b>22 10 00 18</b>
4	177	42	235	<b>22 10 00 19</b>	<b>22 10 00 22</b>	–
		84	449	<b>22 10 00 21</b>	<b>22 10 00 24</b>	<b>22 10 00 27</b>
6	266	42	235	<b>22 10 00 28</b>	<b>22 10 00 31</b>	–
		84	449	<b>22 10 00 30</b>	<b>22 10 00 33</b>	<b>22 10 00 36</b>

Bestell-Nr. **19"-Tischgehäuse/Einschubgehäuse EMV/HF vorbereitet, mit Aufstell- und Tragegriff**

HE	H	nutzbare Breite TE	B	T = 279	T = 359	T = 439
2	88,1	42	235	<b>22 10 00 50</b>	<b>22 10 00 53</b>	–
		84	449	<b>22 10 00 52</b>	<b>22 10 00 55</b>	–
3	132,5	42	235	<b>22 10 00 59</b>	<b>22 10 00 62</b>	–
		63	342	<b>22 10 00 60</b>	<b>22 10 00 63</b>	–
		84	449	<b>22 10 00 61</b>	<b>22 10 00 64</b>	<b>22 10 00 67</b>
4	177	42	235	<b>22 10 00 68</b>	<b>22 10 00 71</b>	–
		84	449	<b>22 10 00 70</b>	<b>22 10 00 73</b>	<b>22 10 00 76</b>
6	266	42	235	<b>22 10 00 77</b>	<b>22 10 00 80</b>	–
		84	449	<b>22 10 00 79</b>	<b>22 10 00 82</b>	<b>22 10 00 85</b>

### Aufstell- und Tragegriff

mit Aufstellfunktion im 30°-Raster für den mobilen Einsatz. Die Belastbarkeit beträgt bis zu 30 kg.

### Ausführung

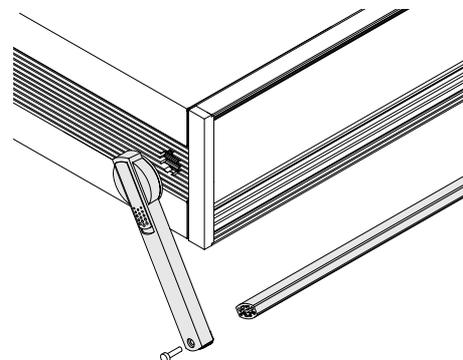
Seitenteile PA 6, RAL 9005  
Griffstange Aluminium eloxiert

### Lieferumfang

Griffseitenteile 2 Stück  
Griffstange 1 Stück  
Montageteilesatz 1 Stück

### Hinweis

Aufstell- und Tragegriff nicht nachrüstbar



Bestell-Nr. **Aufstell- und Tragegriff für 2 HE, 3 HE, 4 HE und 6 HE** (1 Paar)

HE	42 TE	63 TE	84 TE
2	<b>22 10 03 80</b>	–	<b>22 10 03 82</b>
3, 4 u. 6	<b>22 10 03 83</b>	<b>22 10 03 84</b>	<b>22 10 03 85</b>

# Gehäuse Magic

## Abschlussblenden/Befestigungswinkel



### Abschlussblende

#### Ausführung

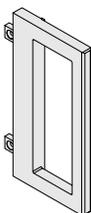
Druckgussteil RAL 7001  
Kontaktstellen blank

### Lieferumfang

1 Satz

Bestell-Nr. **Abschlussblende** EMV (1 Satz)

2 HE	3 HE	4 HE	6 HE
22 10 01 00	22 10 01 01	22 10 01 02	22 10 01 03



### Abschlussblende mit Griff

#### Ausführung

Druckgussteil RAL 7001  
Kontaktstellen blank

### Lieferumfang

1 Satz

Bestell-Nr. **Abschlussblende mit Griff**, EMV (1 Satz)

2 HE	3 HE	4 HE	6 HE
22 10 01 04	22 10 01 05	22 10 01 06	22 10 01 07



### 19''-Befestigungswinkel

#### Ausführung

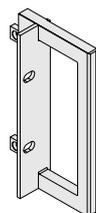
Druckgussteil RAL 7001  
Kontaktstellen blank

