

Umgestaltung des Staub-
konzentrationsmessgerätes
SKG 5 zum Einsatz in ex-
plosionsgefährdeten Zonen

G-05-0901

Umgestaltung des
Staubkonzentrationsmessgerätes SKG 5 zum
Einsatz in explosionsgefährdeten Zonen

Bachelorarbeit

von

Andreas Schießl

Hochschule Mannheim

und

Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und
Arbeitsmedizin

Mannheim, März 2012

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Mannheim, 31. März 2012

(Andreas Schießl)

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1 Einleitung	3
1.1 Allgemeines	3
1.2 Zielsetzung	3
2 Das SKG 5	5
2.1 Messprinzip des SKG 5	5
2.2 Aufbau des Gerätes	6
2.2.1 Messeinheit Typ 7	6
2.2.2 Anzeige- und Steuereinheit	7
2.2.3 Messeinheit Typ 15	9
2.2.4 Messeinheit Typ 16	10
3 Grundlagen des Explosionsschutzes	12
3.1 Staubexplosionsschutzmaßnahmen	12
3.1.1 Konstruktiver Explosionsschutz	12
3.1.2 Vorbeugender Explosionsschutz	12
3.2 Einteilung in Ex-Zonen	13
3.2.1 Explosionsfähige Gasatmosphäre	13
3.2.2 Explosionsfähige Staubatmosphäre	13
3.3 Gerätekennzeichnung	14
3.3.1 Gerätegruppe	14
3.3.2 Gerätekategorie	14
3.3.3 Zündschutzart	15
3.3.4 Explosionsgruppen	17
3.3.5 Temperaturklasse	17
3.3.6 Geräteschutzniveau (Equipment Protection Level)	18
3.3.7 IP-Schutzart	18

4	Festlegung der Gerätekennzeichnung	19
4.1	Gerätegruppe und -kategorie	19
4.2	Explosionsgruppe und Geräteschutzniveau	19
4.3	Zündschutzart	20
4.3.1	Schutz durch Gehäuse	20
4.3.2	Überdruckkapselung	20
4.3.3	Vergusskapselung	20
4.3.4	Eigensicherheit	21
4.4	Temperaturklasse	25
4.5	IP-Schutzart	26
4.6	Gerätekennzeichnung	26
5	Aufbau des SKG 6 Typ 17	27
5.1	Allgemeines aus den Normen	27
5.2	Eigensichere Stromkreise	27
5.2.1	Ausfall von Bauelementen und Verbindungen	28
5.2.2	Ausfall der Trennung zwischen leitfähigen Teilen	28
5.2.3	Funkenzündung durch elektrisch erzeugte Funken	29
5.2.4	Thermische Zündung durch heiße Oberflächen	29
5.3	Aufbau der Elektronik des SKG 6	30
5.3.1	Übersichtsschaltplan	30
5.3.2	Schaltplan der eigensicheren Stromkreise	32
5.3.2.1	Eigensicherer Stromkreis 1	32
5.3.2.2	Eigensicherer Stromkreis 2	34
5.3.2.3	Verbindungsleitung der eigensicheren Stromkreise	34
5.3.3	Sicherheitsbetrachtungen	35
5.3.3.1	Innere und äußere Werte im eigensicheren Stromkreis	35
5.3.3.2	Prüfung von Spannung und Strom	36
5.3.3.3	Prüfung der Leistung	36
5.3.3.4	Prüfung der Induktivität	37
5.3.3.5	Prüfung der Kapazität	38
5.3.3.6	Prüfung des Verhältnisses Induktivität/Widerstand	38
5.3.3.7	Prüfung auf Zündfunkenentstehung	39
5.4	Aufbau des Typs 17	43
5.4.1	Kabelanschluss	43

5.4.1.1	Kabelverschraubung SKINTOP	43
5.4.1.2	Kabelverschraubung HSK	44
5.4.1.3	Auswahl der Kabelverschraubung	45
5.4.2	Überlegungen zum prinzipiellen Aufbau des Typs 17	45
5.4.3	Beschreibung der Gesamtkonstruktion	46
5.4.4	Aufbau der Optik	47
5.4.4.1	Erforderliche Präzision des Prismas	47
5.4.4.2	Auswahl eines geeigneten Reflektionssystems	48
6	Diskussion und Ausblick	53
6.1	Diskussion	53
6.2	Ausblick	53
6.2.1	Versuche	53
6.2.2	Infrarotdiode	54
6.2.3	Verkabelung	54
6.2.4	Zugehöriges Betriebsmittel Speisetrennverstärker	54
A	Schaltpläne	57
B	Datenblatt Infrarotdiode TSAL 6200	60
C	Datenblatt Fotodiode BPW 34 F	66
D	Ventilsteuerbaustein KFD0-SD2-Ex1.10100	72
E	Baumusterprüfbesch. Ventilsteuerbaustein	76
F	Speisetrennverstärker MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I	89
G	Baumusterprüfbesch. Speisetrennverstärker	99
H	Stromversorgung	102
I	Konstruktionszeichnungen	116

Liste der Symbole

Symbol	Einheit	Bedeutung
α	°	Winkel allgemein
α_{ab}	'	Fertigungstoleranz beim Dreiecksprisma
β	°	Integrationsgrenzen zur Berechnung der nach außen dringenden Strahlungsleistung
$\psi(\alpha)$	%	Verteilungsfunktion der von der Sendediode abgestrahlten Leistung
ϕ_e	mW	maximale Strahlungsleistung der Infrarotdiode
ϕ_f	mW	maximal mögliche Strahlungsleistung der Infrarotdiode im Fehlerfall
a, b	mm	Kathetenlänge im Dreiecksprisma oder Koeffizienten
a_{ab}	mm	maximale Abweichung am Empfänger
a_{emp}	mm	Abmaß der bestrahlungsempfindlichen Fläche
a_{lang}	mm	Abmaß der langen Seite der bestrahlungsempfindlichen Fläche der Fotodiode
A_{emp}	mm ²	Bestrahlungsempfindliche Fläche des Empfängers
c	g/m ³ , mm	Konzentration allgemein, Hypotenuse des Dreiecksprismas oder Koeffizient
$c_{i,K}$	nF/km	spezifische Kabelkapazität
$c_{A,A}$	nF/km	spezifische Kapazität zwischen zwei Adern des Verbindungskabels
$c_{A,S}$	nF/km	spezifische Kapazität zwischen einer Ader und dem Schirm des Verbindungskabels
C_0	μF	maximal zulässige äußere Kapazität
C_F	pF	Kapazität der Fotodiode
C_i	μF	Eingangskapazität oder innere Kapazität
C_{IR}	pF	Kapazität der Infrarotdiode
$C_{i,1}$	pF	Gesamtkapazität des eigensicheren Stromkreises 1
$C_{i,K}$	nF	Kabelkapazität oder innere Kapazität des Kabels
C_n	nF	Kapazität eines Kondensators $n = 1, 2, 3...$
δ	cm	Schichtdicke einer abgelagerten Staubschicht
d	mm	Gehäusedurchmesser der Messeinheit Typ 17 oder Koeffizient
d_S	mm	Durchmesser des Lichtstrahls der Infrarotdiode

ϵ	$\text{m}^3/\text{g}\cdot\text{mm}$	Extinktionskoeffizient
E	-	Extinktion
e	-	Koeffizient
h	mm	Höhe des Dreiecksprismas
I	W/m^2	Intensität des transmittierten Lichtes
I_0	$\text{W}/\text{m}^2, \text{mA}$	Intensität des ausgesandten Lichtes, Ausgangsstrom oder maximal zulässiger äußerer Strom
I_i	A	Eingangsstrom oder innerer Strom
$I_{i,S}, I(A)$	A	Mindestzündstrom
l_a	mm	Toleranz für den auftreffenden Lichtstrahl
l_{DP}	mm	Abstand zwischen Diodenoberflächen und Prismenhypotenuse
$l_{i,K}$	mH/km	spezifische Induktivität des Verbindungskabels
l_K	m	Länge des Verbindungskabels
l_o	mm	Abstand zwischen den Mittelpunkten der Dioden
l_r	mm	Breite der reflektierenden Flächen
l	mm	Länge der durchleuchteten Strecke bzw. Messvolumenbreite
l_v	mm	verlorene Kantenlänge der reflektierenden Fläche beim Dreiecksprisma Einführungsbuchse
L_0	mH	maximal zulässige äußere Induktivität
$L_{i,K}$	mH	Kabelinduktivität oder innere Induktivität des Kabels
L_i	mH	Eingangsinduktivität oder innere Induktivität
n	-	Normierungskonstante
P_0	mW	maximal zulässige äußere Leistung
P_F	W	Leistung der Fotodiode
P_i	mW	Eingangsleistung oder innere Leistung
$P_{i,1}$	W	innere Leistung im eigensicheren Stromkreis 1
P_{IR}	W	Leistung der Infrarotdiode
$P_{i,S}$	mW	Maximale sicherheitstechnische Leistung
P_P	mW	Bruchteil der Leistung der Sendediode, die in die explosionsgefährdete Staubatmosphäre tritt
P_{PF}	mW/mm^2	Bruchteil der spezifischen Leistung der Sendediode pro Flächeneinheit, die in die explosionsgefährdete Staubatmosphäre tritt
P_N	mW	maximal zulässige Leistungsabstrahlung einer Infrarotdiode
P_{NF}	mW/mm	maximal zulässige Leistungsabstrahlung einer Infrarotdiode pro Fläche
P_{Rn}	W	Leistung eines Widerstandes $n = 1, 2, 3...$
U_0	V	Ausgangsspannung oder maximal zulässige äußere Spannung
U_i	V	Eingangsspannung oder innere Spannung
$U_{i,S}$	V	Mindestzündspannung
$U(V)$	V	Quellenspannung
r^2	-	Korrelationskoeffizient bei der Regressionsrechnung

R	Ω	Widerstand allgemein
R_0	Ω	maximal zulässiger äußerer Widerstand
$R_{i,K}$	Ω	Widerstand des Verbindungskabels
$r_{i,K}$	Ω/km	Spezifischer Widerstand des Verbindungskabels
S		Sicherheitsfaktor
t	mm	Tiefe des Dreiecksprismas
T_a	$^{\circ}\text{C}$	Umgebungstemperatur
V	-	Verstärkungsfaktor

Vorwort

Für den Abschluss meines Studiums als Verfahrenstechniker an der Hochschule Mannheim nutzte ich die Gelegenheit, die vorliegende Bachelorarbeit bei der FSA GmbH in Mannheim zu schreiben. Die Thematik umfasste die Umgestaltung des Staubkonzentrationmessgerätes SKG 5, um es zukünftig in explosionsgefährdeten Bereichen mit brennbaren Stäuben einsetzen zu können. Zusätzlich sollte die Handhabbarkeit des Gerätes optimiert werden. Das erforderliche umfangreiche Wissen auf technischem und elektrotechnischem Gebiet wurde im Laufe des Studiums aber auch während der Ausarbeitung der Abschlussarbeit angeeignet.

Bedanken möchte ich mich bei allen Personen, die mich während meines Studiums und im Laufe der Bachelorarbeit begleitet haben. Ein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Wolfgang Schmitt, der mir den Kontakt zu der FSA ermöglichte und bei der Lösung der Aufgabenstellung stets mit Rat und Tat zur Seite stand. Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Dirk Lorenz. Er betreute die Arbeit vor Ort, unterstützte mich bei auftretenden Problemen und zeigte sich stets engagiert. Ein großes Dankeschön möchte ich auch Herrn Helmut Ott aussprechen, der stets neue Ideen zur elektrischen Verschaltung des Messgerätes entwickelte und auf erforderliche Anpassungen flexibel reagierte. Seine Tipps und Informationsmaterialien halfen bei der Bewältigung der Aufgabenstellung. Ein weiteres großes Dankeschön möchte ich Herrn Michael Seithel aussprechen, der mir einen kurzen Exkurs mit dem Programm Autodesk Inventor gab. Darüber hinaus konstruierte er die neue Messeinheit Typ 17. Weiterhin möchte ich mich bei den Herren Sigurd Kleinhans, Hermann Schiebler und Pavlo Chupin bedanken, die auch ihren Anteil zur Bewältigung der Aufgabenstellung beitrugen.

Zusammenfassung

Die Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin hat ein Staubkonzentrationsmessgerät SKG 5 Typ 16 entwickelt. Das Gerät arbeitet nach dem Transmissionsverfahren und besteht aus einer optoelektronischen Messeinheit sowie aus einer Anzeige- und Steuereinheit. In der Messeinheit stehen sich eine Sende- und Empfängerdiode gegenüber. Durch Messung der Lichtschwächung aufgrund einer vorhandenen Staubwolke zwischen Sender und Empfänger wird die Staubkonzentration in der Staubwolke bestimmt.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wird das SKG 5 Typ 16 in der Art und Weise umgestaltet, dass es aus sicherheitstechnischer Sicht in explosionsfähigen Staubatmosphären eingesetzt werden kann. Diese Eigenschaft wird mit der Zündschutzart Eigensicherheit erreicht. Es entstehen die beiden eigensicheren Stromkreise 1 und 2. Der Stromkreis 1 versorgt die Sendediode mit Energie und verstärkt die Signale, die von der Empfängerdiode kommen. Der Stromkreis 2 arbeitet das Signal der Empfängerdiode weiter für die Anzeige und Ausgabe auf. Die Eigensicherheit der genannten Stromkreise wird im Wesentlichen durch den Einsatz von sogenannten zugehörigen Betriebsmitteln erreicht. Das sind elektronische Bauteile, die speziell für den Einsatz in eigensicheren Stromkreisen vorgesehen sind bzw. für deren Aufbau eingesetzt werden können.

Bei der Variation der Messstrecke zwischen Sende- und Empfängerdiode müssen beim Typ 16 viele Schrauben gelöst und Kabel mühsam neu verbunden werden. Durch konstruktive Maßnahmen wird eine erhebliche Vereinfachung der Gerätehandhabung erreicht. Die Kabelführung wird durch den Einsatz eines Dreiecksprismas zur 180° Umlenkung des Lichtstrahls dadurch verbessert, dass beide Dioden auf einer Seite im selben Gehäuse nebeneinander sitzen und so die Kabelführung im Verbindungssteg zwischen Sender und Empfänger entfällt. Dadurch konnte auch auf den Verschlussdeckel am Steg und damit auf einige Schrauben verzichtet werden.

Die erforderlichen Umbauten am SKG 5 Typ 16 sind wesentlich, so dass das SKG 6 Typ 17 entsteht.

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Allgemeines

In vielen Industriezweigen werden pulver- oder staubförmige Produkte verarbeitet oder entstehen während des Produktionsprozesses. Von dem überwiegenden Teil dieser Stäube geht Brand- und Explosionsgefahr aus. 80 % aller in der Industrie vorkommenden Stäube sind brennbar und bereits eine Staubschicht von 1 mm Dicke kann in einem geschlossenen Raum – nach Aufwirbelung und Zündung – eine Explosion auslösen. In der Vergangenheit kam es aufgrund dessen immer wieder zu Staubexplosionen, die im Vergleich zu Gasexplosionen oft verheerender sind. Bei Gasexplosionen sorgt der entstehende Explosionsdruck für eine rasche Ausbreitung der Gaswolke und somit für eine Verdünnung des Gas/Luft-Gemisches. Wird kein weiteres Gas zugeführt, ist die Explosion nach einigen Millisekunden auch wieder vorbei. Bei einer Staubexplosion können durch die Druckwelle eventuell vorhandene abgelagerte Staubschichten aufgewirbelt und entzündet werden. So kann es zu einer Explosionsausbreitung durch ganze Gebäude- und Anlagenteile und zu deren Zerstörung kommen.

Staubexplosionen entstehen, wenn Sauerstoff, eine Zündquelle und brennbarer Staub in Form einer Staubwolke gleichzeitig auftreten. Dabei muss die Konzentration des brennbaren Staubes in der Luft innerhalb der sogenannten unteren Explosionsgrenze (UEG) und oberen Explosionsgrenze (OEG) liegen. Deshalb ist die Kenntnis der Staubkonzentrationen in der Luft in Silos, Gebäuden oder Anlagen von fundamentaler Bedeutung wenn Risikobetrachtungen bezüglich Staubexplosionen angestellt werden sollen. Die FSA hat deshalb ein Gerät entwickelt, mit dem die Messung von Staubkonzentration in Luft im und außerhalb des explosionsfähigen Bereichs möglich ist (Abbildung 1.1).

1.2 Zielsetzung

Im Rahmen dieser Arbeit sollten zwei Ziele gleichzeitig erreicht werden:

1. Das bestehende Staubkonzentrationsmessgerät SKG 5 Typ 16 sollte so umgestaltet werden, dass es in Bereichen mit explosionsfähiger Staubatmosphäre eingesetzt werden kann. Detailliert betrachtet hieß dies:

- (a) Verschaffen eines Überblicks über die einschlägigen Normen zum Themengebiet explosionsfähige Atmosphären.
 - (b) Erarbeiten, welche Wege generell zur Zielerreichung beschritten werden können.
 - (c) Detaillierte Analyse des SKG 5 Typ 16 hinsichtlich der optimalen Wegauswahl zur Zielerreichung.
 - (d) Umsetzen des ausgewählten Weges.
2. Als zweites Ziel sollte eine Vereinfachung der Handhabbarkeit des Gerätes durch konstruktive Maßnahmen erreicht werden. In erster Linie bedeutete dies:
- (a) Optimierung der Kabelführung.
 - (b) Minimieren der Schraubenanzahl bzw. Verbesserung der Erreichbarkeit der Schrauben, die zur Einstellung des Gerätes oft benutzt werden müssen.

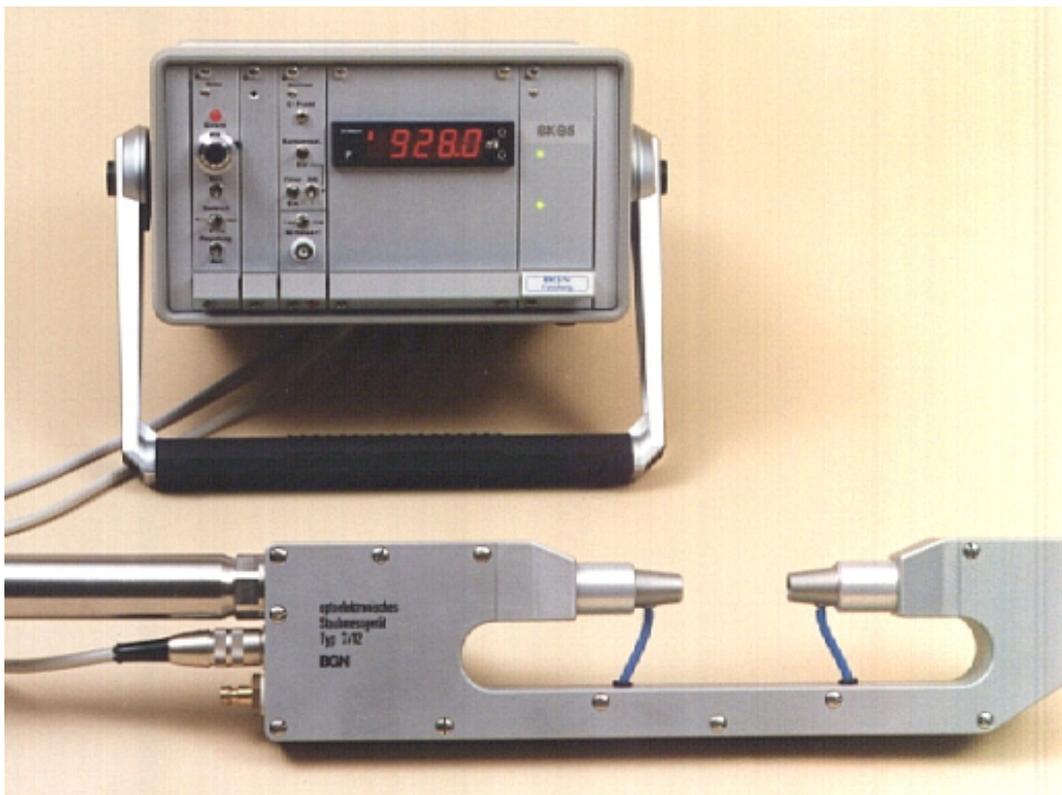


Abbildung 1.1: SKG 5 Typ 7, Anzeige- und Steuereinheit (hinten) und optoelektronische Messeinheit (vorne).

Kapitel 2

Das SKG 5

2.1 Messprinzip des SKG 5

Für das SKG 5, zur Staubkonzentrationsmessung in Luft, wird eine Messeinheit verwendet, deren Messprinzip auf der Absorption von infrarotem Licht durch Staub beruht. Die Messeinheit besteht aus einem Infrarot-Sender und einem genau gegenüber positionierten Empfänger. Der Sender emittiert Licht einer bestimmten Intensität I_0 durch das zu untersuchende Medium in Richtung des Empfängers. Ist das zu untersuchende Medium ein Staub/Luft-Gemisch, so wird das Licht auf dem Weg vom Sender zum Empfänger an den Staubpartikeln gestreut und teilweise absorbiert. Der Empfänger registriert in diesem Fall eine geringere Lichtintensität I als diejenige, welche vom Sender in Richtung des Empfängers abgestrahlt wurde. Dieses Messprinzip ist in Abbildung 2.1 dargestellt:

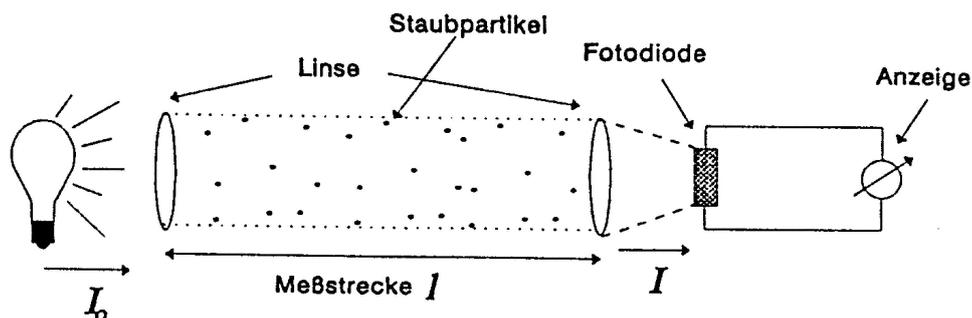


Abbildung 2.1: Schematisch dargestelltes Messprinzip der Staubkonzentrationsmessung. Die Fotodiode misst die Lichtintensität, die über die Messweite von den Staubpartikeln nicht gestreut oder absorbiert wurde.

Diese Lichtschwächung bezeichnet man auch als Extinktion E oder optische Dichte. Sie wird durch das Lambert-Beer'sche Gesetz beschrieben:

$$I = I_0 \cdot e^{-\epsilon \cdot c \cdot l} \quad (2.1)$$

Aus (2.1) folgt die Extinktion durch Umstellen und Logarithmieren:

$$E = -\log\left(\frac{I}{I_0}\right) = c \cdot \epsilon \cdot l \quad (2.2)$$

Wie man den Gleichungen entnimmt, wird die Extinktion von den drei Größen Staubkonzentration c , Länge l der durchleuchteten Strecke (Messvolumenbreite) sowie vom Extinktionskoeffizienten ϵ bestimmt. Letzterer ist eine Stoffkonstante und muss über eine Kalibrierung am zu prüfenden Staub ermittelt werden. Zusammen mit dem bekannten Abstand zwischen Infrarot-Sender und -empfänger l und der am Empfänger registrierten Intensität I_0 bei Abwesenheit von Staub kann so aus der Messung der Intensität I die Staubkonzentration c errechnet werden.

2.2 Aufbau des Gerätes

Das Staubkonzentrationsmessgerät SKG 5 besteht im Wesentlichen aus zwei Komponenten: Einer Messeinheit, mit der die Messdaten erfasst werden und einer Anzeige- und Steuereinheit, mit der die Daten verarbeitet und angezeigt werden.

2.2.1 Messeinheit Typ 7

Die Messeinheit vom Typ 7, in Abbildung 2.2 schematisch dargestellt, enthält die optoelektronischen Elemente, die zum Messen der Lichtschwächung durch den Staub bzw. die Bestimmung der Staubkonzentration nötig sind. Dies ist zum einen die Sendediode und zum anderen die Empfängerdiode. Die Sendediode emittiert Infrarotlicht in einem schmalen Wellenlängenbereich um 950 nm. Die gegenüberliegende Empfängerdiode ist eine Fotodiode, die im genannten Spektralbereich empfindlich ist. Vor beiden Dioden befindet sich jeweils eine Linse zur Bündelung bzw. Wiedervereinigung des Lichtes. Die Spannungsversorgung der Dioden sowie das Auslesen der von den Dioden kommenden Daten erfolgt über eine sieben-polige Leitung von der Anzeige- und Steuereinheit aus. Vor jeder Linse ist eine konisch zulaufende Distanzhülse in den Linsenschacht eingeschraubt. Sie schirmt die Diode vor Fremdlicht ab und schützt sie weiterhin vor stärkerer Verschmutzung. Die Linsen können mit Hilfe eines speziellen Reinigungssystems während der Messung gesäubert werden. Zu diesem Reinigungssystem, wie es in Abbildung 2.2 schematisch dargestellt ist, gehören der zylinderförmige Druckluftbehälter, das Schnellentlüftungsventil, Schläuche zur Leitung der Luft und die in den Distanzhülsen eingearbeiteten Düsen. Ein Reinigungsvorgang erfolgt in zwei Schritten, wobei das Schnellentlüftungsventil, ein 3/2-Wege-Ventil, die zentrale Rolle spielt. Im ersten Schritt ist das Ventil so geschaltet, dass über die an der Messeinheit angeschlossene Druckluftleitung (6 bis 8 bar) der Druckluftbehälter (Volumen = 100 cm³) mit Luft gefüllt wird. Die verwendete Luft muss öl- und kondensatfrei sein, weil es sonst zu einer Verklebung der Optik kommen würde. Im zweiten Schritt wird das Schnellentlüftungsventil umgeschaltet und es erfolgt die schlagartige Entleerung der gespeicherten Luft aus dem Vorratsbehälter durch die Düsen direkt auf die Linsen.

Der so entstehende Luftstoß an den Linsen beseitigt dort abgelagerten Staub in den meisten Fällen ausreichend gut. Der Zeitpunkt der Reinigung ist dabei frei wählbar. Das Schnellentlüftungsventil kann entweder manuell oder elektrisch geschaltet werden.

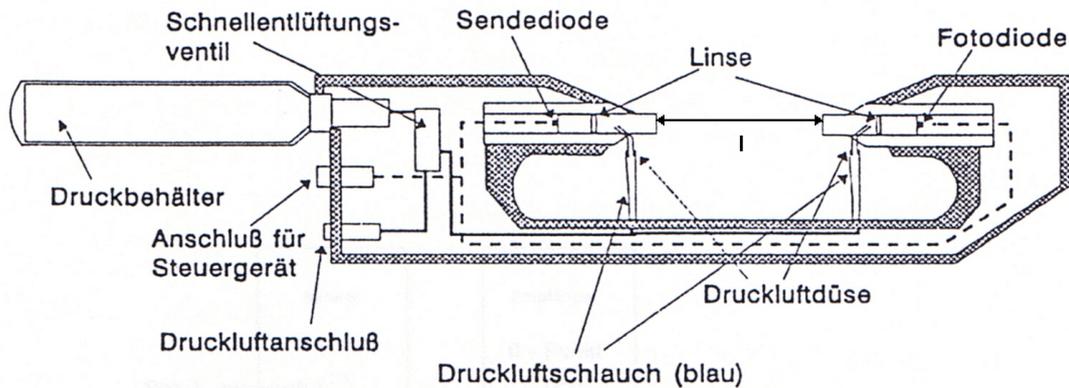


Abbildung 2.2: Schnitt durch die Messeinheit Typ 7 (schematisiert).

2.2.2 Anzeige- und Steuereinheit

Die Anzeige- und Steuereinheit des SKG 5 ist ein tragbares Gerät, in dem das Netzteil, zwei Elektronikarten für die Sende- und Empfängerdiode sowie ein digitales Display zur Anzeige der gemessenen Spannung in mV untergebracht sind. Die beiden Platinen für die Dioden besitzen jeweils an ihrer Frontpartie Regelelemente, die der Steuerung der Dioden dienen (siehe Abbildung 2.3, links).

Die von vorn gesehen linke Elektronikarte innerhalb des Gerätegehäuses dient der Steuerung der Sendediode. Die Leuchtdiode auf der Frontplatte dieser Platine (Abbildung 2.3, Pos. 1) zeigt an, ob ein Strom durch den Schaltkreis der Sendediode fließt. Je größer dieser Strom ist, umso heller leuchtet die Diode. Mit dem Schalter (Abbildung 2.3, Pos. 3) lässt sich die Sendediode zwecks Überprüfung des Gerätes bzw. der Dioden ein- bzw. ausschalten, ohne den Strahlengang optisch unterbrechen zu müssen. Vor jeder Messung ist ein Nullabgleich des im digitalen Display angezeigten Spannungswertes notwendig. Dieser Nullabgleich erfolgt über die Regelung des Stromes durch die Sendediode. Für die Grobregelung des Stromes durch die Sendediode benutzt man den Bereichswahlschalter (Abbildung 2.3, Pos. 4). Mögliche Stellungen sind hier „min“, „Mitte“ und „max“. Mit dem 10-Gang-Potentiometer (Abbildung 2.3, Pos. 2) wird der Strom durch die Sendediode nach erfolgter Grobeinstellung so lange weiter geregelt, bis eine Spannung von 0 mV im Display angezeigt wird, womit der Abgleich beendet ist. Der Schalter „Regelung“ (Abbildung 2.3, Pos. 5) ist für eine nachfolgende Stromregelung im Schaltkreis der Sendediode vorgesehen, aber derzeit noch nicht aktiv.

Die Empfänger- bzw. Fotodiode der Messeinheit wird über die Elektronikarte rechts neben derjenigen für die Sendediode angesteuert. Auf der Frontplatte dieser Platine befindet sich ganz oben ein Potentiometer, mit dem der Nullpunkt des Empfängers eingestellt werden kann (Abbildung 2.3, Pos. 6). Dies geschieht, indem sowohl die Sendediode (siehe oben) als auch der Umschalter „Kompensation“ (Abbildung 2.3, Pos. 7)

auf „Aus“ geschaltet werden und dann das Potentiometer so lange betätigt wird, bis in der Anzeige der Wert 0 mV erscheint. Ausgeschaltete Kompensation bedeutet die Anzeige eines minimalen Messwertes (ideal 0 mV), wenn der Empfänger keine Strahlung registriert, bzw. die maximale Anzeige (ideal 1000 mV) bei maximaler Lichteinstrahlung. Bei eingeschalteter Kompensation ist dies genau umgekehrt. Rechts unterhalb des Kompensations-Schalters befindet sich der Schalter „0,5/1 V“ (Abbildung 2.3, Pos. 8). Mit diesem kann die maximal mögliche Messspannung wahlweise auf 500 mV oder 1000 mV eingestellt werden. Links unterhalb des Kompensations-Schalters befindet sich der Schalter „Filter“ (Abbildung 2.3, Pos. 9), welcher der Aktivierung einer Filterung des Messausganges (1000 Hz Tiefpass) dient. Die Sektion „Mittelwert“ auf der Frontplatte der Empfängerkarte (Abbildung 2.3, Pos. 10, 11) gibt die Möglichkeit, den Messwert in gemittelter Form abzugreifen. Der Mittelwert wird nach Wahl alle zehn oder jede Sekunde gebildet.

Rechts neben der Karte für die Empfängerdiode ist der Einschub für die digitale Messwertanzeige im Steuergerät des SKG 5 untergebracht. Wiederum rechts davon ist die Spannungsversorgung für das Gerät lokalisiert (siehe Abbildung 1.1).

Auf der Rückseite des Steuergerätes befinden sich der Anschluss für die Netzspannung mit Sicherung und Netzschalter (Abbildung 2.3, Pos. 19) sowie der Anschluss für die Leitung zur Messeinheit, ebenfalls mit Sicherung (Abbildung 2.3, Pos. 16, 17). Außerdem sind ein fünf-poliger Zusatzausgang für Versorgungsspannung (12 V) und Messausgang (Abbildung 2.3, Pos. 18) zur weiteren Verarbeitung der Messwerte in einem Zusatzgerät sowie ein analoger Messausgang (Abbildung 2.3, Pos. 15) zur Datenerfassung durch Nachschalten eines Schreibers, Loggers, etc. (Anschluss: BNC oder Bananenbuchsen) herausgeführt [1].

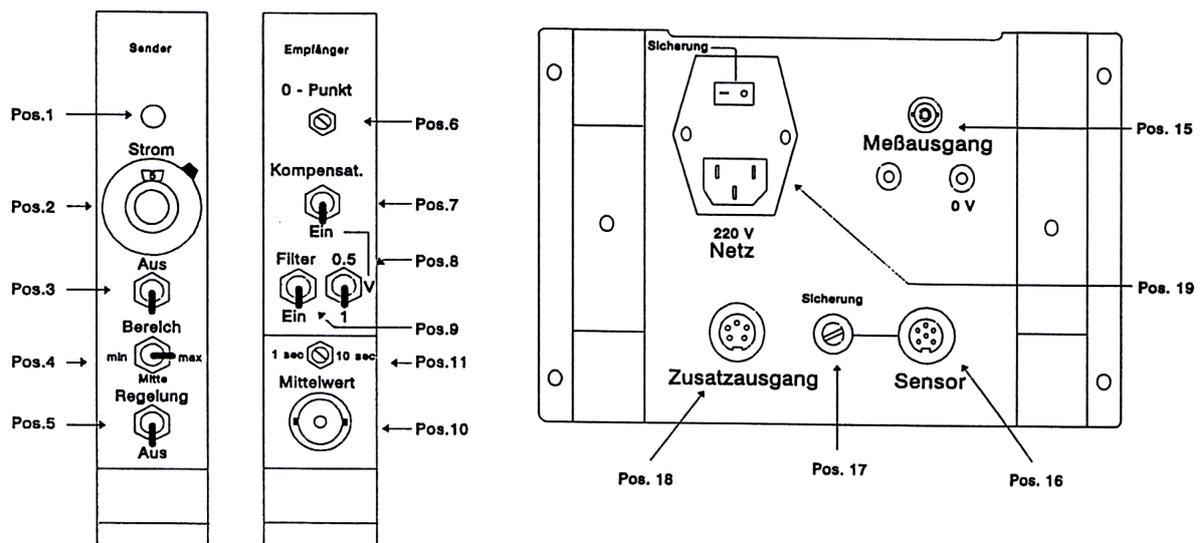


Abbildung 2.3: Skizze der Frontpartien der Platinen für die Sende- und Empfängerdiode (links) und der Rückansicht des SKG 5-Steuergerätes (rechts).

2.2.3 Messeinheit Typ 15

Für ein Forschungsprojekt der FSA wurde eine Messeinheit von deutlich geringerer Baugröße als der Typ 7 benötigt. Im Zuge einer Neukonstruktion sollte auch das Problem gelöst werden, dass die optischen Bauteile (Linsen) beim Messvorgang verschmutzen. Die Verschmutzung der Linsen macht eine nachträgliche Korrektur der Messkurven notwendig, weil dadurch zu hohe Staubkonzentrationen vorgetäuscht werden.

Die Verkleinerung der Messeinheit und die Lösung des Verschmutzungsproblems wurden durch eine völlige Neukonstruktion der Messeinheit erreicht, die den Namen Typ 15 erhielt¹. Die Ideen, die zur Erreichung der Ziele dienten, waren vergleichsweise einfach aber äußerst effektiv.

Verkleinerung:

- Verwendung miniaturisierter Bauteile.
- Verwendung von Bauteilen mit integrierten Linsen.
- Umlenkung des Strahlengangs um 180°.

Verwendet wurde eine neuartige, sehr kleine Laserdiode mit integrierter Linse. Der dadurch erzielte Raumsparereffekt wird durch die Idee der Strahlengangumlenkung noch erheblich verstärkt. Dadurch, dass der Laserstrahl an einem Prisma um 180° umgelenkt wird, durchläuft der Strahl das Messvolumen zweimal, wodurch die Breite l des Messvolumens halbiert und dadurch die Ausdehnung der Messeinheit erheblich reduziert werden konnte.

Schutz vor Schmutzablagerung:

- Integration eines Blendensystems.
- Anfasen der Blenden.
- Implementierung eines Luftgegenstroms.

Die Idee war, das Vordringen von Staub bis zu den optischen Bauteilen durch ein gestaffeltes System von Blenden zu verhindern. Die Blendendurchmesser werden dabei in Richtung der optischen Bauteile immer kleiner, so dass von Blende zu Blende immer weniger Staub eindringen kann. Die Kanten der Blenden sind angefast, damit sich dort ablagernder Staub nach unten abrutscht und nicht die Blendenöffnung verstopft. Zusätzlich zu diesen Maßnahmen werden die Kammern, in denen sich die optischen Bauteile befinden, mit geringem Luftüberdruck beaufschlagt, so dass eine schwache Luftströmung von den optischen Bauteilen in Richtung des Messvolumens entsteht. Das Eindringen von Staub in die Messeinheit bzw. die Blendenöffnungen wird dadurch erschwert. Die Zunahme der Blendenöffnungsdurchmesser in Richtung zum Messvolumen sorgt dafür, dass die Geschwindigkeit der Luft beim Eintritt in das Messvolumen

¹In den vergangenen Jahren entstanden die Typen 8 bis 14, mit denen das Problem der Linsenverschmutzung gelöst werden sollten. Keiner der Typen arbeitete jedoch wirklich zufriedenstellend.

nur minimal ist, so dass die Störung des dort befindlichen Staub/Luft-Gemisches vernachlässigbar klein ist.

Das Messgerät ist mit vier Führungsstangen ausgestattet. Sie erlauben eine Variation der Messvolumenbreite l . Eine Verbreiterung des Messvolumens steigert die Empfindlichkeit des Gerätes und umgekehrt.

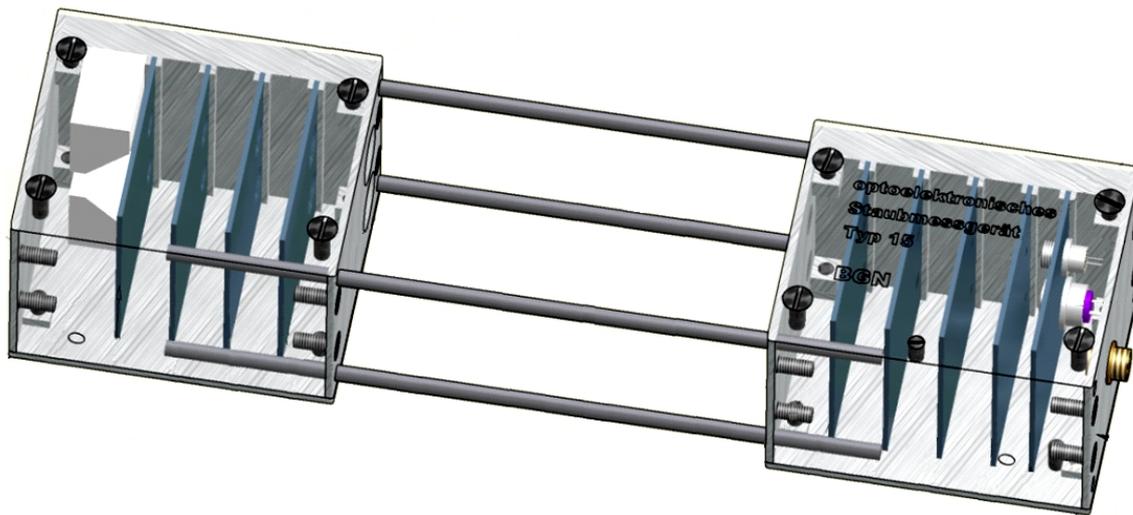


Abbildung 2.4: Isometrische Ansicht der Messeinheit Typ 15.

2.2.4 Messeinheit Typ 16

Das Konzept mit den vier Führungsstangen beim Typ 15 erwies sich bei manchen Messeinsätzen als zu instabil. Die optische Achse konnte so nicht ausreichend genau gehalten werden. Deshalb wurde diese Messeinheit zum Typen 16 weiterentwickelt. Der Typ 16 übernimmt, neben ein paar konstruktiven Veränderungen, das Blendenkonzept des Typs 15. Von der Umlenkung des Infrarot-Lichtstrahls mit einem Dreiecksprisma wurde wieder zudem älteren Konzept der Gegenüberstellung von Sende- und Fotodiode gewechselt. Vor beiden optischen Bauteilen sind Blendenblöcke, aus vier Blenden bestehend, angebracht. Blenden und optische Bauteile befinden sich in zylindrischen Gehäusen. Im Typ 16 wurden die bisherigen optischen Bauteile durch die Sendediode TSAL 6200 und die Fotodiode BPW 34F ersetzt. Um die Dioden nach außen hin abzudichten, sind um die Linsen O-Ringe angebracht. Durch das Abschrauben der Frontblende können die Blenden und die Linsen vom abgelagerten Staub befreit werden. Ein weiterer Vorteil des Typs 16 ist eine Halterung, die es ermöglicht, das Gerät über einen Stutzen in einen Behälter oder auch ein Silo einzubringen. In der folgenden Abbildung 2.5 ist der Aufbau des Typs 16 schematisch dargestellt.