### Lieferumfang

1 Satz

Bestell-Nr. **19''-Befestigungswinkel** ohne Griff, EMV (1 Satz)

2 HE	3 HE	4 HE	6 HE
22 10 01 08	22 10 01 09	22 10 01 10	22 10 01 11



### 19''-Befestigungswinkel mit Griff

#### Ausführung

Druckgussteil RAL 7001  
Kontaktstellen blank

### Lieferumfang

1 Satz

Bestell-Nr. **19''-Befestigungswinkel mit Griff**, EMV (1 Satz)

2 HE	3 HE	4 HE	6 HE
22 10 01 12	22 10 01 13	22 10 01 14	22 10 01 15

## Ausbausätze

### Ausbausatz Grundeinheit B

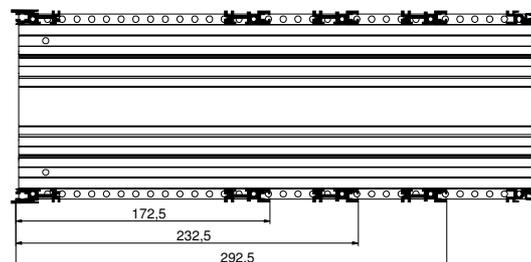
zur Befestigung von Z-Schienen und Bus-Platinen

#### Material

Aluminium eloxiert; EMV-Variante: Aluminium farblos chromatiert

#### Lieferumfang

Rückprofil B 2 Stück  
Zwischenprofil B (nur 6 HE) 1 Stück  
Adaptionsplatte (nur 6 HE) 2 Stück



Bestell-Nr. **Ausbausatz Grundeinheit B**, wahlweise eloxiert oder chromatiert – EMV

HE	42 TE / eloxiert	63 TE / eloxiert	84 TE / eloxiert	42 TE / chromatiert	63 TE / chromatiert	84 TE / chromatiert
2-4	–	–	–	<b>80 21 70 10</b>	<b>80 21 70 05</b>	<b>80 21 70 01</b>
6	–	–	–	<b>22 10 01 53</b>	<b>22 10 01 54</b>	<b>22 10 01 55</b>

### Ausbausatz Grundeinheit C

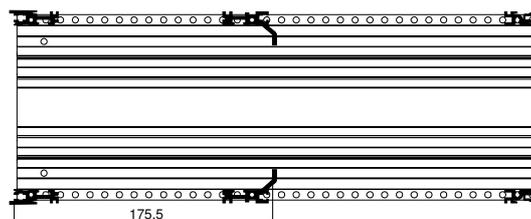
mit integrierter Z-Schiene für Steckverbinder DIN 41 612

#### Material

Aluminium eloxiert; EMV-Variante: Aluminium farblos chromatiert

#### Lieferumfang

Rückprofil C 2 Stück  
Zwischenprofil B (nur 6 HE) 1 Stück  
Adaptionsplatte (nur 6 HE) 2 Stück  
Z-Schiene (nur 6 HE) 2 Stück



Bestell-Nr. **Ausbausatz Grundeinheit C**, wahlweise eloxiert oder chromatiert – EMV

HE	42 TE / eloxiert	63 TE / eloxiert	84 TE / eloxiert	42 TE / chromatiert	63 TE / chromatiert	84 TE / chromatiert
2-4	–	–	–	<b>22 10 04 28</b>	<b>22 10 04 29</b>	<b>22 10 04 30</b>
6	–	–	–	<b>22 10 01 63</b>	<b>22 10 01 64</b>	<b>22 10 01 65</b>

### Ausbausatz Grundeinheit E

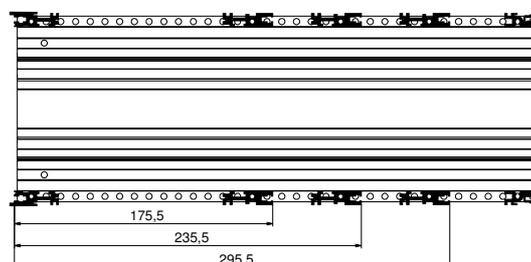
für vertiefte Platinenbefestigung

#### Material

Aluminium eloxiert; EMV-Variante: Aluminium farblos chromatiert

#### Lieferumfang

Rückprofil E 2 Stück  
Zwischenprofil E (nur 6 HE) 1 Stück  
Adaptionsplatte (nur 6 HE) 2 Stück