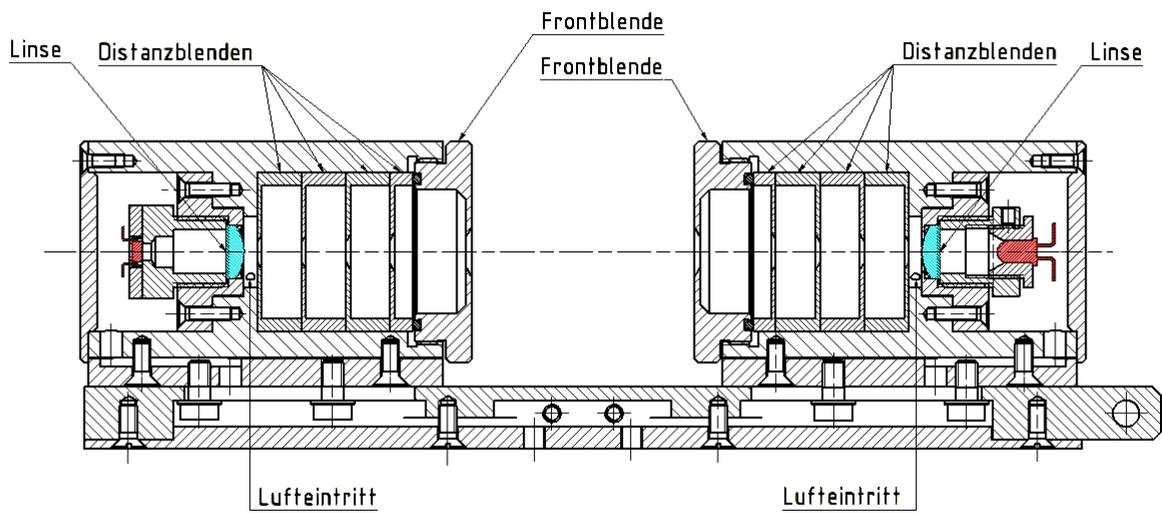


Abbildung 2.5: Längsschnitt durch die Messeinheit Typ 16.

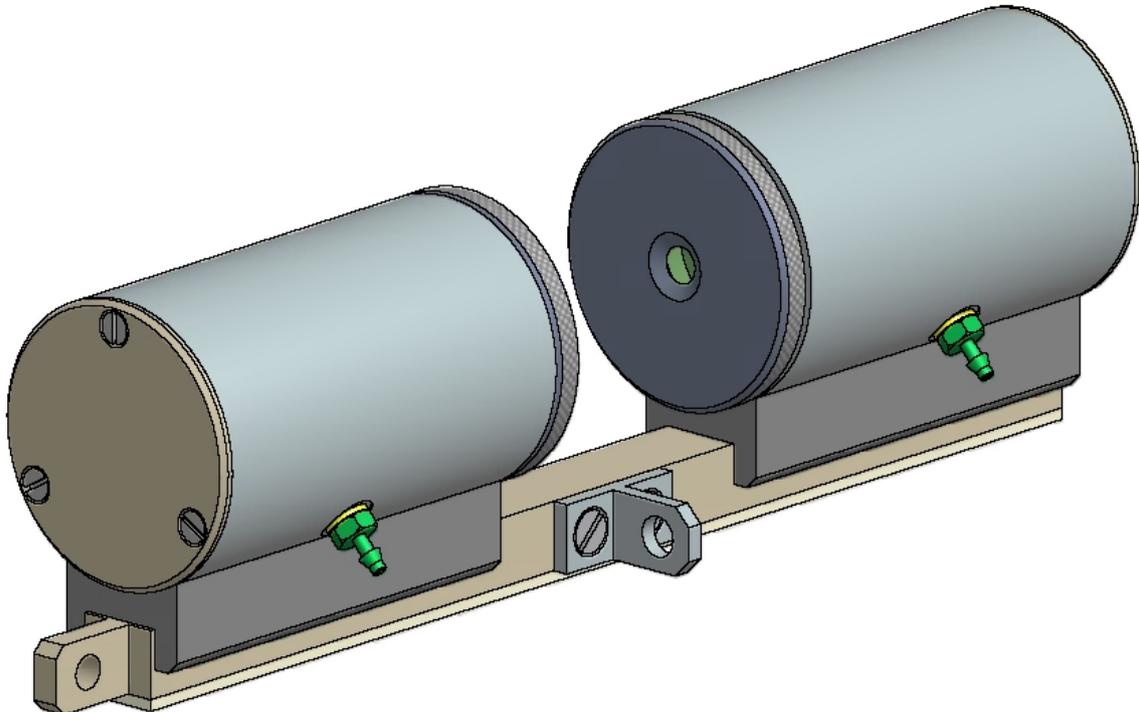


Abbildung 2.6: Ansicht der Messeinheit Typ 16 (CAD-Grafik).

Kapitel 3

Grundlagen des Explosionsschutzes

3.1 Staubexplosionsschutzmaßnahmen

Um Staubexplosionen wirksam entgegen zu wirken, stehen verschiedene Maßnahmen des Staubexplosionsschutzes zur Verfügung. Im Folgenden wird auf diese eingegangen.

3.1.1 Konstruktiver Explosionsschutz

Beim konstruktiven Explosionsschutz werden Explosionen im Inneren von Anlagen oder Behältern zugelassen, deren zerstörerische Wirkung aber auf ein unbedenkliches Maß reduziert. Der konstruktive Explosionsschutz untergliedert sich in:

- **Explosionsfeste Bauweise:** Behälter und Geräte sind so konstruiert, dass sie dem Explosionsdruck standhalten.
- **Explosionsdruckentlastung:** Der Explosionsüberdruck wird über Druckentlastungselemente nach Außen abgebaut.
- **Explosionsunterdrückung:** Anlaufende Explosionen werden durch Löschmittel gestoppt.
- **Explosionssperren:** Durch Sperreinrichtungen wird die Ausbreitung von Explosionen in Anlagen verhindert.

3.1.2 Vorbeugender Explosionsschutz

Das Konzept des vorbeugenden Explosionsschutz ist es, Explosionen im Inneren von Anlagen oder Behältern erst gar nicht entstehen zu lassen. Der vorbeugende Explosionsschutz untergliedert sich in:

- **Vermeiden von explosionsfähigen Atmosphären:** Dies ist unter anderem dadurch erreichbar, dass der brennbare Staubanteil auf Werte unterhalb der unteren Explosionsgrenze eingeschränkt wird. Ist dies nicht möglich, kann Sauerstoff durch ein nicht brennbares Gas ersetzt werden.

- **Vermeiden von Zündquellen:** Das Explosionsrisiko muss abgeschätzt und mögliche Zündquellen analysiert werden. Die Vermeidung von Zündquellen betrifft auch elektrische Geräte, die - eingebracht in eine explosionsfähige Atmosphäre - als Zündquelle wirken können.

3.2 Einteilung in Ex-Zonen

In der in der EU rechtlich bindenden Richtlinie 1999/92/EG unterteilt man explosionsfähige Atmosphären allgemein in die Gruppen:

- **explosionsfähige Gasatmosphäre**
- **explosionsfähige Staubatmosphäre**

Je nachdem wie wahrscheinlich das Auftreten einer solchen Atmosphäre ist, erfolgt eine weitere Unterteilung in Zonen.

3.2.1 Explosionsfähige Gasatmosphäre

Explosionsfähige Gasatmosphären werden unterteilt in die Zonen:

- **0:** Diese ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.
- **1:** Diese ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.
- **2:** Diese ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

3.2.2 Explosionsfähige Staubatmosphäre

Explosionsfähige Staubatmosphären werden unterteilt in die Zonen:

- **20:** Diese ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.
- **21:** Diese ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub bilden kann.
- **22:** Diese ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

3.3 Gerätekennezeichnung

Betriebsmittel, die in explosionsfähigen Atmosphären installiert sind, müssen gefährdungsabhängige Schutzvorrichtungen besitzen und entsprechend gekennzeichnet sein. Geräte werden unterschieden nach:

1. Gerätegruppe
2. Gerätekategorie
3. Zündschutzart
4. Explosionsgruppe
5. Temperaturklasse
6. Geräteschutzniveau
7. IP-Schutzart

3.3.1 Gerätegruppe

Hier werden zwei große Gerätegruppen unterschieden, nämlich:

- **I:** Diese Gruppe betrifft alle Geräte, die im Berg- und Untertagebau eingesetzt werden.
- **II:** Diese Gruppe ist für alle übrigen Geräte.

3.3.2 Gerätekategorie

Entsprechend der ermittelten explosionsgefährdeten Zone (siehe Abschnitt 3.2), in der ein Gerät eingesetzt werden soll, wird die Gerätekategorie abgeleitet. Die Gerätekategorien sind in der rechtlich bindenden ATEX-Produktrichtlinie 94/9/EG wie folgt definiert:

- **1:** Geräte der Kategorie 1 sind so zu gestalten, dass sie ein sehr hohes Maß an Sicherheit gewährleisten. Geräte dieser Kategorie müssen auch bei selten auftretenden Störungen das erforderliche Maß an Sicherheit gewährleisten. Auch beim Auftreten von zwei Fehlern am Gerät darf es nicht zu einer Zündung kommen. Solche Geräte dürfen in Zone 0, 1 und 2 oder 20, 21 und 22 eingesetzt werden.
- **2:** Geräte der Kategorie 2 sind so zu gestalten, dass sie ein hohes Maß an Sicherheit gewährleisten. Geräte dieser Kategorie müssen bei häufigen oder üblicherweise zu erwartenden Störungen (Defekte am Gerät) das erforderliche Maß an Sicherheit gewährleisten und Zündquellen vermeiden. Solche Geräte dürfen in Zone 1 und 2 oder 21 und 22 eingesetzt werden.

- **3:** Geräte der Kategorie 3 sind so zu gestalten, dass sie ein normales Maß an Sicherheit gewährleisten. Geräte dieser Kategorie müssen bei vorhersehbaren Störungen (Defekte am Gerät) das erforderliche Maß an Sicherheit gewährleisten und Zündquellen vermeiden. Solche Geräte dürfen in Zone 2 oder 22 eingesetzt werden.

Zur Unterscheidung der vorliegenden explosionsgefährdeten Atmosphäre wird die Zahl der Kategorie mit einem „D“ für Staub (Dust) oder einem „G“ für Gas erweitert.

3.3.3 Zündschutzart

Wie in Abschnitt 3.1.2 bereits erwähnt, dürfen elektrische Geräte in explosionsfähigen Atmosphären keine Zündquelle darstellen. Deshalb müssen solche Geräte mit Zündschutzarten versehen werden. Die einzusetzende Zündschutzart hängt teilweise von der Art der explosionsfähigen Atmosphäre ab. Die folgende Auflistung zeigt die zulässigen Zündschutzarten, wobei die Schutzarten für explosionsfähige Staubatmosphären erläutert sind:

- **d:** Druckfeste Kapselung (nicht für explosionsfähige Staubatmosphären).
- **e:** Erhöhte Sicherheit.
- **i:** Eigensicherheit.

Bei der Zündschutzart Eigensicherheit wird die Tatsache genutzt, dass zur Zündung einer explosionsfähigen Atmosphäre eine bestimmte Energie erforderlich ist. Wird in einem Stromkreis verhindert, dass bestimmte Strom- und Spannungswerte überschritten werden oder wird die Speicherung elektrischer Energie in Spulen und Kondensatoren so begrenzt, dass weder durch einen Öffnungs- oder Schließfunken noch durch eine thermische Wirkung eine Zündung unter bestimmten Prüfbedingungen und unter Beachtung gewisser Sicherheitszuschläge hervorgerufen wird, so ist dieser Stromkreis eigensicher.

Die Zündschutzart Eigensicherheit bietet sich daher vor allem dort an, wo von Natur aus nur kleine Leistungen erforderlich sind. Sie eignet sich für Mess-, Überwachungs-, und Informationsgeräte. Zudem können Sensoren mit physikalischem, chemischem und mechanischem Prinzip danach ausgerichtet werden. Für Aktoren muss eine Begrenzung der Leistung vorgegeben werden, was ein Nachteil dieser Zündschutzart ist. Weiterhin ist für komplexe Stromkreise der Nachweis der Eigensicherheit schwer oder nur unter großem Aufwand zu erbringen. Ein Vorteil der Zündschutzart Eigensicherheit ist die aktive Schutzfunktion auch beim Auftreten eines oder mehrerer Gerätefehler.

- **m:** Vergusskapselung.
Bei der Zündschutzart Vergusskapselung sind Teile, die eine explosionsfähige Atmosphäre durch Funken oder durch Erwärmung zünden könnten, in eine Vergussmasse so eingebettet, dass die explosionsfähige Atmosphäre unter Betriebs- und Installationsbedingungen nicht entzündet werden kann.

Die Vergusskapselung wird hauptsächlich für elektromagnetische Geräte eingesetzt, deren Bauteiltemperaturen oberhalb der Grenztemperatur der Temperaturklasse des Betriebsmittels liegen. Der Nachteil solcher Geräte liegt darin, dass sie in der Regel nicht reparierbar und oftmals auch schwer recycelbar sind. Bei der Änderung der elektronischen Schaltung ist die aufwendige Fehleranalyse der Erstprüfung zu wiederholen.

- **n**: Typ n-Zündschutzart.
- **o**: Ölkapselung (nur für explosionsfähige Gasatmosphären).
- **p**: Überdruckkapselung.
Überdruckkapselung ist die Zündschutzart, bei der das Eindringen einer umgebenden Atmosphäre in das Gehäuse von elektrischen Betriebsmitteln dadurch verhindert wird, dass ein Zündschutzgas in seinem Inneren unter einem Überdruck gegenüber der umgebenden Atmosphäre gehalten wird. Der Überdruck (mindestens 0,5 mbar) wird mit oder ohne laufende Zündschutzgasdurchspülung aufrechterhalten. Es kann Luft, ein inertes oder ein anderes geeignetes Gas zum Einsatz kommen.
Da ein gewisser Aufwand an Überwachungseinrichtungen notwendig ist und auch Spülgas verbraucht wird, ist die Überdruckkapselung, abgesehen von Analysegeräten, auf größere Bauteile, wie Steuerschränke oder Motoren beschränkt.
- **q**: Sandkapselung (nicht für explosionsfähige Staubatmosphären).
- **t**: Schutz durch Gehäuse (nur für explosionsfähige Staubatmosphären).
Bei dieser Zündschutzart ist das Gehäuse so dicht, dass kein brennbarer Staub in das Innere eindringen kann. Die Oberflächentemperatur des äußeren Gehäuses ist begrenzt. Es ist nach Norm EN ISO 60529 ein Mindestschutzgrad von IP6X (siehe Abschnitt 3.3.7) zu gewährleisten. Weiterhin ist die Staubansammlung auf der Oberfläche zu berücksichtigen und gegebenenfalls die Oberflächentemperatur bei Staubschichten $\delta \geq 5$ cm zu reduzieren.
Diese Zündschutzart wird hauptsächlich für Geräte eingesetzt, bei deren Betrieb Funken, Lichtbögen und heiße Oberflächen auftreten. Sie eignet sich zudem für komplexere Geräte wie Steuerungen, die somit im explosionsgefährdeten Bereich eingesetzt werden können. Es erweist sich oft als besonders aufwendig, Gehäuse staubdicht zu gestalten, besonders wenn optische Bauteile – wie Energie emittierende Dioden – vorhanden sind.

Die Qualität der Zündschutzarten hängt vom erforderlichen Geräteschutzniveau (EPL) ab. Letzteres wird in drei Stufen a, b und c eingeteilt, wie im Abschnitt 3.3.6 beschrieben wird. Die Kennzeichnung der Zündschutzart wird mit den Buchstaben a, b oder c erweitert und damit die Höhe des Schutzniveaus charakterisiert. Den beiden Buchstaben, die die Zündschutzart beschreiben, werden beim Gerätecode die Buchstaben Ex vorangestellt. Beispiel: Ex ia bedeutet Zündschutzart Eigensicherheit auf höchstem Niveau a.

3.3.4 Explosionsgruppen

Nach der Norm DIN EN 60079-0 (VDE 0170-1) vom März 2010 müssen elektrische Geräte, die zum Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen vorgesehen sind, in Explosionsgruppen eingeteilt werden. Dabei werden drei grundsätzliche Gruppen unterschieden:

- **I:** Diese Geräte sind für den Betrieb in schlagwettergefährdeten Grubenbauen vorgesehen.
- **II:** Diese Geräte sind für einen Betrieb in Bereichen vorgesehen, in denen mit explosionsfähiger Gasatmosphäre zu rechnen ist.
- **III:** Diese Geräte sind für einen Betrieb in Bereichen vorgesehen, in denen mit explosionsfähiger Staubatmosphäre zu rechnen ist.

Im Folgenden werden die Explosionsgruppen weiter unterteilt. Der Fokus liegt dabei auf der Gruppe III für explosionsfähige Staubatmosphären.

Elektrische Geräte der Gruppe III sind wie folgt weiter unterteilt:

- **IIIA:** Diese Gruppe ist für eine Atmosphäre mit brennbaren Flusen geeignet.
- **IIIB:** Diese Gruppe ist für eine Atmosphäre mit nicht leitfähigem Staub geeignet.
- **IIIC:** Diese Gruppe ist für eine Atmosphäre mit leitfähigem Staub geeignet.

Dabei sind Geräte der Gruppe IIIB für Anwendungen geeignet, die Geräte für Gruppe IIIA erfordern. Geräte der Gruppe IIIC sind für Anwendungen geeignet, die Geräte für Gruppe IIIA und IIIB erfordern. Mit C gekennzeichnete Geräte gewährleisten also das höchste Maß an Sicherheit.

3.3.5 Temperaturklasse

Nach DIN EN 60079-0 sind für Betriebsmittel in explosionsfähiger Atmosphäre maximale Oberflächentemperaturen durch Messung zu bestimmen und auf dem Gerät anzugeben. Während für Betriebsmittel in gasexplosionsgefährdeten Bereichen die Temperaturklassen T1 - T6 definiert werden, ist bei Stäuben der Buchstabe T anzugeben gefolgt von dem Zahlenwert der maximalen Oberflächentemperatur und der Einheit °C. Bei staubexplosionsgefährdeten Bereichen muss in Erwägung gezogen werden, dass sich auf dem Gehäuse des Gerätes eventuell abgelagerter Staub durch eine Erwärmung des Gehäuses selbst entzünden und glimmen kann. Die Glimmtemperatur von Stäuben kann man Tabellenwerken entnehmen. Auf Geräten für explosionsgefährdete Staubatmosphären muss entweder diese Glimmtemperatur oder die gemessene Gehäusetemperatur angegeben werden, je nachdem, welche größer ist.

3.3.6 Geräteschutzniveau (Equipment Protection Level)

In der Norm IEC 60079-0 von 2007 wurde die Einführung eines Geräteschutzniveaus festgelegt. Dieses Geräteschutzniveau (Equipment Protection Level) setzt sich aus zwei Buchstaben zusammen. Der erste Buchstabe kann D für Staub (Dust), G für Gas oder M für Berg- und Untertagebau sein. Der zweite Buchstabe ist a, b oder c und gibt die Höhe des jeweiligen Schutzniveaus an, wobei das Schutzniveau von a nach c fällt. Für explosionsfähige Staubatmosphären sieht die Unterteilung wie folgt aus:

- **Da:** Geräte mit dieser Kennzeichnung können in brennbaren Staubatmosphären verwendet werden, bei denen im Normalbetrieb, bei vorhersehbaren seltenen Fehlern bzw. Fehlfunktionen keine Zündgefahr besteht.
- **Db:** Geräte mit dieser Kennzeichnung sind mit einem hohen Schutzniveau ausgestattet, und eignen sich für Anwendungen mit brennbarer Staubatmosphäre, bei denen im Normalbetrieb oder bei vorhersehbaren Fehlern bzw. Fehlfunktionen keine Zündgefahr besteht.
- **Da:** Geräte mit dieser Kennzeichnung sind mit erweitertem Schutzniveau ausgestattet und eignen sich für Anwendungen mit brennbarer Staubatmosphäre, bei denen im Normalbetrieb keine Zündgefahr besteht. Sie weisen zudem einige zusätzliche Schutzmaßnahmen auf, die bei gewöhnlich auftretenden Störungen im Gerät eine Zündung verhindern.

3.3.7 IP-Schutzart

Die Norm DIN EN 60529 sieht vor, elektrische Betriebsmittel in Abhängigkeit ihres Verwendungszwecks mit einem Gehäuse auszustatten. Die IP-Schutzart beschreibt die Dichtigkeit des Gerätegehäuses. Sie wird beschrieben mit den Buchstaben IP (International Protection) gefolgt von 2 Ziffern. Die erste Kennziffer steht dabei für den Schutz des Betriebsmittels gegenüber eindringendem Staub. Die zweite Kennziffer gibt den Schutz gegen das Eindringen von Wasser an. Wenn kein Staub oder Wasser vorhanden ist, wird die entsprechende Kennziffer durch ein X ersetzt. Die erste Kennziffer kann Werte von 0 - 6 annehmen. Der Wert 0 steht hierbei für einen nicht vorhandenen Schutz, während die Kennziffer 6 ein staubdichtes Gehäuse beschreibt.

Kapitel 4

Festlegung der Gerätekenzeichnung

Wie in Kapitel 3 ausgeführt wurde, müssen Geräte, die in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden sollen, gewisse sicherheitsrelevante Eigenschaften besitzen. Diese Eigenschaften hängen von den Anforderungen an das Gerät ab und werden mit Hilfe einer Gerätekenzeichnung beschrieben. Um zu wissen, wie das Gerät weiter entwickelt werden soll, müssen zunächst die gewünschten Geräteeigenschaften bzw. die Gerätekenzeichnung festgelegt werden.

4.1 Gerätegruppe und -kategorie

Das das Staubkonzentrationsmessgerät SKG nicht im Berg- und Untertagebau eingesetzt wird, fällt es ganz klar in die Gerätegruppe **II** (siehe Abschnitt 3.3.1).

Da in Wolken aus beliebigen Stäuben die Staubkonzentration gemessen werden soll, muss von einer ständig vorliegenden explosionsgefährdeten Staubatmosphäre ausgegangen werden. Diese sind als Zone 20 zu deklarieren, was eine Einteilung des SKG in die Gerätekategorie **1D** nach sich zieht (siehe Abschnitt 3.3.2).

4.2 Explosionsgruppe und Geräteschutzniveau

Das SKG ist lediglich für den Einsatz in Staubwolken vorgesehen. Weil nicht ausgeschlossen werden kann, dass die Wolken bildenden Stäube leitfähig sind, muss das Gerät in die Explosionsgruppe **IIIC** eingeordnet werden (siehe Abschnitt 3.3.4).

Da das SKG auch in Zone 20 eingesetzt wird, ist das höchste Geräteschutzniveau für explosionsgefährdete Staubatmosphären anzustreben. Wie in Abschnitt 3.3.6 ausgeführt, ist dies das Niveau mit der Bezeichnung **Da**.

4.3 Zündschutzart

Im Folgenden sollen die in Abschnitt 3.3.3 vorgestellten Zündschutzarten für staubexplosionsgefährdete Bereiche Überdruckkapselung (p), Schutz durch Gehäuse (t), Vergusskapselung (m) und Eigensicherheit (i) gegeneinander abgewogen werden, um eine geeignete Auswahl für das SKG treffen zu können.

4.3.1 Schutz durch Gehäuse

Für diese Zündschutzart ist nach Abschnitt 3.3.7 in staubexplosionsgefährdeten Bereichen der höchste Gehäusedichtigkeitsgrad IP6X vorzusehen. Es erweist sich in der Praxis oft als schwierig, Gehäuse total staubdicht zu bekommen. Weil ein Ziel dieser Arbeit ist, die Handhabbarkeit der Messeinheit – auch bei der Reinigung im Inneren der Messeinheit – zu verbessern, wurde diese Zündschutzart nicht weiter für den Einsatz am SKG geprüft. Einfache Handhabbarkeit und extreme Dichtigkeitsanforderungen an das Gehäuse stellen gegensätzliche Forderungen dar.

4.3.2 Überdruckkapselung

Der bei Überdruckkapselung herrschende Überdruck im Gerät wird durch ständigen Zustrom von Spülgas erzeugt. Die Existenz des Überdruckes muss ständig kontrolliert werden. Das SKG würde durch diese Schutzart unhandlich werden. Da es häufig mobil eingesetzt wird, wäre das ein großer Nachteil. Außerdem müsste eine zusätzliche Elektronik zur Drucküberwachung aufgebaut werden. Aus diesen Gründen wurde auch diese Schutzart für den Einsatz beim SKG nicht weiter in Erwägung gezogen.

4.3.3 Vergusskapselung

Diese Zündschutzart wurde zunächst für das SKG favorisiert. Es erscheint einfach, spannungsführende Teile in der Messeinheit mit Vergussmasse zu versiegeln. Ein Umbau der Elektronik hätte bei Anwendung dieser Schutzart vermieden werden können. Ein genaues Studium der einschlägigen Norm DIN EN 60079-18 förderte aber erhebliche Nachteile zu Tage, die mit dem Umsetzen dieser Schutzart verbunden gewesen wären:

- Es müssen Mindestschichtdicken ≥ 3 mm der Vergussmasse zwischen Gehäuse und spannungsführenden Teilen eingehalten werden. Da die Messeinheit des SKG möglichst klein ausgeführt werden sollte, hätte dies einen Größennachteil bedeutet.
- Bei Geräten mit der Zündschutzart Vergusskapselung ist der Prüfaufwand sehr hoch. Folgende Prüfungen sind durchzuführen:
 - Hochspannungsfestigkeit
 - Feuchtigkeitsbeständigkeit

- Maximaltemperatur
- Wärmebeständigkeit
- Kältebeständigkeit
- Zugprüfung an Leitungen
- Isolationsprüfung
- Sichtprüfungen auf Risse, bloßliegende Teile, Abblättern, Schrumpfen, Aufblähen oder Zersetzung

Diese Prüfungen sind zum Teil sehr zeitaufwendig, was auch einen hohen Kostenaufwand bei der Prüfung bedeuten würde. Darüber hinaus müssen die Isolations- und Sichtprüfungen an jedem Einzelstück durchgeführt werden.

Die genannten Nachteile sowie die Tatsache, dass man die Elektronik in den vergossenen Messeinheiten nicht reparieren kann und man so Einwegteile fertigen würde, gaben letztlich den Ausschlag dafür, auch die Schutzart Vergusskapselung zu verwerfen.

4.3.4 Eigensicherheit

Für die Umsetzung der Schutzart Eigensicherheit sind die Normen DIN EN 60079-0, DIN EN 60079-11, DIN EN 60079-14 und DIN EN 61241-11 wichtig. In Kapitel 5, in dem es um die Umsetzung dieser Schutzart geht, wird detailliert darauf eingegangen. Bei der Entscheidungsfindung, ob die Schutzart Eigensicherheit angewendet werden kann, war zunächst die Frage zu klären, ob die bei der SKG-Messeinheit Typ 16 verwendeten elektronischen Bauteile zu leistungsstark sind für diese Schutzart oder nicht. Da beim Typ 16 die beiden Bauteile Sende- und Empfängerdiode staubdicht im Gehäuse eingeschlossen sind (siehe Abschnitt 2.2.4) und dieses Bauprinzip beibehalten werden sollte, war die Frage nach der aufgenommenen Leistung durch die Bauteile für die Sicherheitsbetrachtung nicht relevant. Dies ist unter der Voraussetzung gegeben, dass die Oberflächentemperatur der Messeinheit die festgelegte Temperaturklasse des elektrischen Betriebsmittels einhält, was gegeben ist (siehe Abschnitt 4.4).

Anders liegt der Fall bei der Hochleistungs-Infrarotdiode TSAL 6200 (Sendediode), die eine erhebliche Leistung in den explosionsgefährdeten Bereich emittiert. Nach der Norm DIN EN 60079-0 muss für die beim SKG 5 Typ 16 verwendete Infrarotdiode TSAL 6200 der Abschnitt 6.6.2 „Laser oder andere Dauerlichtquellen, die elektromagnetische oder Ultraschallenergie abstrahlen“ beachtet werden. Geräte mit dem Geräteschutzniveau Da (siehe Abschnitt 3.3.6) dürfen keine elektrischen Bauteile enthalten, deren Leistungsabstrahlung größer als $P_N = 5 \text{ mW/mm}^2$ und $P_{NF} = 35 \text{ mW}$ ist. Aus dem Datenblatt der Diode kann die maximal abgestrahlte Leistung als $\phi_e = 35 \text{ mW}$ entnommen werden. Diese abgestrahlte Leistung wird unter normalen Betriebsbedingungen bei einer Stromversorgung von 100 mA emittiert. Ein Telefonat mit dem Hersteller der Infrarotdiode ergab, dass die Diode unter Fehlerbedingungen maximal eine Leistung von $\phi_f = 45 \text{ mW}$ abgeben kann.

Es musste nun bestimmt werden, wie viel von diesen 45 mW in den Außenraum treten können. Dazu benötigt man die geometrischen Verhältnisse an der Sendediode und deren Linse (Abbildung 4.1, oben) sowie das Strahlungskeulendiagramm, welches im

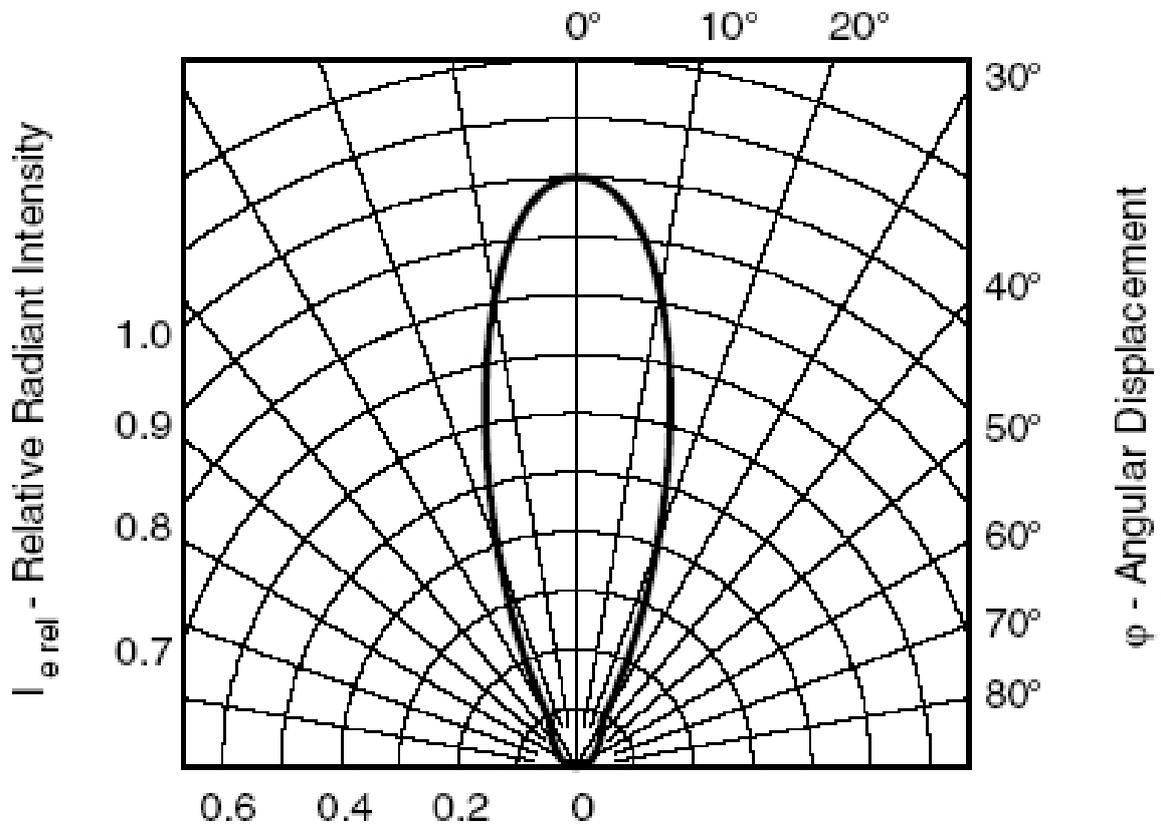
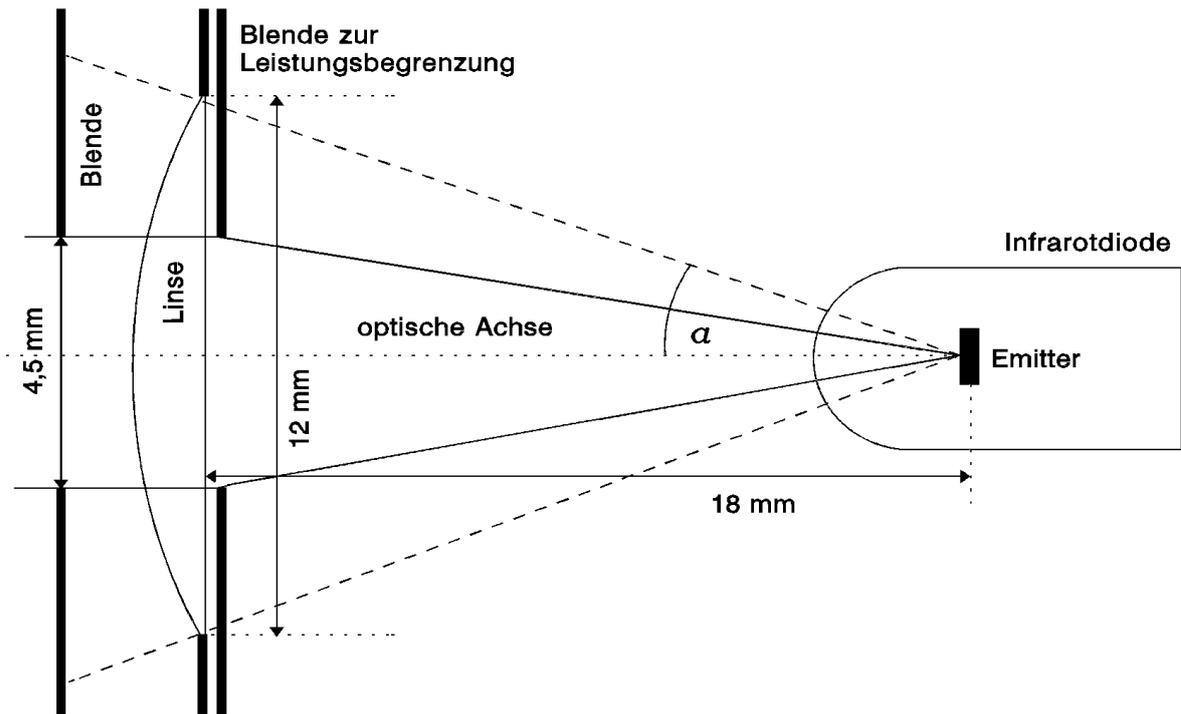


Abbildung 4.1: Geometrische Verhältnisse an der Sendediode (oben) und Strahlungskeulendiagramm der Sendediode (unten).

Datenblatt der Diode angegeben ist (Abbildung 4.1, unten). Aus dem Diagramm entnimmt man, dass die emittierte Strahlungsleistung winkelabhängig ist. Um die Strahlungsleistung durch die Linse bestimmen zu können, benötigt man eine Funktion $\psi(\alpha)$, die die Abhängigkeit der von der Sendediode abgestrahlten Leistung vom Winkel α gegen die optische Achse beschreibt. Da es sich dabei um ein rotationssymmetrisches Problem handelt, reicht eine zweidimensionale Betrachtung aus. Um Probleme dieser Art zu lösen, bedient man sich einer Software, die Regressionsrechnungen durchführen kann. Hier wurde das Programm TableCurve 2D verwendet. Aus dem Strahlungskeulendiagramm wurden manuell Wertepaare (Winkel, relative Intensität) abgelesen und in TableCurve eingegeben. In TableCurve sind mehrere tausend Funktionen hinterlegt, die das Programm an die eingegebenen Datenpunkte anzupassen versucht. Wahlweise können bestimmte Funktionsgruppen ausgewählt oder eine definierte Funktion eingegeben werden. Da es sich bei den Werten aus dem Strahlungskeulendiagramm offenbar um eine Peak-Funktion handelt (Abbildung 4.2), wurde die Funktionsgruppe der Peak-Funktionen in TableCurve für die Regressionsrechnung ausgewählt.

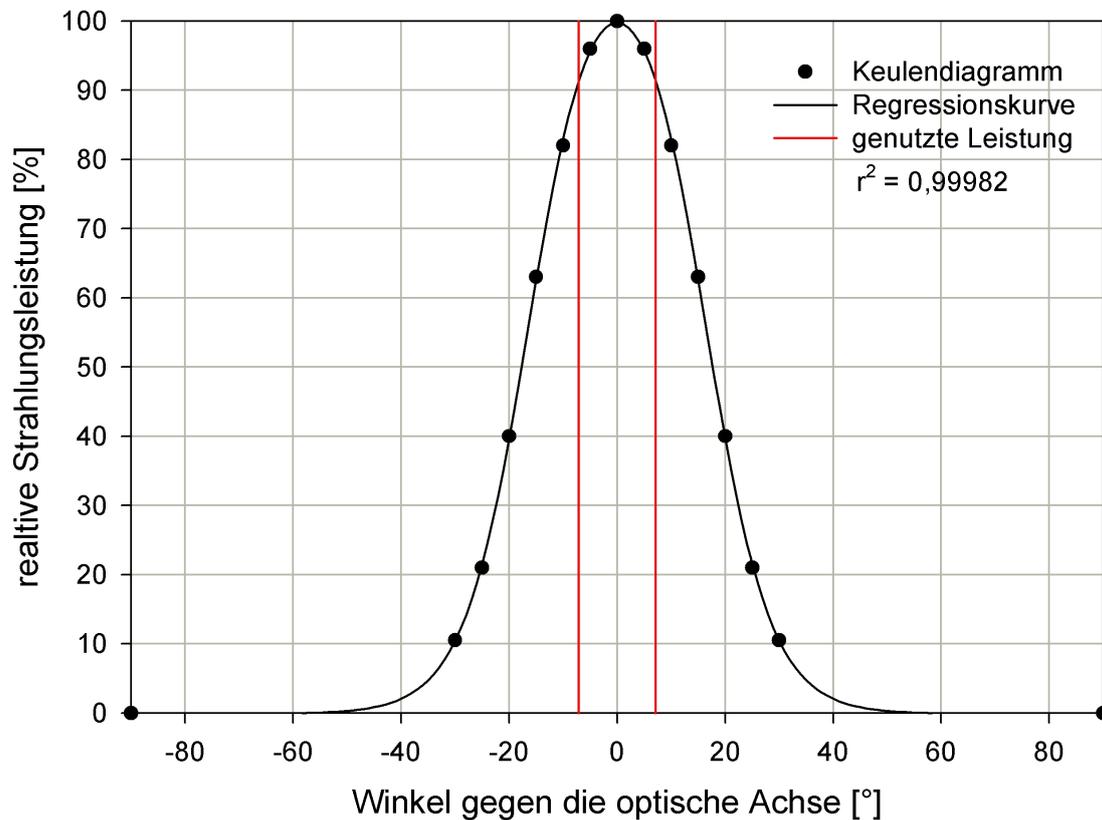


Abbildung 4.2: Wertepaare aus dem Strahlungskeulendiagramm und die Funktion (4.1). Der Bereich zwischen den roten Senkrechten unterhalb der Kurve stellt die Strahlungsleistung dar, die die Blende zur Leistungsbegrenzung in Abbildung 4.1, oben passiert.

Das Ergebnis dieser Rechnung ist die Verteilungsfunktion

$$\psi(\alpha) = a + \frac{b \cdot \left(1 + \exp\left(-\frac{d}{2e}\right)\right) \cdot \left(1 + \exp\left(\frac{d}{2e}\right)\right) \cdot \exp\left(-\frac{\alpha-c}{e}\right)}{\left(1 + \exp\left(-\frac{\alpha-c+d/2}{e}\right)\right) \cdot \left(1 + \exp\left(-\frac{\alpha-c-d/2}{e}\right)\right)} \quad (4.1)$$

mit den Koeffizienten $a = -0,10605$, $b = 99,869$, $c = -1,0486 \cdot 10^{-18}$, $d = 32,611$ und $e = 6,01156$. Damit ergibt sich die Leistung, die in einen bestimmten Winkelbereich $-\beta \dots \beta$ gestrahlt wird aus

$$P_P = \phi_f \cdot n \cdot \int_{-\beta}^{\beta} \psi(\alpha) d\alpha \quad (4.2)$$

mit $\phi_f = 45 \text{ mW}$ als die vom Emitter maximal abgestrahlte Leistung und $n = 2,67447 \cdot 10^{-4}$ als Normierungskonstante. Die Konstante dient dazu, das Integral über den Halbraum, also mit den Integrationsgrenzen $\beta = 90^\circ$, auf den Wert 1 zu normieren.