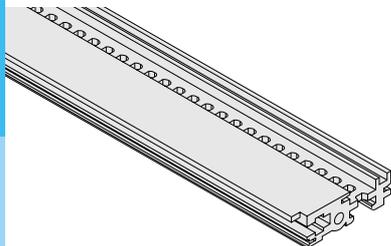
Bestell-Nr. **Ausbausatz Grundeinheit E**, wahlweise eloxiert oder chromatiert – EMV

HE	42 TE / eloxiert	63 TE / eloxiert	84 TE / eloxiert	42 TE / chromatiert	63 TE / chromatiert	84 TE / chromatiert
2-4	–	–	–	<b>80 21 70 12</b>	<b>80 21 70 07</b>	<b>80 21 70 00</b>
6	–	–	–	<b>22 10 01 70</b>	<b>22 10 01 71</b>	<b>22 10 01 72</b>

# Gehäuse Magic

## Front-/Rückprofile

EMV wahlweise



### Frontprofil

für den Ausbau Gehäuse Magic 6 HE  
(2 x 3 HE) bzw. 4 HE (1 x 3 HE/1 x 1 HE)

### Lieferumfang

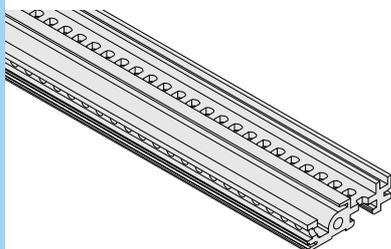
1 Stück

### Material

Aluminium farblos chromatiert

Bestell-Nr. **Frontprofil** (1 Stück)

TE	farblos chromatiert
42	<b>22 10 02 21</b>
63	<b>22 10 02 23</b>
84	<b>22 10 02 25</b>



### Rückprofil für dualen Einbau

von der Rückseite. Das Standardprofil  
wird auf Grund der notwendigen Raster-  
lochung ausgetauscht.

### Lieferumfang

1 Stück

### Material

Aluminium farblos chromatiert

Bestell-Nr. **Rückprofil für dualen Ausbau** (1 Stück)

TE	farblos chromatiert
42	<b>22 10 02 01</b>
63	<b>22 10 02 03</b>
84	<b>22 10 02 05</b>

## Schirmmaterial universal EMV/HF, Schirmmaterial EMV/HF für Fronteinbau, vertikal; Isoliermatten

### EMV/HF wahlweise

#### Schirmmaterial universal EMV/HF

Dieses Material dient der Kontaktierung  
 – Seitenwandprofil zu Deck-/Bodenblech  
 – Front-/Rückprofil zu Deck-/Bodenblech  
 – Abschlussblende zu Seitenwandprofil

#### Ausführung

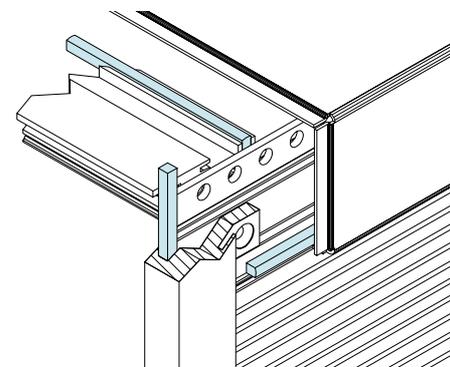
Leitendes Gewebe

#### Lieferumfang

Profilgewebe 3 x 3 2,5 Meter

#### Materialbedarf:

HE	Tiefe	TE	3 x 3 in mm
2-6			4 x 80-250
	279		4 x 240
	359		4 x 320
	439		4 x 400
		42	4 x 210
		63	4 x 320
		84	4 x 420



Bestell-Nr. **Schirmmaterial universal, EMV/HF** (1 Stück)

Schirmsatz	<b>22 10 04 10</b>
------------	--------------------

#### Schirmmaterial EMV/HF für Fronteinbau, vertikal

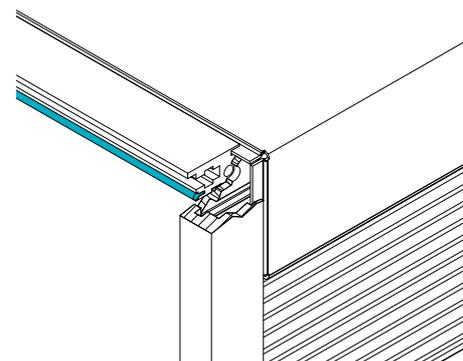
Das Schirmmaterial dient der Kontaktierung der Frontplatten zu den Profilschienen.

#### Ausführung

Elastomere mit leitenden Partikeln

#### Lieferumfang

Dichtschnur 1 Meter



Bestell-Nr. **Schirmmaterial, EMV/HF für Fronteinbau, vertikal** (1 Stück)

Schirmsatz	<b>22 10 04 15</b>
------------	--------------------

#### Selbstklebende Isoliermatte

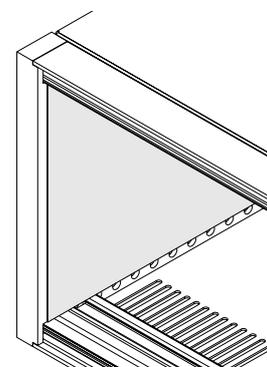
zum Schutz vor elektrischen Überschlagen an den Seitenwänden nach VDE 340 Teil 3

#### Ausführung

Polyestervlies 0,12 mm

#### Lieferumfang

1 Stück

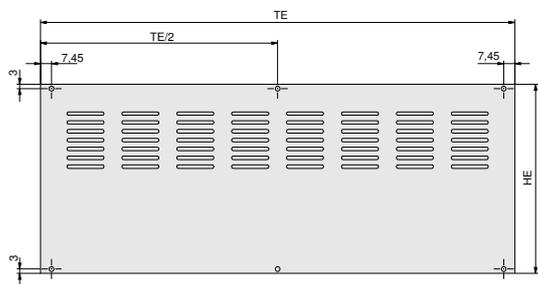


Bestell-Nr. **Isoliermatte, selbstklebend** (1 Stück)

2 HE / 240 T	<b>22 10 04 20</b>
3 HE / 240 T	<b>22 10 04 21</b>
4 HE / 240 T	<b>22 10 04 22</b>

# Gehäuse Magic

## Rückwände, Front-/Rückplatten EMV



### Rückwände

mit Lüftungsschlitzen zur verbesserten Wärmeabführung

### Material

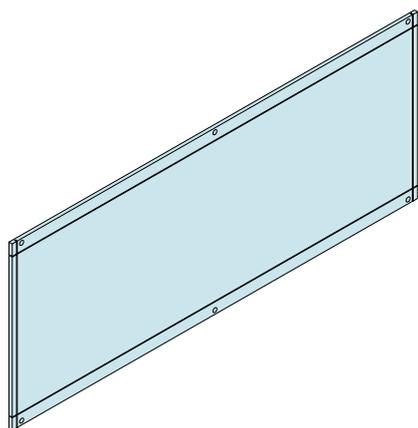
Aluminium eloxiert, 1,5 mm

### Lieferumfang

Rückwand 1 Stück

Bestell-Nr. **Rückwände** (1 Stück)

HE	42 TE	63 TE	84 TE
2	<b>22 10 02 40</b>	–	<b>22 10 02 42</b>
3	<b>22 10 02 43</b>	<b>22 10 02 44</b>	<b>22 10 02 45</b>
4	<b>22 10 02 46</b>	–	<b>22 10 02 48</b>
6	<b>22 10 02 49</b>	–	<b>22 10 02 51</b>



### Front-/Rückplatten EMV

Spezialnuten zur Aufnahme des Schirmmaterials sind integriert.