Wie man Abbildung 4.1, oben entnimmt, beträgt der Radius der Linse 6 mm. Der Abstand zwischen Linse und Emitter beträgt 18 mm. Mit Hilfe von

$$\beta = \arctan\left(\frac{6}{18}\right) = 18,4^\circ \quad (4.3)$$

ergeben sich die Integrationsgrenzen für (4.2). Das Lösen von (4.2) wurde mit dem Programm MathCAD durchgeführt. Es ergaben sich

$$P_P = 36,05 \text{ mW} \quad (4.4)$$

Weil laut Norm nur maximal $P_{NF} = 35 \text{ mW}$ in explosionsgefährdete Staubatmosphären abgestrahlt werden dürfen, musste die Strahlungsleistung durch das Einfügen einer zusätzlichen Blende zwischen Sendediode und Linse gesenkt werden. Die zusätzliche Blende soll den gleichen Durchmesser von 4,5 mm haben, wie eine weitere Blende, die von der Sendediode aus gesehen hinter der Linse sitzt. Dadurch wird die zur Messung nutzbare Leistung nicht verringert. Der Abstand zwischen Emitter und Blende beträgt damit 17 mm, woraus sich die Integrationsgrenzen

$$\beta = \arctan\left(\frac{2,25}{17}\right) = 7,54^\circ \quad (4.5)$$

ergeben. Einsetzen dieser Integrationsgrenzen in (4.2) liefert

$$P_P = 17,58 \text{ mW} \quad (4.6)$$

Bezieht man diese Strahlungsleistung auf die Querschnittsfläche der leistungsbegrenzenden Blende, so erhält man

$$P_{PF} = \frac{17,58}{2,25^2 \cdot \pi} = 1,1 \text{ mW/mm}^2 \quad (4.7)$$

Beide Grenzwerte werden durch das Einfügen einer leistungsbegrenzenden Blende eingehalten.

Die Schutzart Eigensicherheit konnte damit für das SKG gewählt werden. Für die Gerätebezeichnung folgt also **Ex ia** (siehe Abschnitt 3.3.3).

4.4 Temperaturklasse

Wie in Abschnitt 3.3.5 ausgeführt, muss bei Geräten, die in explosionsgefährdeten Staubatmosphären eingesetzt werden sollen, eine maximale Gehäusetemperatur durch Messung bestimmt und in der Gerätekenzeichnung angegeben werden.

Da kein Typ 16 vorhanden war, erfolgte die Temperaturmessung am Gehäuse des Typs 15. Dieser unterscheidet sich zwar in einigen Details vom Typ 16, die Messungen sollten aber eine ungefähre Vorstellung vom anzugebenden Temperaturcode liefern.

An der Oberfläche des Typs 15 wurde möglichst nah an den elektronischen Bauteilen im Inneren ein Oberflächentemperaturfühler (Nickel-Chrom-Nickel) mit wärmeleitendem Klebstoff befestigt. Angeschlossen wurde der Fühler an einen Universalkalibrator vom Typ 4421-V010 der Fa. Newport Omega. Nach dem Einschalten des SKG 5 Typ 15 wurde die gemessene Temperatur stündlich für einen Zeitraum von 24 Stunden erfasst.

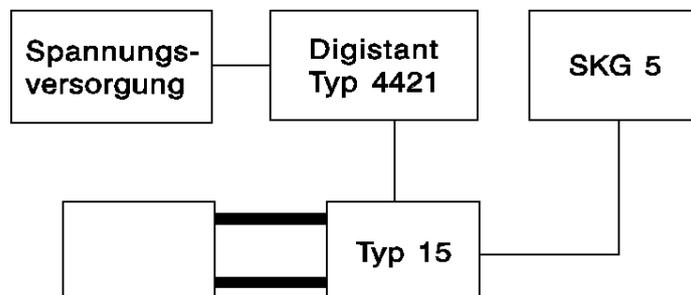


Abbildung 4.3: Prinzipskizze zur Temperaturmessung am Gehäuse des Typs 15 (oben). Gesamter Versuchsaufbau (links, unten) und der Oberflächentemperaturfühler auf dem Teil des Typs 15, der die elektronischen Bauteile enthält (unten, rechts).

Das Ergebnis der Temperaturmessung am Gehäuse des Typs 15 ist in Abbildung 4.4 zu sehen. Es konnte keinerlei Temperaturerhöhung am Gehäuse während des Betriebs des Gerätes festgestellt werden. Die leichten Schwankungen im Temperaturverlauf sind auf die schwankende Raumtemperatur zurückzuführen. Offenbar ist die Wärmeableitung durch das Gehäuse erheblich effektiver als die Wärmeproduktion durch die elektronischen Bauteile im Innern des Typs 15.

Da sich das Gerätegehäuse nicht selbstständig aufheizt, hängt seine Oberflächentemperatur nur von der Temperatur der Umgebung ab, in der das Gerät eingesetzt wird. Die elektronischen Bauteile vertragen maximal 85°C , weshalb die Temperaturobergrenze dadurch gegeben ist. Es folgt also für die Gerätekennezeichnung die Angabe **T85°C**.

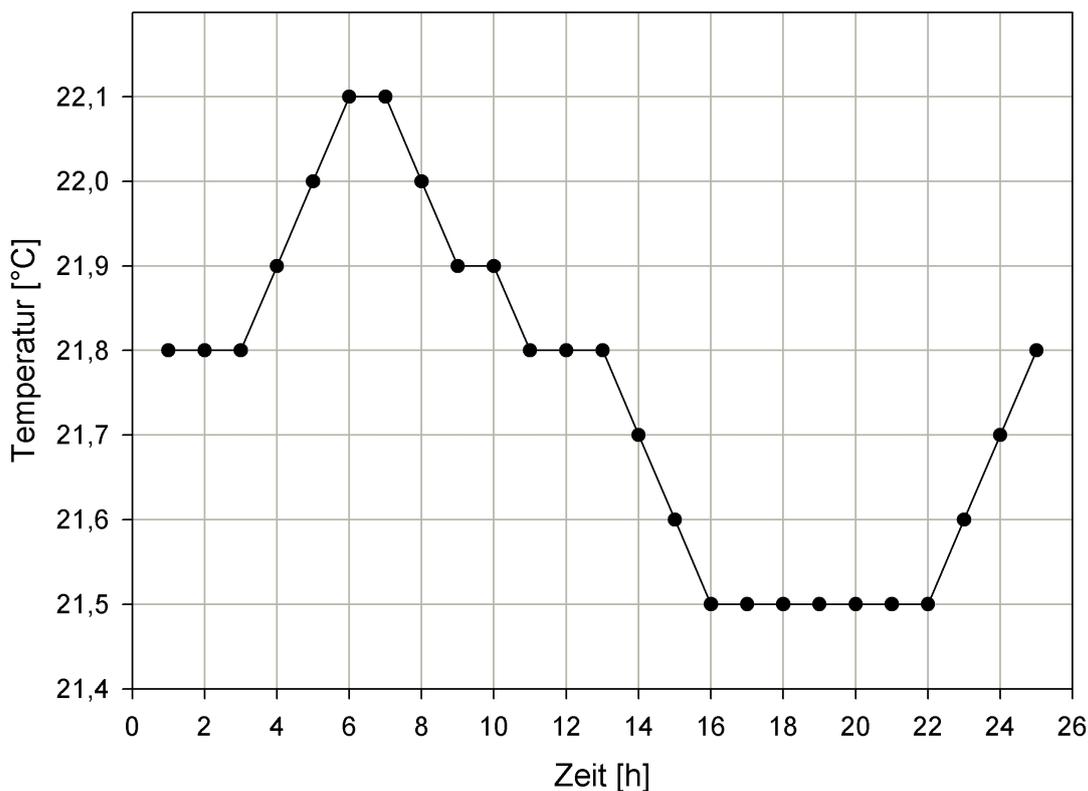


Abbildung 4.4: Ergebnis der Temperaturmessung am Gehäuse des Typs 15.

4.5 IP-Schutzart

Wie in Abschnitt 4.3.4 dargestellt wurde, müssen die Sende- und Empfängerdiode in einem staubdichten Gehäuse sitzen, um den Kontakt mit der explosionsfähigen Staubatmosphäre zu verhindern. Dies gilt insbesondere für die Sendediode, da sonst die Grenzwerte der DIN EN 60079-0 für Dauerlichtquellen nicht sicher eingehalten werden können. Deshalb muss für das Gerät die IP-Schutzart **IP6X** gefordert werden (siehe Abschnitt 3.3.7).

4.6 Gerätekennezeichnung

Die Ergebnisse der Abschnitte 4.1 bis 4.5 führen letztendlich auf die anzustrebende Gerätekennezeichnung:

II 1D Ex ia IIIC T85°C Da IP6X

Kapitel 5

Aufbau des SKG 6 Typ 17

5.1 Allgemeines aus den Normen

Nach den einschlägigen Normen zum Thema Explosionsschutz und zur Schutzart Eigensicherheit sind in explosionsgefährdeten Staubatmosphären einige Dinge zu beachten:

- Die Stromkreise müssen Anforderungen der Explosionsgruppe IIB bezüglich einer Funkenzündung erfüllen.
- IP6X oder Vergießen ist normalerweise erforderlich, um sicherzustellen, dass Luft- und Kriechstrecken nicht durch den Staub beeinträchtigt werden.
- Für Geräte oder Teile von Geräten, die nicht durch ein Gehäuse oder durch einen Verguss geschützt sind, sollte eine Leistungsbegrenzung vorgesehen sein. Für Geräte der Explosionsgruppe III sind das maximal 650 mW pro Bauteil bei der Schutzart Eigensicherheit.
- Eine Begrenzung der Temperatur aller dem Staub ausgesetzten Oberflächen von Geräten oder Teilen von Geräten ist sicherzustellen.
- In explosionsgefährdeten Staubatmosphären dürfen bei Anwendung des Geräteschutzniveaus Da keine Steckverbindungen verwendet werden.

5.2 Eigensichere Stromkreise

Wie in Abschnitt 4.3.4 ausgeführt wurde, sollte für das SKG die Zündschutzart Eigensicherheit i auf höchstem Geräteschutzniveau a umgesetzt werden.

Bei der Ausrichtung nach einem Schutzniveau ist die Fehlerbetrachtung das wichtigste Kriterium. Um eine Fehlerbetrachtung nach der Norm EN 60079-11 vornehmen zu können, müssen Bauteile nach Abschnitt 7.1 dieser Norm dimensioniert sein. Das bedeutet, dass Bauteile im ungestörten Betrieb und unter Fehlerbedingungen nicht mit

mehr als $2/3$ ihres maximalen Stromes, ihrer maximalen Spannung und ihrer maximalen Leistung betrieben werden. Dies bezieht sich auf die Bemessungswerte, die Einbaubedingungen und den festgelegten Temperaturbereich der Bauteile. Ausnahmen bilden Transformatoren, thermische Auslöser, Sicherungen, Relais, Optokoppler und Schalter. Für solche Stromkreise ist eine Sicherheit mit dem Faktor $S = 1,5$ vorgeschrieben.

Unter einem Fehler wird jeder Defekt eines beliebigen Bauteils sowie einer Trennung, Isolierung oder Verbindung zwischen Bauteilen verstanden. Dies gilt, wenn von diesen Bauteilen, Verbindungen etc. die Eigensicherheit eines Stromkreises abhängt und wenn sie gemäß IEC 60079-11 als störanfällig gelten. Mögliche Fehler sind:

- Ausfall von Bauelementen und Verbindungen.
- Ausfall der Trennung zwischen leitfähigen Teilen.
- Das Unterbrechen, Kurzschließen und die Erdung des äußeren Verbindungskabels.
- Die Funkenzündung durch elektrisch erzeugte Funken.
- Die thermische Zündung durch heiße Oberflächen.

5.2.1 Ausfall von Bauelementen und Verbindungen

Diese Art von Fehler wurde bereits bei der Konzipierung des Stromkreises berücksichtigt. Dabei wurden die Ausfälle von Bauteilen simuliert und die Wirkungen festgestellt. Kritischen Ergebnissen wurde durch Veränderung der Schaltung begegnet.

5.2.2 Ausfall der Trennung zwischen leitfähigen Teilen

Für jeden eigensicheren Stromkreis sind Mindestabstände zwischen leitfähigen Teilen einzuhalten. Dabei sind die Trennabstände so zu wählen, dass eine eventuelle Verschiebung von Leitern und leitfähigen Teilen berücksichtigt ist. Fertigungstoleranzen dürfen solche Abstände nicht um mehr als 10 % bzw. 1 mm verringern. Dies hängt davon ab welcher der beiden Werte geringer ist. Aus Tabelle 5 der EN 60079-11: 2007 können die erforderlichen Trennabstände für verschiedene Isolationsarten (Luft, Verguss, feste Isolierung) in Abhängigkeit vom Spannungswert und des Schutzniveaus entnommen werden. Bei der Planung der eigensicheren Stromkreise für das SKG wurden die erforderlichen Trennabstände berücksichtigt. Die Fertigung des Gerätes wird mit hoher Präzision erfolgen, so dass auch die zulässigen Toleranzen eingehalten werden.

Bei der Konzipierung der Trennabstände muss das mögliche Auftreten von Kriechströmen (durch Feuchtigkeit oder Verschmutzung) berücksichtigt werden. Dadurch, dass die Messeinheit staubdicht gefertigt werden soll, kann das Auftreten von Kriechströmen ausgeschlossen werden.

Weiterhin sollen die Adern des eigensicheren oder des nicht eigensicheren Stromkreises mit einem geerdeten Schirm umgeben sein. Das gewählte Verbindungskabel Kap. 5.3.2.3 übernimmt diese Aufgabe. Adern des eigensicheren und nicht eigensicheren Stromkreises müssen dem Schutzniveau entsprechend voneinander getrennt sein. Diese Aufgabe

übernehmen die Betriebsmittel, die für den Neuaufbau des SKG 6 ausgewählt wurden (Abschnitte.5.3.2.1 und 5.3.2.2).

Die Durchschlagfestigkeit zwischen einem eigensicheren Stromkreis und dem Chassis des elektrischen Betriebsmittels oder anderen geerdeten Teilen muss unter den Anforderungen von Abschnitt 10.3 der EN 60079-11 einer Prüfspannung, die dem doppelten Wert des eigensicheren Stromkreises entspricht, standhalten. Wegen der geringen Spannungen ist ein Durchschlag nicht zu erwarten.

5.2.3 Funkenzündung durch elektrisch erzeugte Funken

Die Begrenzung der Funkenenergie, die eine Zündung in explosionsfähiger Atmosphäre verursachen kann, muss an jeder Stelle des Stromkreises, an der Unterbrechungen und Verbindungen auftreten können, beurteilt und/oder geprüft werden. Dabei darf es während der Funkenprüfung, unter den möglichen Fehlerbedingungen des Schutzniveaus, zu keiner Zündung kommen. Bei der Prüfung müssen die Szenarien ungestörter Betrieb und Fehlerbedingungen nachgebildet werden. Das Funkenprüfgerät wird an jeder Stelle in den Stromkreis geschaltet, an der das Auftreten einer Unterbrechung, eines Kurzschlusses oder eines Erdschlusses als möglich erachtet wird. Es ist nach Norm EN 60079-11 als internationales Standardprüfgerät eingeführt worden. Die Prüfkammer des Funkenprüfgerätes ist mit dem zündwilligsten Gemisch des Prüfgases mit Luft in den vorgeschriebenen Grenzen zu betreiben. Wie bereits in Abschnitt 5.1 erwähnt, müssen Stromkreise in Atmosphären mit brennbarem Staub mindestens den Anforderungen der Gruppe IIB entsprechen, weshalb mit Gas geprüft wird.

Eine Alternative zum Funkenprüfgerät wird durch die so genannten Zündgrenzkurven eröffnet. Ein Stromkreis muss nicht mit dem Funkenprüfgerät untersucht werden, wenn sich seine Werte mit den aufgenommenen Zündgrenzkurven nach EN 60079-11 ableiten lassen. Die Zündgrenzkurven sind nur für eigensichere Stromkreise gültig, die mit Quellen ohmscher Strombegrenzung ausgerüstet sind und zudem linearen Strom-Spannungs-Kennlinien entsprechen. Eine ohmsche Strombegrenzung wird beispielsweise durch Widerstände im Stromkreis gewährleistet.

Für die Beurteilung an Zündgrenzkurven sind die maximalen äußeren Werte der zugehörigen Betriebsmittel zu bestimmen, die im schlimmsten Fall im eigensicheren Stromkreis auftreten können. Diese äußeren Werte sind z. B. die Ausgangsspannung oder der Ausgangsstrom einer Spannungsquelle im Gerät (Betriebsmittel).

Beim Aufbau des SKG 6 Typ 17 wurden die Stromkreise so ausgerichtet, dass eine Beurteilung an Zündgrenzkurven möglich ist.

5.2.4 Thermische Zündung durch heiße Oberflächen

Eine thermische Zündung einer explosionsfähigen Staubatmosphäre durch das Gehäuse des Typs 17 kann aufgrund der Messergebnisse aus Abschnitt 4.4 und der Geräteeinordnung in T85°C ausgeschlossen werden.

5.3 Aufbau der Elektronik des SKG 6

5.3.1 Übersichtsschaltplan

Der Einfachheit halber wird die Zündschutzart Eigensicherheit am neuen SKG 6 mit zwei eigensicheren Stromkreisen umgesetzt. Das Gerät enthält einen eigensicheren Stromkreis zur Versorgung der Infrarotdiode TSAL 6200 (Sender) und der Fotodiode BPW 34 F (Empfänger) sowie einen weiteren für die Aufarbeitung des Empfängersignals.

Aus Abbildung 5.1 geht der grundsätzliche Aufbau der neuen Elektronik hervor. Vom alten Gerät SKG 5 wurden einige Teile übernommen. Darunter fällt die Platine für die Ausgabe bzw. Anzeige des Signals, welches von der Fotodiode kommt. Diese Platine ist mit „Empfänger alt“ in Abbildung 5.1 bezeichnet (siehe auch Abbildung 5.2, oben). Auch die Digitalanzeige („Anzeige“ in Abbildung 5.1) wird unverändert übernommen. Ebenso wird die Energieversorgung („Netzteil SKG 5“ in Abbildung 5.1) aus dem alten Gerät verwendet. Diese Platine speist alle nichteigensicheren Stromkreise mit ihren Verbrauchern, wie z. B. die Platine Empfänger alt und die Digitalanzeige. In Abbildung 5.2, Mitte ist die Platine Netzteil SKG 5 gezeigt.

Neu ist eine zusätzliche Spannungsversorgung („Netzteil Phoenix“ in Abbildung 5.1) zur Versorgung des Blocks „Sender/Empfänger neu“. Diese stellt eine Spannung von 24 V und einen maximalen Strom von 0,5 A zur Verfügung und sorgt gleichzeitig für eine galvanische Trennung des Blocks von der Netzspannung. In Abbildung 5.2, unten ist ein Foto dieses Bauteils zu sehen.

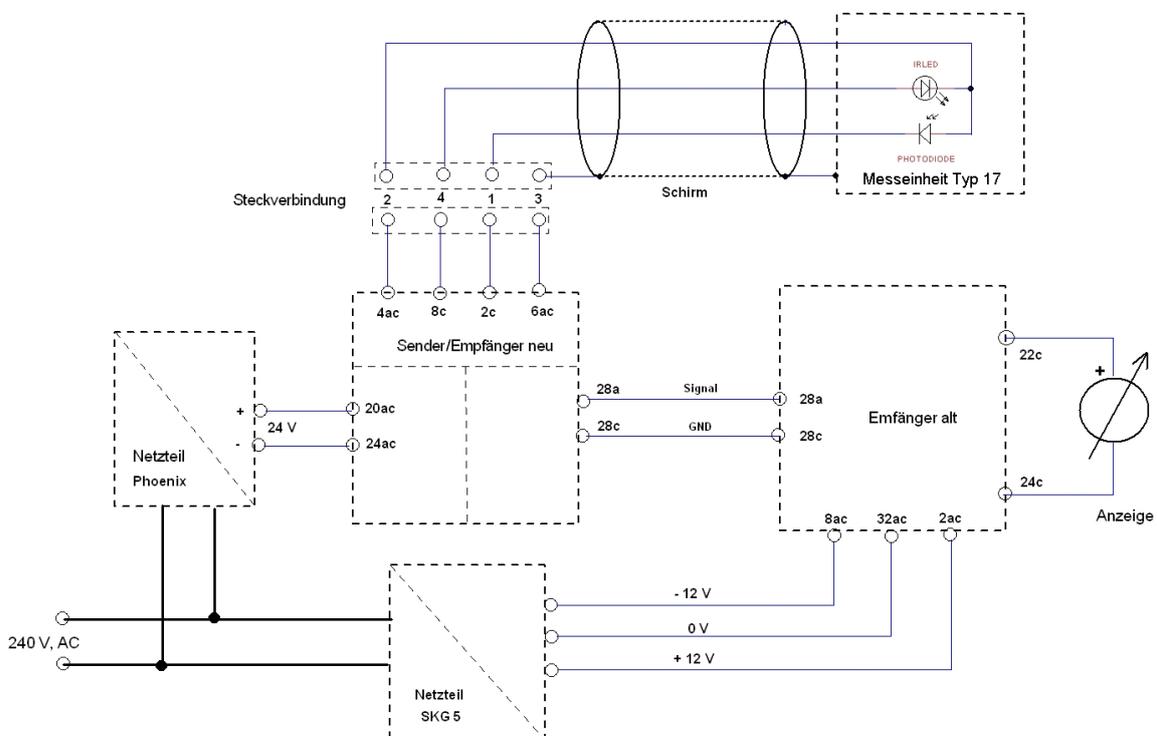


Abbildung 5.1: Übersichtsschaltplan des SKG 6.