### Material

Aluminium farblos chromatiert, 2,5 mm

### Lieferumfang

Front-/Rückplatte 1 Stück

### Hinweis

Bitte separat bestellen:

Schirmmaterial siehe S. 05.10.15

Montageteilesatz siehe S. 05.10.15

Bestell-Nr. **Front-/Rückplatten, EMV** (1 Stück)

HE	42 TE	63 TE	84 TE
2	<b>22 10 03 00</b>	–	<b>22 10 03 02</b>
3	<b>22 10 03 03</b>	<b>22 10 03 04</b>	<b>22 10 03 05</b>
4	<b>22 10 03 06</b>	–	<b>22 10 03 08</b>
6	<b>22 10 03 09</b>	–	<b>22 10 03 11</b>

## Montageteilesatz für Rückplatten EMV

### Montageteilesatz für Rückplatten EMV

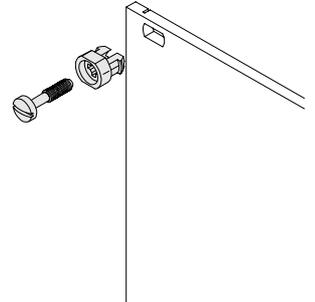
Kombination von Kunststoffnippel und unverlierbarer Linsenschraube M3 für die rückseitige Montage von Standard-Teilfrontplatten und Rückplatten EMV

### Lieferumfang

Kunststoffnippel  
Linsenschraube M3,  
unverlierbar

8 Stück

8 Stück



Bestell-Nr. **Montageteilesatz für Rückplatten EMV** (1 Satz)

Bestell-Nr.	<b>22 10 03 20</b>
-------------	--------------------

### Schirmfedern

sind universell einsetzbare, verankernde Spezialfedern. Sie können in EMV Rückwände rückseitig eingesteckt werden. Die benötigte Anzahl wird durch die Schirmanforderung Ihrer Elektronik bestimmt. Zum Einbringen der Federn wird ein Hilfswerkzeug beigelegt.

### Material

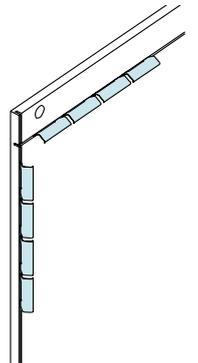
Federstahl

### Lieferumfang

Federn  
Hilfswerkzeug

50 Stück

1 Stück



Bestell-Nr. **Schirmfeder** (1 Satz)

mit Werkzeug	<b>22 10 04 23</b>
ohne Werkzeug	<b>22 10 04 24</b>

## Deutschland

### POLYRACK

Electronic-Aufbausysteme GmbH

Steinbeisstraße 4  
75334 Straubenhardt-Conweiler  
Postfach 61  
75332 Straubenhardt

Tel +49 (0)7082-7919-0  
Fax+ 49 (0)7082-7919-330  
E-Mail [info@polyrack.com](mailto:info@polyrack.com)  
[www.polyrack.com](http://www.polyrack.com)

## Auslandstöchter

### Schweiz

#### POLYRACK AG

Electronic-Aufbausysteme

Steinackerstraße 31  
8902 Urdorf

Tel +41 (0)1-735-1919  
Fax+ 41 (0)1-735-1984  
E-Mail [polyrack\\_ch@polyrack.com](mailto:polyrack_ch@polyrack.com)

### USA

POLYRACK Corp.

3235 Satellite Blvd.  
Bldg. 400, Suite 100  
Duluth, Georgia 30096

Tel +1 678 417 7659  
Fax+1 678 417 1882  
E-Mail [polyrack\\_us@polyrack.com](mailto:polyrack_us@polyrack.com)



Aufbausysteme



Systemtechnik

# Standard Service for Compact FieldPoint and CompactRIO Systems (FIS)

## Standard Service (FIS)

- Save time on hardware and software setup
- Reduce repair and calibration costs with a 3-year warranty and three years of calibration services
- Simplify multiple system deployment through a dedicated configuration ID
- Receive detailed documentation binder
- Save time and space unpacking boxes (the system comes in one shipping container)



## Overview

National Instruments standard service for Compact FieldPoint and CompactRIO systems is called FIS. FIS provides the fastest, easiest way to get your new Compact FieldPoint or CompactRIO system up and running. Trained NI technicians install the hardware and any required driver software. NI delivers the system to you ready to use, so that you can get started with it right out of the box. This reduces your setup and development time and saves you money.

## Bonus Features

Because NI assembled and tested your system, NI is able to provide a full 3-year warranty on all components in the system. Three years of calibration cycles are also included for all modules in the system that require regular calibration.

With FIS, you receive a custom documentation binder along with your hardware. This binder provides valuable information on your specific system including:

- Getting started diagram
- Detailed listing of the system components including serial numbers, board-level part numbers, and wiring diagrams
- Detailed information about each module including the name, description, and wiring diagram
- List of technical support options for your system
- Official calibration certificates for each module
- Specifications and certifications for your system including date of calibration, highly accelerated stress screening (HASS) information, power consumption, and temperature testing data

When you order FIS, you receive a special part number reference for your system called the configuration ID. At a date in the future, you can reorder an exact replica of your system by using the configuration ID. Each system you order is identical to the original and can receive the

same software installation. This saves you money when deploying multiple identical systems.



Receive your new system in one shipping container.

## Ordering Information

NI standard service for Compact FieldPoint systems	
FIS (4-slot chassis) .....	960800-04
FIS (8-slot chassis) .....	960800-08
NI standard service for CompactRIO systems	
FIS (4-slot chassis) .....	960850-04
FIS (8-slot chassis) .....	960850-08

## BUY NOW!

For complete product specifications, pricing, and accessory information, call 800 813 3693 (U.S.) or go to [ni.com/advisor](http://ni.com/advisor).

# NI Services and Support



NI has the services and support to meet your needs around the globe and through the application life cycle – from planning and development through deployment and ongoing maintenance. We offer services and service levels to meet customer requirements in research, design, validation, and manufacturing. Visit [ni.com/services](http://ni.com/services).

## Training and Certification

NI training is the fastest, most certain route to productivity with our products. NI training can shorten your learning curve, save development time, and reduce maintenance costs over the application life cycle. We schedule instructor-led courses in cities worldwide, or we can hold a course at your facility. We also offer a professional certification program that identifies individuals who have high levels of skill and knowledge on using NI products. Visit [ni.com/training](http://ni.com/training).

## Professional Services

Our Professional Services Team is composed of NI applications engineers, NI Consulting Services, and a worldwide National Instruments Alliance Partner program of more than 600 independent consultants and

integrators. Services range from start-up assistance to turnkey system integration.

Visit [ni.com/alliance](http://ni.com/alliance).



## OEM Support

We offer design-in consulting and product integration assistance if you want to use our products for OEM applications. For information about special pricing and services for OEM customers, visit [ni.com/oem](http://ni.com/oem).

## Local Sales and Technical Support

In offices worldwide, our staff is local to the country, giving you access to engineers who speak your language. NI delivers industry-leading technical support through online knowledge bases, our applications engineers, and access to 14,000 measurement and automation professionals within NI Developer Exchange forums. Find immediate answers to your questions at [ni.com/support](http://ni.com/support).

We also offer service programs that provide automatic upgrades to your application development environment and higher levels of technical support. Visit [ni.com/ssp](http://ni.com/ssp).

## Hardware Services

### NI Factory Installation Services

NI Factory Installation Services (FIS) is the fastest and easiest way to use your PXI or PXI/SCXI combination systems right out of the box. Trained NI technicians install the software and hardware and configure the system to your specifications. NI extends the standard warranty by one year on hardware components (controllers, chassis, modules) purchased with FIS. To use FIS, simply configure your system online with [ni.com/pxiadvisor](http://ni.com/pxiadvisor).

### Calibration Services

NI recognizes the need to maintain properly calibrated devices for high-accuracy measurements. We provide manual calibration procedures, services to recalibrate your products, and automated calibration software specifically designed for use by metrology laboratories. Visit [ni.com/calibration](http://ni.com/calibration).

### Repair and Extended Warranty

NI provides complete repair services for our products. Express repair and advance replacement services are also available. We offer extended warranties to help you meet project life-cycle requirements. Visit [ni.com/services](http://ni.com/services).



[ni.com](http://ni.com) • 800 813 3693

National Instruments • [info@ni.com](mailto:info@ni.com)