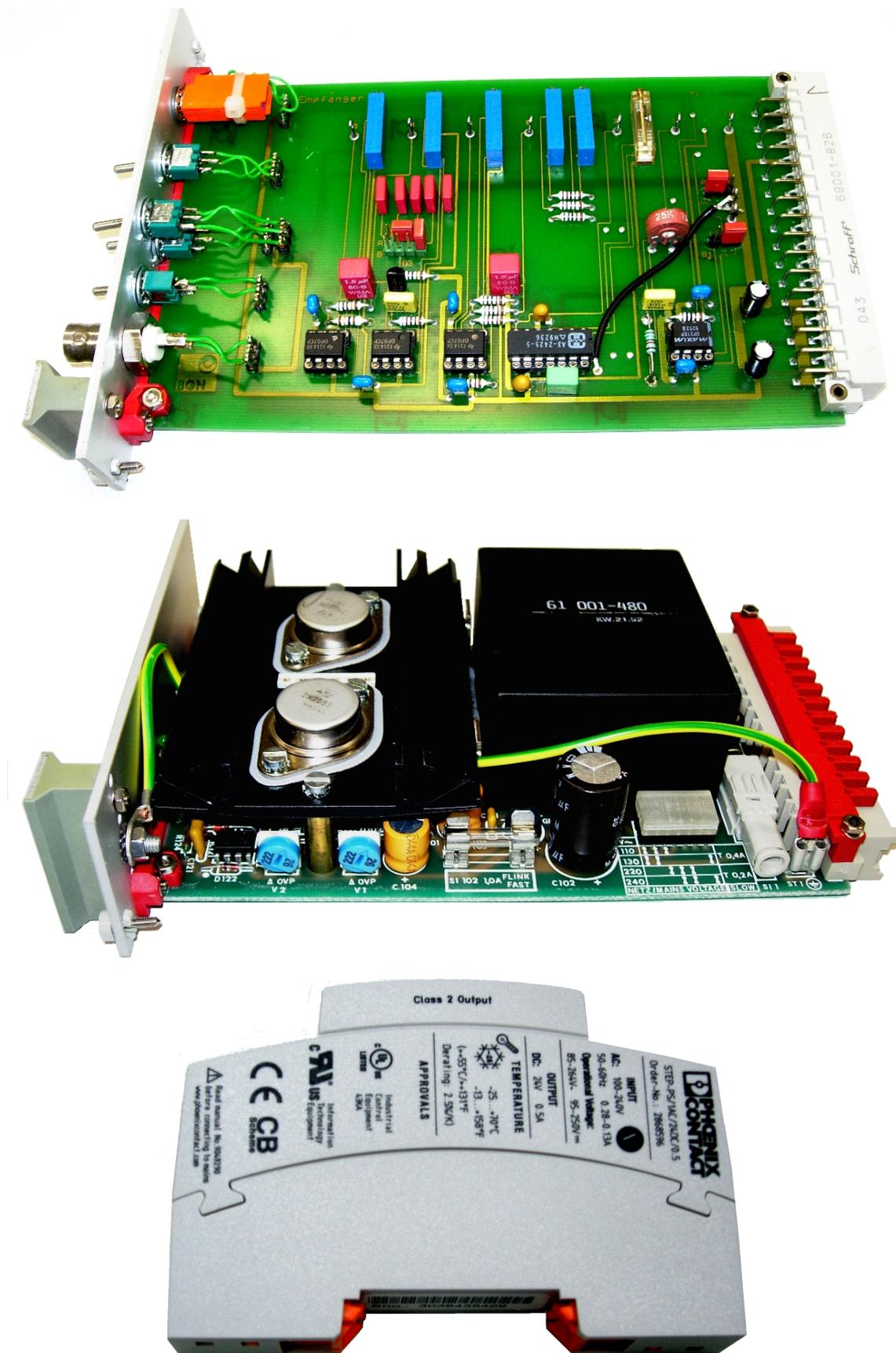


Abbildung 5.2: Platine „Empfänger alt“ (oben), Platine „Netzteil SKG 5“ (Mitte) und Spannungsversorgung „Netzteil Phoenix“ (unten).

Im Block „Sender/Empfänger neu“ sitzt die wesentliche Neuerung der SKG 6-Elektronik. Hier wurden spezielle Bauteile integriert (sogenannte zugehörige Betriebsmittel), die die Eigensicherheit der Stromkreise 1 und 2 sicherstellen.

Mit „Schirm“ ist das Verbindungskabel zwischen der Anzeige- und Steuereinheit des SKG 6 und der Messeinheit Typ 17 in Abbildung 5.1 bezeichnet. Dieses Kabel erfüllt die Anforderungen für eigensichere Stromkreise.

Der mit „Messeinheit Typ 17“ bezeichnete Block symbolisiert die neue Messeinheit. Auf deren Aufbau wird in Abschnitt 5.4 eingegangen.

5.3.2 Schaltplan der eigensicheren Stromkreise

Der Teil der Elektronik, der im vorigen Abschnitt mit „Sender/Empfänger neu“ bezeichnet wurde, wird hier nun detailliert beschrieben. Der Schaltplan dazu ist in Abbildung 5.3 gezeigt und im Anhang A noch mal vergrößert dargestellt.

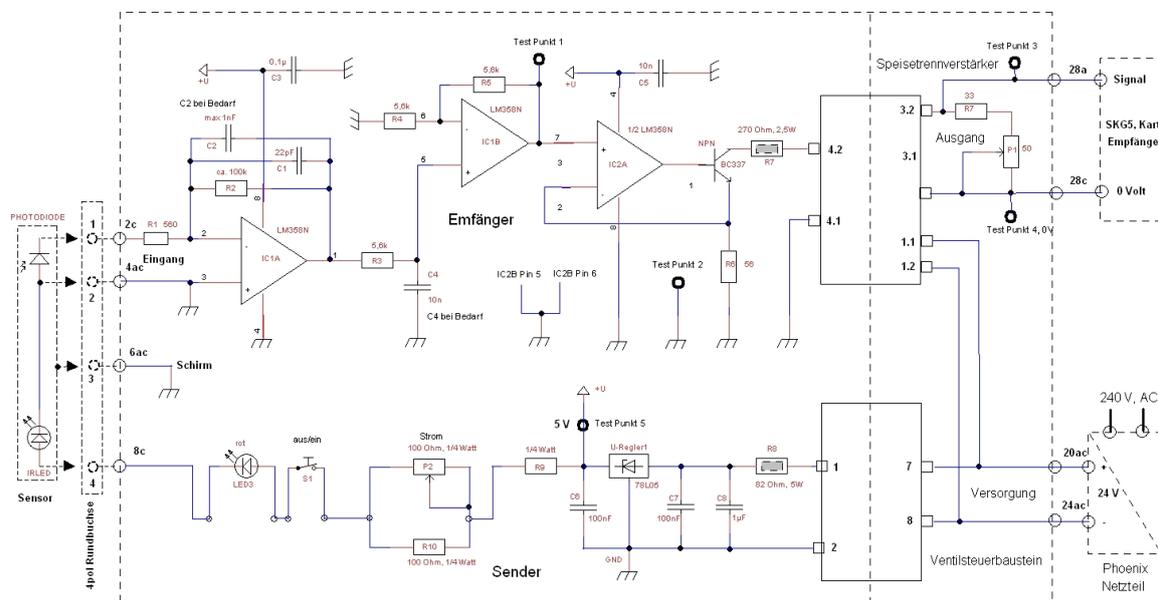


Abbildung 5.3: Detaillierter Schaltplan für die eigensicheren Stromkreise.

5.3.2.1 Eigensicherer Stromkreis 1

Der eigensichere Stromkreis 1 beinhaltet sämtliche Elemente des Schaltplanes, die an die linken Ausgänge des Ventilsteuerbausteins angeschlossen sind. Ausgenommen sind der Speisetrennverstärker, der Strombegrenzungswiderstand R7, der Widerstand R6 und der Transistor BC337 in der rechten oberen Ecke der Abbildung 5.3. Die Abtrennung zwischen eigensicherem und nicht eigensicherem Stromkreis übernimmt der Ventilsteuerbaustein KFD0-SD2-Ex1.10100 (Abbildung 5.4, links). Der Baustein besteht aus einer 1-kanaligen Trennbarriere und benötigt eine Versorgungsspannung von 24 VDC. Die Barriere garantiert eine Strombegrenzung von 100 mA bei 10 VDC. Zusätzlich ist im Gerät eine galvanische Trennung untergebracht. An den Baustein dürfen eigensichere Stromkreise, die in Zone 0 und 20 führen, angeschlossen werden.



Abbildung 5.4: Ventilsteuerbaustein KFD0-SD2-Ex1.10100 der Firma Pepperl+Fuchs (links) und Infrarotdiode TSAL 6200 (rechts).

Der Ventilsteuerbaustein und ein Strombegrenzungswiderstand R8 sorgen für die Einhaltung der Eigensicherheitsbedingungen. Der Kondensator C8 dient der groben Glättung der Spannung nach R8. Die Feinglättung übernimmt C7. Mit der geglätteten Spannung wird der Spannungsregler U-Regler1 versorgt, der eine konstante Spannung von 5 V erzeugt. Die Ausgangsspannung dieses Reglers ist für die Speisung der Infrarotdiode vorgesehen und für die Versorgung der Operationsverstärker IC1A, IC1B und IC2A. Kondensator C6 glättet das Signal im Anschluss an den U-Regler1 nochmals. Mit Hilfe des Potentiometers P2 und dem parallel geschalteten Widerstand R10 wird der Strom durch die LED3 und die Infrarotdiode IRLED im Bereich von 30 mA bis 50 mA geregelt. Sobald das Potentiometer P2 auf Stellung $0\ \Omega$ ist, sorgt der vorgeschaltete Widerstand R9 für eine Strombegrenzung durch die Leuchtdioden. Die rote Leuchtdiode LED3 zeigt an, ob die Infrarotdiode in Betrieb ist. Ihre Helligkeit bietet die Möglichkeit, die Stromstärke abzuschätzen. Der Schalter S1 dient dazu, den Stromkreis von außen unterbrechen zu können.

Der Operationsverstärker IC1A wandelt das schwache Stromsignal der Fotodiode in ein Spannungssignal um. Die Kondensatoren C1 und C2 sollen Störungen im Messsignal beseitigen. Der Widerstand R2 bestimmt die Höhe der Ausgangsspannung von IC1A. Der Kondensator C4 bildet zusammen mit dem Widerstand R3 einen Tiefpass, der hohe Frequenzen aus dem Signal filtert. Der Operationsverstärker IC1B wird als invertierender Verstärker eingesetzt. Der Verstärkungsfaktor V am Ausgang von IC1B ergibt sich aus dem Verhältnis der Widerstände R4 und R5 zu

$$V = 1 + \frac{R5}{R4} = 1 + \frac{5.600}{5.600} = 2 \quad (5.1)$$

Bei maximaler Beleuchtung der Fotodiode soll am Ausgang von IC1B ein Spannungssignal in Höhe von 1 V anstehen.

5.3.2.2 Eigensicherer Stromkreis 2

Im eigensicheren Stromkreis 2 wird das Spannungssignal, welches vom Operationsverstärker IC2A und damit von der Fotodiode kommt, durch den Transistor BC337 in ein Stromsignal von 0 mA (keine Lichtleistung) bis 20 mA (maximale Lichtleistung) umgewandelt. Als Stromquelle für den Transistor dient der Speisetrennverstärker. Der Widerstand R7 soll verhindern, dass am Transistor ein übermäßiger Strom in den eigensicheren Stromkreis gelangen kann. Im Speisetrennverstärker wird der ankommende Strom digitalisiert, über Optokoppler galvanisch getrennt, zum Ausgang übertragen und dort wieder in einen Strom gleicher Höhe gewandelt. Der Speisetrennverstärker ist so konzipiert, dass Stromkreise, die aus Zone 0 oder 20 kommen, an ihn angeschlossen werden dürfen.

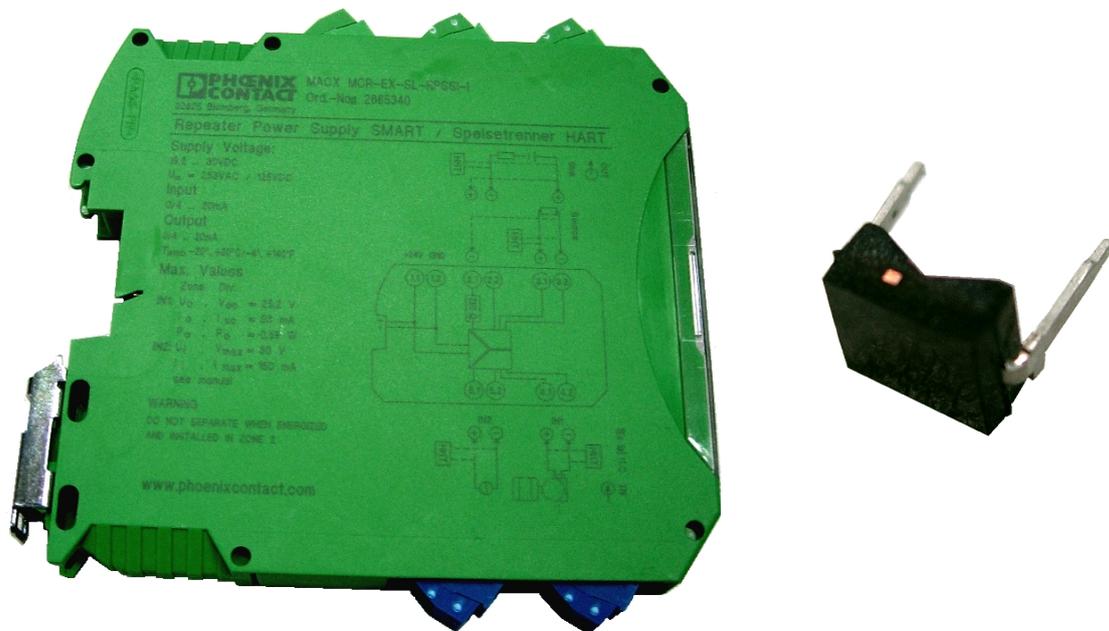


Abbildung 5.5: Speisetrennverstärker MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I (links) und Fotodiode BP 34 F (rechts)

5.3.2.3 Verbindungsleitung der eigensicheren Stromkreise

Ein dreiadriges Kabel (Abbildung 5.6) wird als Verbindung zwischen Messeinheit Typ 17 und Anzeige- und Steuereinheit SKG 6 verwendet und stellt somit die Verbindung zwischen der Infrarot- und Fotodiode und dem Schaltblock „Sender/Empfänger neu“ her. Eine Ader dient der Spannungsversorgung der Infrarotdiode TSAL 6200. Eine weitere Ader leitet das Ausgangssignal der Fotodiode an den Eingang des Operationsverstärkers IC1A. Die dritte Ader bildet den 0-Leiter für beide Stromkreise. Die

Schirmung verhindert eine elektromagnetische Beeinflussung der Stromkreise durch beispielsweise nahe gelegene Starkstromkreise und sorgt auch für eine Trennung der Stromkreise untereinander. Der verwendete Kabeltyp Ölflex EB CY der Firma LAPP Kabel aus Stuttgart ist für den Einsatz in eigensicheren Stromkreisen vorgesehen. Der Kabelmantel hat deshalb die für eigensichere Stromkreise genormte hellblaue Farbe. Der Kabeltyp ist nach DIN EN 60079-14 genormt und erfüllt die Voraussetzungen, um allgemein im explosionsgefährdeten Bereich eingesetzt werden zu dürfen.



Abbildung 5.6: Kabel Ölflex EB CY der Firma LAPP Kabel mit hellblauer Signalfarbe.

5.3.3 Sicherheitsbetrachtungen

5.3.3.1 Innere und äußere Werte im eigensicheren Stromkreis

Einfache eigensichere Stromkreise verfügen über ein *zugehöriges* Betriebsmittel (z. B. Ventilsteuerbaustein), an dem sie angeschlossen sind. *Eigensichere* Betriebsmittel sind die Verbraucher im eigensicheren Stromkreis (z. B. Infrarot- und Fotodiode). Beide eigensicheren Stromkreise sind nach diesem Konzept aufgebaut. Für solche Stromkreise sind allgemeine Regeln einzuhalten.

Die sogenannten zulässigen äußeren Werte sind Spannungs-, Strom-, Kapazitäts-, Induktivitäts- und Leistungsangaben, die man den ATEX-Baumusterprüfbescheinigungen der zugehörigen Betriebsmittel, also z. B. dem Ventilsteuerbaustein, entnehmen kann. Sie sind mit dem Index 0 gekennzeichnet: U_0 , I_0 , C_0 , L_0 und P_0 . Eine ATEX Baumusterprüfbescheinigung ist für alle Teile einzuholen, von denen die Eigensicherheit abhängt.

Die sogenannten inneren Werte ergeben sich aus den technischen Daten und Betriebsbedingungen der elektrischen Elemente im eigensicheren Stromkreis. Sie tragen den Index i : U_i , I_i , C_i , L_i und P_i .

Die äußeren Werte des zugehörigen Betriebsmittels sind mit den inneren Werten der eigensicheren Betriebsmittel zu vergleichen. Es muss gelten:

$$\begin{aligned}
 C_0 &\geq C_i + C_{i,K} \\
 L_0 &\geq L_i + L_{i,K} \\
 I_0 &\leq I_i \\
 U_0 &\leq U_i \\
 P_0 &\leq P_i
 \end{aligned}
 \tag{5.2}$$

Die Größen $C_{i,K}$ und $L_{i,K}$ in (5.2) sind die Kapazität und die Induktivität des eigensicheren Verbindungskabels. Die Regeln (5.2) sind der besseren Anschaulichkeit wegen nochmals in Abbildung 5.7 grafisch dargestellt.

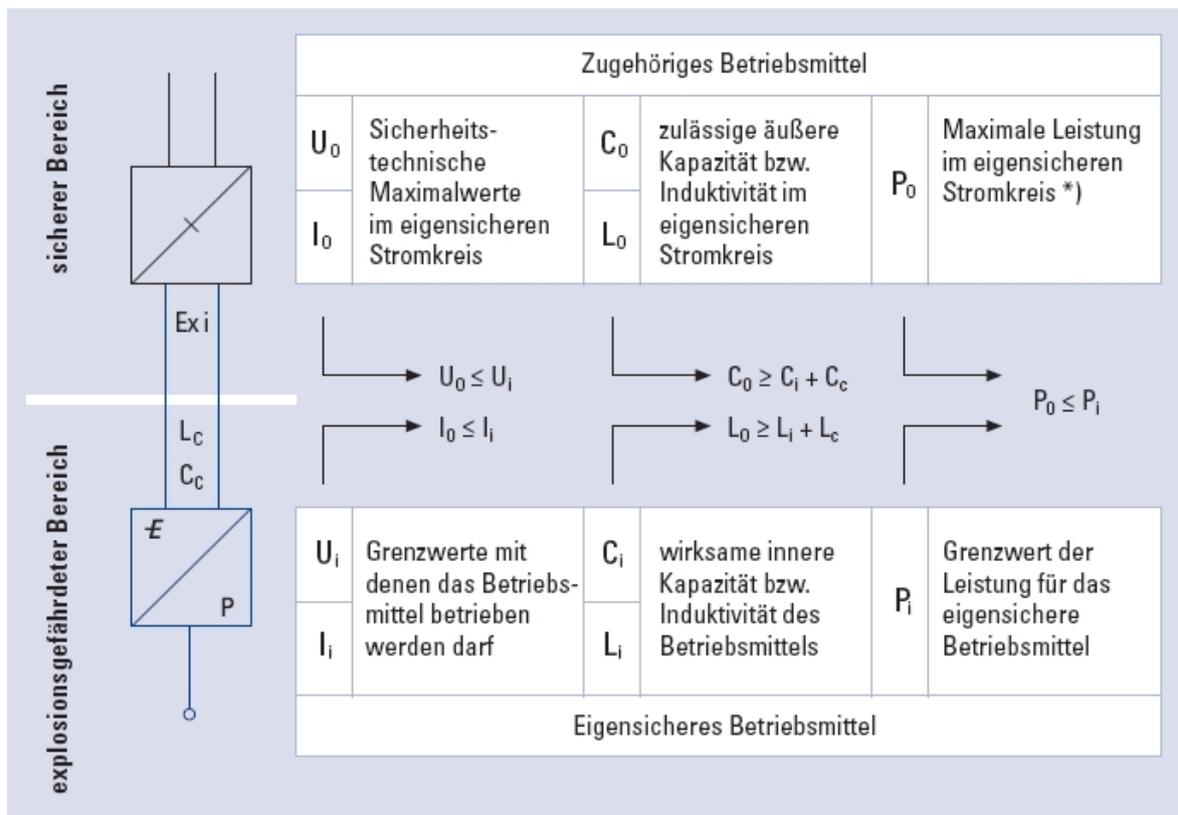


Abbildung 5.7: Regeln für die inneren und maximal zulässigen äußeren Werte bei eigensicheren Stromkreisen.

5.3.3.2 Prüfung von Spannung und Strom

Aus den ATEX-Baumusterprüfbescheinigungen des Ventilsteuerbausteins und des Speisetrennverstärkers gehen die maximal zulässigen äußeren Werte hervor. Diese sind in Tabelle 5.1 aufgelistet.

Auf die Prüfung von Spannung und Strom hinsichtlich Gültigkeit von (5.2) wird an dieser Stelle verzichtet, weil diese Bedingungen durch die Auswahl der Bauteile und Einbringung der Strombegrenzungswiderstände R7 und R8 sicher eingehalten werden [4].

5.3.3.3 Prüfung der Leistung

Dass die Bedingung (5.2) für die Leistung leicht eingehalten wird, zeigt allein schon die Betrachtung für die Dioden und wichtigen Widerstände im eigensicheren Stromkreis. In Tabelle 5.2 sind diese Teile und die zugehörigen Leistungen zusammengestellt. Die innere Leistung im eigensicheren Stromkreis 1 berechnet sich folgendermaßen.

$$P_{i,1} = P_{IR} + P_F + \sum_{i=R1}^{R5} P_i + \sum_{i=R8}^{R10} P_i = 0,16 + 0,15 + 1,25 + 5,5 = 7,06 \text{ W} \quad (5.3)$$

Zugehöriges Betriebsmittel	Ventilsteuerbaustein	Speisetrennverstärker
Ausgangsspannung U_0	17 V	25,2 V
Ausgangsstrom I_0	271 mA	93 mA
Ausgangsleistung P_0	1.152 mW	587 mW
Maximale äußere Kapazität C_0	2,2 μ F	0,82 μ F
Maximale äußere Induktivität L_0	1,93 mH	4 mH
Induktivität/Widerstand L_0/R_0	0,123 mH/ Ω	-

Tabelle 5.1: Maximal zulässige äußere Werte der zugehörigen Betriebsmittel Ventilsteuerbaustein und Speisetrennverstärker.

Das Ergebnis von (5.3) und der P_0 -Wert aus Tabelle 5.1 eingesetzt in (5.2) ergibt

$$1,152 \text{ W} \leq 7,06 \text{ W} \quad (5.4)$$

P_{IR}	P_{F}	$P_{\text{R1-R6}}$	P_{R7}	P_{R8}	$P_{\text{R9-R10}}$
0,16 W	0,15 W	0,25 W	2,5 W	5,0 W	0,25 W

Tabelle 5.2: Leistungen der Infrarot- und Fotodiode sowie der wichtigen Widerstände im eigensicheren Stromkreis.

5.3.3.4 Prüfung der Induktivität

Die Induktivitäten der Widerstände, Kondensatoren, Operationsverstärker, Dioden, des Spannungsreglers und des Transistors in Abbildung 5.1 sind vernachlässigbar klein. Sie ergeben zusammen weniger als 1 % des L_0 -Wertes vom Ventilsteuerbaustein [4]. Aus diesem Grund muss lediglich geprüft werden, ob die innere Induktivität des Verbindungskabels $L_{i,K}$ kleiner ist als die L_0 des Ventilsteuerbausteins und des Speisetrennverstärkers. Unter Einsatz der spezifischen Induktivität des Kabels $l_{i,K} = 0,65 \text{ mH/km}$ ergibt sich für das geplante Kabel von $l_K = 10 \text{ m}$ Länge:

$$L_{i,K} = l_{i,K} \cdot l_K = 6,5 \mu\text{H} \quad (5.5)$$

Setzt man 1 % der in Tabelle 5.1 angegebenen Induktivitäten als innere Induktivitäten der Bauteile in den eigensicheren Stromkreisen an und setzt diese zusammen mit der Induktivität des Kabels in (5.2) ein, folgt für Stromkreis 1 (oben) und 2 (unten):

$$\begin{aligned} 1.930 \mu\text{H} &\geq 19,3 \mu\text{H} + 6,5 \mu\text{H} = 25,8 \mu\text{H} \\ 4.000 \mu\text{H} &\geq 6,5 \mu\text{H} \end{aligned} \quad (5.6)$$

Die Bedingung (5.2) gilt also für die Induktivitäten.

5.3.3.5 Prüfung der Kapazität

Da sich im eigensicheren Stromkreis 2 keine Kapazitäten befinden, entfällt diese Prüfung.

Im Stromkreis 1 befinden sich die Infrarotdiode, die Fotodiode und die Kondensatoren C1 bis C8. Die Kapazitätswerte entnimmt man aus Tabelle 5.3.

C_{IR}	C_{F}	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
25 pF	72 pF	22 pF	1 nF	100 nF	10 nF	10 nF	100 nF	100 nF	1 μF

Tabelle 5.3: Kapazitäten im eigensicheren Stromkreis 1. C_{IR} symbolisiert die Kapazität der Infrarotdiode, C_{F} diejenige der Fotodiode.

Damit folgt für die gesamte innere Kapazität $C_{i,1}$ der genannten Bauteile im eigensicheren Stromkreis 1 bei Vernachlässigung der Kapazitäten der Widerstände, der Operationsverstärker, der LED3 und des U-Reglers1:

$$C_{i,1} = C_{\text{IR}} + C_{\text{F}} + \sum_{i=1}^8 C_i = 1,3211 \mu\text{F} \quad (5.7)$$

Zu dieser Kapazität muss nun noch die Kapazität des Verbindungskabels $C_{i,K}$ addiert werden, bevor die Überprüfung gemäß (5.2) erfolgen kann.

Das Kabel verfügt über drei Adern und einen Schirm. Es sind dabei Kapazitäten zwischen den Adern untereinander und zwischen jeder einzelnen Ader und dem Schirm zu berücksichtigen. Die spezifische Kapazität zwischen 2 Adern beträgt $c_{A,A} = 135 \text{ nF/km}$, die zwischen Ader und Schirm $c_{A,S} = 185 \text{ nF/km}$. Die spezifische Kapazität des Kabels ist also

$$c_{i,K} = 3 \cdot (c_{A,A} + c_{A,S}) = 960 \text{ nF/km} \quad (5.8)$$

Für eine Kabellänge von 10 m folgt:

$$C_{i,K} = c_{i,K} \cdot l_K = 9,6 \text{ nF} \quad (5.9)$$

Die Ergebnisse von (5.7) und (5.9) eingesetzt in (5.2) ergeben:

$$2.200 \text{ nF} \geq 1.321 \text{ nF} + 9,6 \text{ nF} = 1.330,7 \text{ nF} \quad (5.10)$$

Bedingung (5.2) ist also auch für die Kapazitäten erfüllt.

5.3.3.6 Prüfung des Verhältnisses Induktivität/Widerstand

Abschließend muss nach DIN EN 60079-14 geprüft werden, ob auch die Bedingung

$$\frac{L_0}{R_0} \geq \frac{L_{i,K}}{R_{i,K}} \quad (5.11)$$

erfüllt ist, wobei die Werte mit dem Index i,K für das Verbindungskabel stehen. Für den Stromkreis 2 entfällt diese Prüfung, da beim Speisetrennverstärker eine entsprechende Angabe fehlt [16]. Die Bedingung (5.11) muss nur dann in dieser Form abgeprüft werden, wenn für die gesamte innere Kapazität C_i gilt

$$C_i \geq C_0 \cdot 0,01 \quad (5.12)$$

und wenn gleichzeitig für die gesamte innere Induktivität

$$L_i \geq L_0 \cdot 0,01 \quad (5.13)$$

nicht gilt. Ist dies nicht der Fall, ist die Prüfung nach DIN EN 60079-25 vorzunehmen. Da gemäß Abschnitt 5.3.3.4 die inneren Induktivitäten im eigensicheren Stromkreis 1 sehr klein sind, ist (5.13) nicht erfüllt.

Es ist nun festzustellen, ob (5.12) eingehalten wird. Mit der inneren Gesamtkapazität des eigensicheren Stromkreises 1 gemäß (5.10) und C_0 aus Tabelle 5.1 ergibt sich

$$\frac{C_{i,K}}{C_0} = \frac{1.330,7}{2.200} = 0,6 \geq 0,01 \quad (5.14)$$

Folglich muss nach Bedingung (5.11) geprüft werden.

Für das Verbindungskabel kann das Verhältnis $L_{i,K}/R_{i,K}$ direkt durch Quotientenbildung der spezifischen Kabelwerten $l_{i,K}$ und $r_{i,K}$ bestimmt werden, da sich die Längeneinheit heraus kürzt. Die Werte für $l_{i,K}$ und $r_{i,K}$ wurden dem Datenblatt des Kabels entnommen. Es folgt für Stromkreis 1 mit L_0/R_0 aus Tabelle 5.1:

$$\frac{L_0}{R_0} = 123 \frac{\mu\text{H}}{\Omega} \geq \frac{l_{i,K}}{r_{i,K}} = \frac{650 \mu\text{H}/\text{km}}{250 \Omega/\text{km}} = 2,6 \frac{\mu\text{H}}{\Omega} \quad (5.15)$$

Die Vorgabe (5.11) wird problemlos eingehalten.

5.3.3.7 Prüfung auf Zündfunkenentstehung

Für die Eigensicherheit des SKG 6 muss der Nachweis erbracht werden, dass keine zündfähigen Funken in den eigensicheren Stromkreisen entstehen können. Nach Abschnitt 5.2.3 können einfach überschaubare Stromkreise anhand der Zündgrenzkurven nach DIN EN 60079-11 beurteilt werden. Die Bilanzierung erfolgt an der ohmschen, induktiven und kapazitiven Zündgrenzkurve. Stäube sind, wie bereits mehrfach erwähnt, nach Explosionsgruppe IIB zu beurteilen. Generell erfolgt der Nachweis der Eigensicherheit in zwei Schritten:

1. Es muss geprüft werden, ob die Stromversorgung (das zugehörige Betriebsmittel) selbst eigensicher ist. Diese Prüfung ist an der ohmschen Zündgrenzkurve durchzuführen.
2. Der Stromkreis muss in Bezug auf seine Lasten auf Eigensicherheit geprüft werden. Je nach Art des Stromkreises, ist die induktive oder kapazitive Zündgrenzkurve zu verwenden.

5.3.3.7.1 Prüfung der zugehörigen Betriebsmittel

Im Diagramm der ohmschen Zündgrenzkurve aus DIN EN 60079-11 (Abbildung 5.8) ist die Quellenspannung U (V) gegen den Mindestzündstrom I (A) aufgetragen. Als Quellenspannung ist die höchstmögliche Spannung, die in einem Stromkreis auftreten kann, einzusetzen. Im Fall des Stromkreise 1 und 2 ist dies der maximal zulässige äußere Wert U_0 (Tabelle 5.1) vom Ventilsteuerbaustein und Speisetrennverstärker. Es gilt die Kurve für die Explosionsgruppe IIB. Der als Zündstrom abgelesene Wert muss, multipliziert mit dem Sicherheitsfaktor $S = 1,5$ (siehe Abschnitt 5.2), größer oder gleich sein als der maximal zulässige äußere Strom I_0 der Betriebsmittel:

$$\begin{aligned} 2,77 \text{ A} &\geq 0,271 \text{ A} \cdot 1,5 = 0,407 \text{ A} \\ 0,65 \text{ A} &\geq 0,093 \text{ A} \cdot 1,5 = 0,14 \text{ A} \end{aligned} \quad (5.16)$$

Der Ventilsteuerbaustein und Speisetrennverstärker sind also für den Einsatz als zugehörige Betriebsmittel in den eigensicheren Stromkreisen 1 und 2 geeignet.

5.3.3.7.2 Prüfung der Stromkreise

Da der Stromkreis 1 fast ausschließlich kapazitive Elemente beinhaltet, erfolgt die Prüfung an der kapazitiven Zündgrenzkurve. Stromkreis 2 beinhaltet kaum kapazitive und induktive Elemente, weshalb kein Nachweis erforderlich ist. Beim Nachweis für den Stromkreis 1 mit der kapazitiven Zündgrenzkurve wird ähnlich verfahren wie in Abschnitt 5.3.3.7.1. Die maximal mögliche Spannung im eigensicheren Stromkreis 1, also der maximal zulässige äußere Wert U_0 des Ventilsteuerbausteins, wird mit dem Sicherheitsfaktor $S = 1,5$ und an der Abszisse der kapazitiven Zündgrenzkurve (Abbildung 5.9) angesetzt. Es gilt wieder die Kurve für die Explosionsgruppe IIB. Die abgelesene zugehörige Kapazität muss größer oder gleich der maximal zulässigen äußeren Kapazität vom Ventilsteuerbaustein sein:

$$2,45 \mu\text{F} \geq 2,2 \mu\text{F} \quad (5.17)$$

Für den Stromkreis 1 ist die Bedingung (5.17) erfüllt.

5.3.3.7.3 Prüfung der Leistung

Auch die maximal zulässige Leistung der Stromkreise ist mit einem Sicherheitsfaktor von 1,5 zu multiplizieren. Dieser Leistungswert wird zwar nicht für die Überprüfung an den Zündgrenzkurven benötigt, dient jedoch zur Dimensionierung von Bauteilen in den Stromkreisen.

In Tabelle 5.4 sind alle relevanten sicherheitstechnischen Maximalwerte für die beiden eigensicheren Stromkreise 2 zusammengestellt.

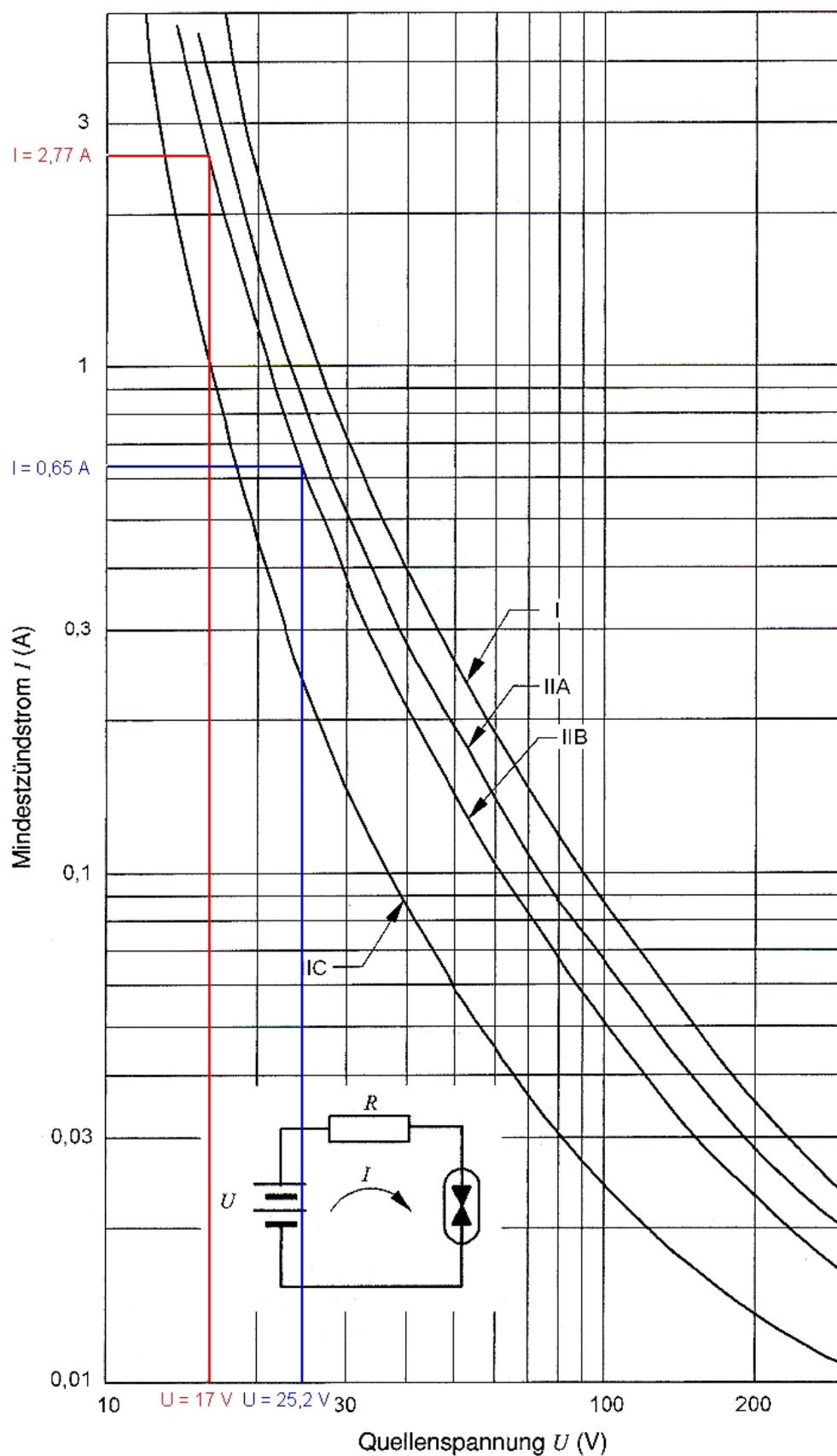


Abbildung 5.8: Ohmsche Zündgrenzkurve aus DIN EN 60079-11: 2007.

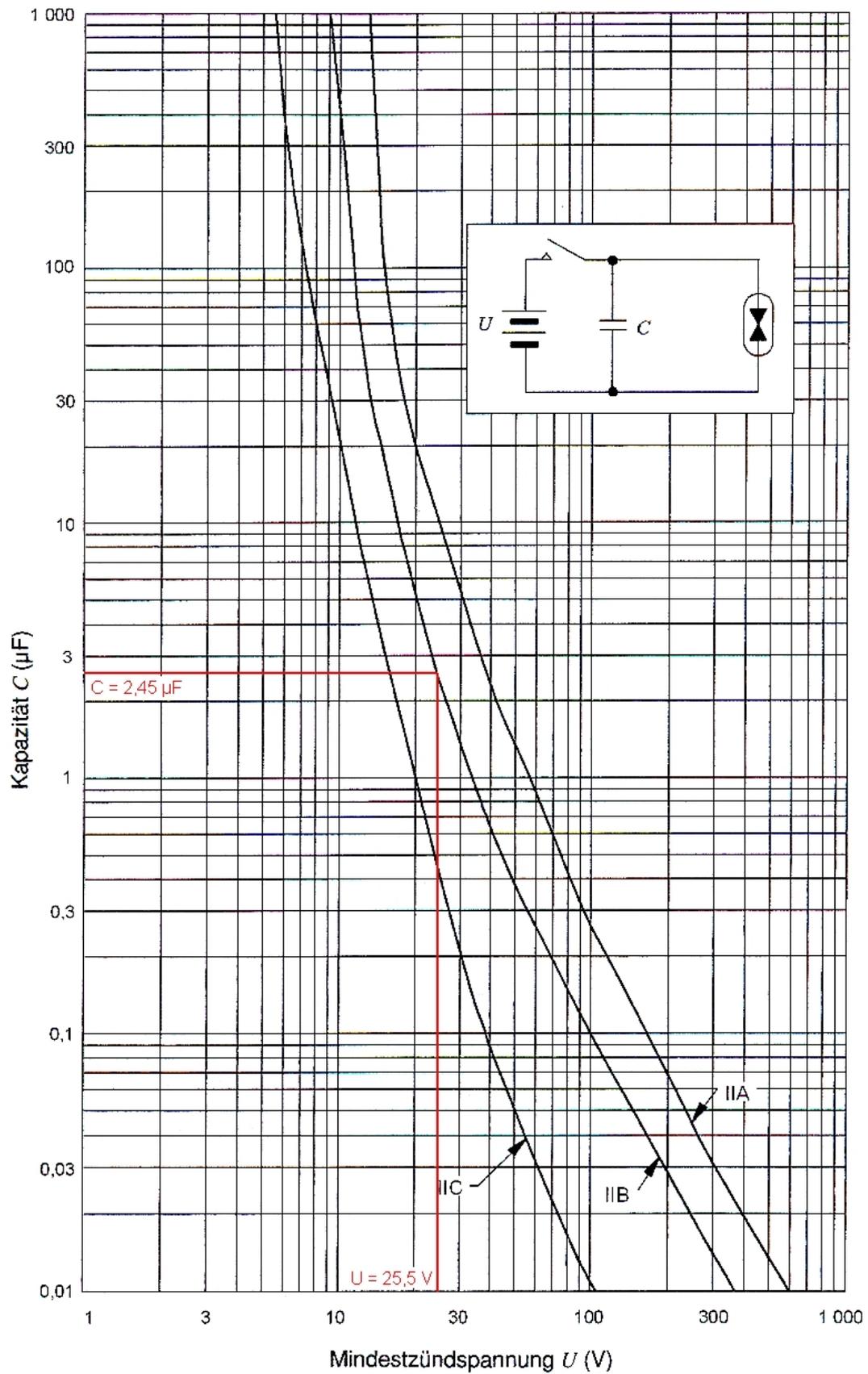


Abbildung 5.9: Kapazitive Zündgrenzkurve aus DIN EN 60079-11: 2007.

Zugehöriges Betriebsmittel	Ventilsteuerbaustein	Speisetrennverstärker
Mindestzündspannung $U_{i,S}$	25,5 V	37,8 V
Mindestzündstrom $I_{i,S}$	406,5 mA	139,5 mA
Maximale Leistung $P_{i,S}$	1.728 mW	880,5 mW

Tabelle 5.4: Sicherheitstechnische Maximalwerte für die eigensicheren Stromkreise.

5.4 Aufbau des Typs 17

Die Ziele, die beim Aufbau des Typs 17 erreicht werden sollten, wurden in Abschnitt 1.2 definiert. In erster Linie waren das die Optimierung der Kabelführung und Verringerung der Zahl der Schrauben, die bei der Variation der Messvolumenbreite geöffnet und geschlossen werden müssen. Dadurch sollte eine verbesserte Handhabung der Messeinheit erreicht werden. Dabei war zu beachten, dass die Zündschutzart Eigensicherheit hierdurch möglichst praktikabel umgesetzt wird.

5.4.1 Kabelanschluss

Im ersten Schritt musste eine geeignete Kabelzuführung in die Messeinheit gefunden werden. Wird ein Kabel in den explosionsgefährdeten Bereich geführt, muss bei dem Anschluss an das Betriebsmittel darauf geachtet werden, dass die gewählte Zündschutzart nicht außer Kraft gesetzt wird. Stecker und Steckdosen sind in Bereichen mit Geräteschutzniveau Da, d. h. in der staubexplosionsgefährdeten Zone 20, nicht zulässig (Abschnitt 5.1). In diesem Fall ist das Anschlusssystem einer Kabelverschraubung zu wählen.

Kabelverschraubungen gehören zur Gruppe der Kabelleitungseinführungen (KLE). Eine sehr wichtige Angabe für KLE ist der Mindestdurchmesser des Kabels, für den die Einführung geeignet ist. Dieser vom Hersteller anzugebende Grenzwert ist vom Betreiber keinesfalls zu unterschreiten. Sobald in einem Kabel mehrere eigensichere Stromkreise vorhanden sind und ein Bruch eine unkontrollierte Zusammenschaltung bewirken könnte, ist die Kabelzugprüfung anzuwenden. Dabei ist mindestens eine Kraft von 30 N über den Zeitraum einer Stunde, in Richtung der Kabeleinführung in das elektrische Betriebsmittel, aufzubringen. Während und nach der Kabelzugprüfung darf es keine Verschiebung des Kabelmantels oder andere sichtbare Veränderungen an den Kabelanschlüssen geben.

Eine umfangreiche Recherche im Internet förderte zwei Kabelverschraubungstypen zu Tage. Je zwei Stück eines Typs wurden beschafft, um sie auf Eignung zu untersuchen.

5.4.1.1 Kabelverschraubung SKINTOP

Eine der gewählten Verschraubungen ist die SKINTOP KR-M ATEX plus blau der LAPP-Group, von der auch schon das verwendete Verbindungskabel stammt. In Abbildung 5.10 ist diese Kabelverschraubung gezeigt. Die Verschraubung trägt die Kenn-

zeichnung Ex II 1D A20 IP6X und ist dabei mit der charakteristischen hellblauen Farbe für eigensichere Stromkreise ausgeführt. Sie besteht aus dem Material Polyamid. Die Bezeichnung sagt aus, dass sie generell für Geräte der Gerätegruppe II, die in explosionsfähiger Gas- und Staubatmosphäre installiert sind, eingesetzt werden darf. Für Staubatmosphären ist ein Anschluss an Geräte der höchsten Gerätekategorie 1D genehmigt. Sie gewährleistet zudem eine Abdichtung gegen das Eindringen von Staubatmosphäre in das Gehäuse durch die Zündschutzart Ex tD. Die absolute Staabdichtigkeit wird mit der IP-Schutzart IP6X untermauert. Die wichtigste Aussage steckt in der Bezeichnung A20, welche einen Einsatz in Zone 20 erlaubt.



Abbildung 5.10: Kabelverschraubung SKINTOP KR-M ATEX plus blau.

5.4.1.2 Kabelverschraubung HSK

Die Verschraubung HSK-MZ-PVDF-Ex der Hummel GmbH besteht aus vernickeltem Messing und hat die Ex-Kennzeichnung II 2G 1D (Abbildung 5.11). Die Gerätegruppe und Gerätekategorie sind identisch der vorherigen Verschraubung. Aus dem Datenblatt kann zusätzlich die Gehäuseschutzart IP68 entnommen werden. Neben Staabdichtigkeit ist eine absolute Abdichtung gegenüber Feuchtigkeit gewährleistet. Die Kabelverschraubung ist für die Zündschutzart „Erhöhte Sicherheit Ex e“ ausgerichtet und ist somit nicht für Zone 20 vorgesehen.



Abbildung 5.11: Kabelverschraubung HSK-MZ-PVDF-Ex.

5.4.1.3 Auswahl der Kabelverschraubung

Im Folgenden werden die Vor- und Nachteile beider Kabelverschraubungen erörtert und eine Auswahl getroffen.

Die Vorteile bei der SKINTOP-Verschraubung sind, dass sie über einen Reduzierungs-Dichteinsatz verfügt, um Kabel mit kleinerem Außendurchmesser abzudichten. Weiterhin ist sie für Zone 20 zugelassen und trägt deshalb die blaue Farbe für eigensichere Stromkreise.

Diesen Vorteilen stehen die gewichtigen Nachteile gegenüber, dass die Verschraubung einen großen Gewindedurchmesser von M16 aufweist. Aufgrund des Fertigungsmaterials Polyamid ist die Verschraubung relativ instabil. Das Festklemmen des Kabels wird durch Anziehen der Überwurfmutter bewirkt. Bei Lockerung der Mutter kann das Kabel in der Verschraubung rutschen!

Die Vorteile des HSK liegen zum einen in einem kleineren Gewindedurchmesser von M12. Zum anderen bietet das Fertigungsmaterial Messing eine hohe Stabilität. Das Kabel wird mit Hilfe von zwei Schrauben und gebogenen Backen fest eingeklemmt und kann nicht mehr verrutschen.

Der Nachteil des HSK ist, dass es nicht für einen Einsatz in Zone 20 vorgesehen ist. Weiterhin verfügt es nicht über einen Reduzierungs-Dichteinsatz, um Kabel mit kleinerem Außendurchmesser abzudichten.

Weil die Zündschutzart Eigensicherheit gewählt wurde und die Kabelverschraubung ein Kabel eines eigensicheren Stromkreises in den Typ 17 führen soll, ist eine Zulassung für Zone 20 nicht notwendig [16]. Da das ausgewählte Kabel genau in das HSK passt, ist ein Reduzierungs-Dichteinsatz nicht notwendig. Von [17] wurde empfohlen, keine Kabelverschraubung aus Kunststoff zu wählen, wenn das Gehäuse des Typs 17 aus Metall gefertigt ist. Da der Typ 17 möglichst klein sein soll, ist das Gewinde M16 beim SKINTOP von Nachteil. Die wesentlich festere Kabelklemmung beim HSK war der letzte Punkt, der den Ausschlag dazu gab, diese Kabelverschraubung auszuwählen.

5.4.2 Überlegungen zum prinzipiellen Aufbau des Typs 17

Die Erfahrungen mit dem Typ 15 zeigten, dass es schwierig ist, die optische Achse bei Verwendung eines 180°-Umlenkprismas exakt zu halten [2, 3, 6, 7]. Deshalb wurde beim Aufbau des Typs 16 auf das Umlenkprisma verzichtet. Dadurch wurde der Typ 16 länger als der Typ 15 und es wurde notwendig, Kabel vom Gehäuse des Senders zum Gehäuse des Empfängers zu führen (Abbildungen 2.5 und 2.6). Die Kabel wurden im Inneren des Steges geführt, auf dem beide Gehäuse sitzen. Diese Konstruktion führte dazu, dass bei jeder Veränderung der Messvolumenbreite einige Schrauben gelöst werden mussten. Diese sind die Schrauben der Stegabdeckung sowie die Schrauben zur Fixierung der beiden Gehäuse.

Um die Schrauben der Stegabdeckung beim Typ 17 zu vermeiden, sollte der Steg offen sein und keine Kabel mehr darin geführt werden. Diese Idee hat den weiteren Vorteil, dass die Schrauben zur Befestigung der Gehäuse für Sender und Empfänger leicht zugänglich sind und mit wenigen Handgriffen gelöst und festgezogen werden können. Aus diesem Lösungsansatz resultierte die Fragestellung, wie die Kabel zu Sender und

Empfänger beim Typ 17 am besten zu führen sind. Lange Zeit wurde die Idee favorisiert, jedes der beiden Gehäuse mit einem eigenem Kabel und einer eigenen Kabelverschraubung zu versorgen. Weil die Kabel aber 10 m lang sein sollten und das ausgewählte Verbindungskabel relativ dick und starr ist, war dieser Lösungsansatz nicht optimal und wurde schließlich wieder verworfen. Letztendlich wurde das Konzept des Umlenkprismas wieder aufgegriffen. Damit ist nur ein Verbindungskabel und eine Kabelverschraubung notwendig, da Sender und Empfänger in einem Gehäuse sitzen. Weiterhin kann der Typ 17 auf diese Art und Weise kürzer ausgeführt werden. Es sollte versucht werden, durch möglichst genaue Planung bei der Konstruktion und Berücksichtigung der Fertigungsmöglichkeiten, die Stabilitätsprobleme, die der Typ 15 zeigte, beim Typ 17 zu vermeiden.

5.4.3 Beschreibung der Gesamtkonstruktion

Die zylindrische Gehäuseform des SKG 16 soll beibehalten und mit einem Durchmesser $d = 50$ mm ausgeführt werden. Die zylindrische Bauform hat den Vorteil, dass die beiden Gehäuse durch je eine Rändelschraube geöffnet und verschlossen werden können. Die Entnahme der Blenden zu Reinigungszwecken ist so einfach durchzuführen. Aus Abbildung 5.12 ist das Prinzip der Konstruktion ersichtlich.

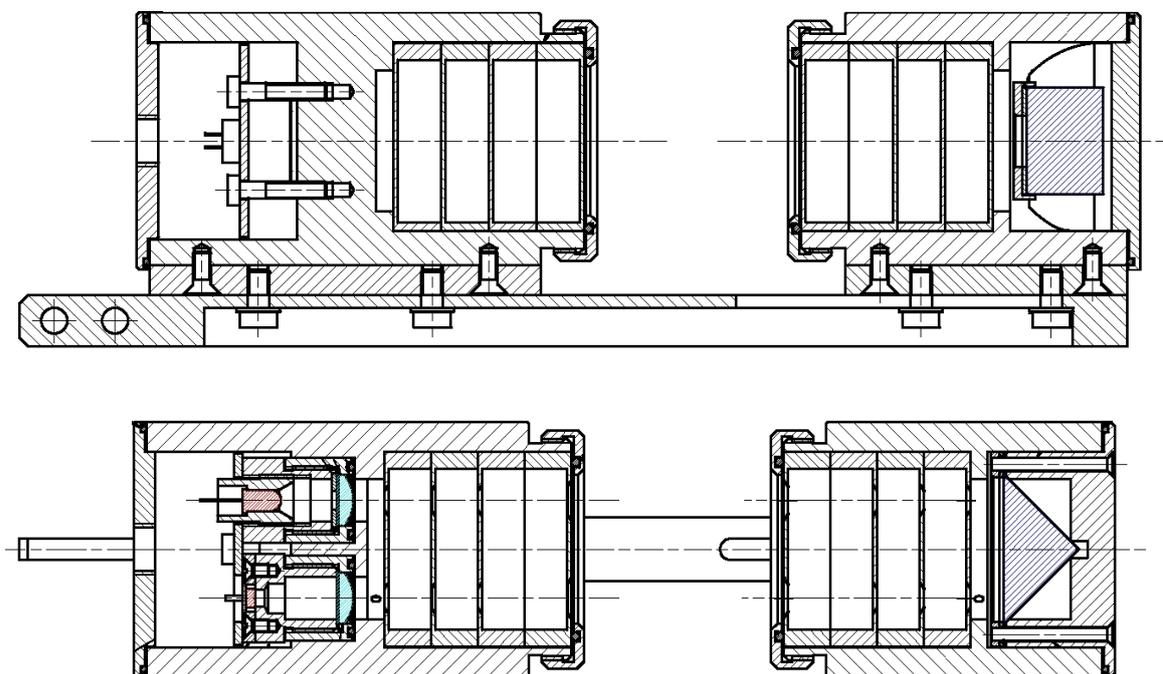


Abbildung 5.12: Oben: Längsschnitt (Blick von der Seite) durch den Typ 17. Unten: Längsschnitt (Blick von oben) durch den Typ 17.

Ein Gehäuse ist für die Unterbringung der Infrarot- und Fotodiode vorgesehen, das andere für die Unterbringung des Prismas. Mit dieser Maßnahme ist es möglich, beide eigensichere Stromkreise mit einem Verbindungskabel in die Messeinheit Typ 17 zu

führen, wodurch das Führen von Kabeln durch den Steg entfällt. Der Aufgabenteil, der die Vereinfachung der Verkabelung vorsah, ist somit erledigt. Beide Gehäuse sitzen auf einem Steg und werden dort durch je zwei Schrauben auf ihrer Position gehalten. Durch Lösen der Schrauben können die Gehäuse frei auf dem Steg verschoben werden, so dass Messabstände von $l = 10$ mm bis $l = 50$ mm eingestellt werden können. Da in jeder Blende zwei Öffnungen für den Lichtstrahl vorhanden sind (doppelter Lichtweg durch Reflektion), müssen beide Öffnungen in einer Ebene gehalten werden. Um dies zu gewährleisten, sind die Blenden unten abgeflacht (siehe Anhang I).

Das Gehäuse, welches die Elektronik enthält, wird durch die Kabelverschraubung HSK-MZ-PVDF-Ex sowie durch die Kolimatorlinsen mit O-Ringen dicht gehalten. Verschmutzungen der optischen Bauteile wird durch die Blenden und durch das Luftgegenstromprinzip entgegen gewirkt (siehe Abschnitt 2.2.3).

Das ausgewählte Prisma sitzt in einer speziellen Halterung, die das Einhalten der richtigen Prismenposition gewährleistet. Weil die reflektierenden Flächen des Prismas keinen Kontakt zu anderen Festkörpern haben dürfen, sind in der Prismenhalterung zwei große Aussparungen an den Auftreffpunkten des IR-Lichtstrahls vorgesehen (Abbildung 5.13 und Anhang I). Wie die Auswahl des richtigen Prismas und die Entwicklung der Prismenhalterung zustande kam, wird nachfolgend beschrieben.

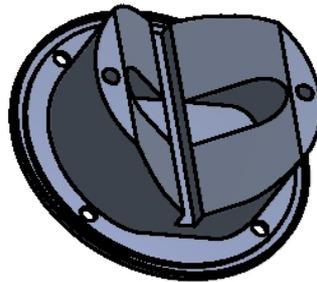


Abbildung 5.13: Halterung für das Prisma (CAD-Grafik).

5.4.4 Aufbau der Optik

Die geplante Konstruktion hat zur Folge, dass der Abstand zwischen den Mitten der beiden Dioden im Gehäuse $l_o = 23$ mm beträgt. Wenn die maximale Messvolumenbreite von $l = 50$ mm eingestellt ist, misst der Abstand zwischen den Diodenoberflächen und der Prismenhypotenuse $l_{DP} = 220$ mm. Durch die Blenden wird der Durchmesser des Lichtstrahls auf $d_S = 4$ mm begrenzt. Das auszuwählende Prisma war deshalb ausreichend groß zu gestalten, um das Lichtsignal ohne Verluste zu übertragen.

5.4.4.1 Erforderliche Präzision des Prismas

Da jedes Prisma eine gewisse Fertigungstoleranz besitzt, muss für die Optik des Typs 17 eine maximale Abweichung bei der Lichtstrahlführung bestimmt werden, die nicht überschritten werden darf. Aus dem Datenblatt der Fotodiode geht hervor, dass dieser eine bestrahlungsempfindliche Fläche von $A_{emp} = 7$ mm² besitzt, die sich auf ein Quadrat

mit der Seitenlänge $a_{\text{emp}} = 2,65 \text{ mm}$ verteilt. Da diese Fläche nicht genau in der Mitte der Fotodiode sitzt, wird die maximale Abweichung an der kürzeren Seite von der Mittelachse aus gesehen zu

$$a_{\text{ab}} = a_{\text{emp}} - a_{\text{lang}} = 2,65 - 1,8 = 0,85 \text{ mm} \quad (5.18)$$

bestimmt. Die Bezeichnung $a_{\text{lang}} = 1,8 \text{ mm}$ steht für die längere der beiden Seiten von der Mittelachse aus gesehen. Abbildung 5.14 zeigt die beschriebenen Dimensionen. Weil die Fertigungstoleranz bei der Herstellung der Metallteile des SKG 17 nur etwa $0,05 \text{ mm}$ beträgt [6], kann diese bei der Bestimmung der maximalen Abweichung vernachlässigt werden. Weiter gilt die Annahme, dass Prisma und Dioden genau aufeinander ausgerichtet sind, und der Lichtstrahl ohne Ablenkung das Gehäuse der Dioden verlässt. Der maximal zulässige Winkelfehler des Prismas lässt sich trigonometrisch bestimmen. Die Größe $a_{\text{ab}} = 0,85 \text{ mm}$ und der doppelte Abstand zwischen der Oberfläche der Prismenhypotenuse und den Diodenoberflächen l_{DP} sind dazu einzusetzen in

$$\alpha_{\text{ab}} = \arctan\left(\frac{a_{\text{ab}}}{2 \cdot l_{\text{DP}}}\right) = \arctan\left(\frac{0,85}{440}\right) = 6,6' \quad (5.19)$$

Es ergibt sich eine maximal zulässige Fertigungstoleranz von $\alpha_{\text{ab}} = 6,6'$. Jede Reflektion darf somit nur eine Abweichung von maximal $3,3'$ gegen die exakten 90° haben.

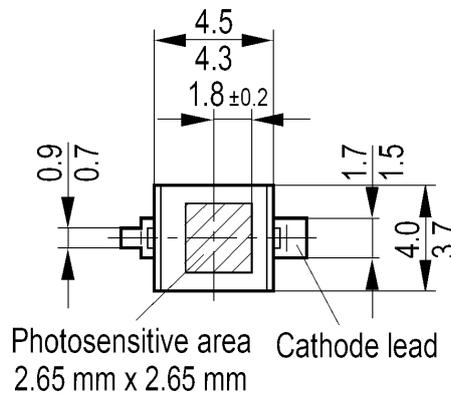


Abbildung 5.14: Technische Zeichnung der Fotodiode mit Ansicht der fotoempfindlichen Fläche.

5.4.4.2 Auswahl eines geeigneten Reflektionssystems

Beim Aufbau der Optik mit 180° -Reflektion kamen verschiedene Ideen auf. Abzuwägen waren die Vor- und Nachteile in Bezug auf Fertigungstoleranz, Preis und erforderliche Baulänge des Gehäuses, in dem das Reflektionssystem untergebracht werden sollte. Im Folgenden werden diese Ideen vorgestellt und diskutiert.

5.4.4.2.1 Einbau eines nachbearbeiteten Standardprismas

Von den im Handel erhältlichen Standardprismen kam der Typ mit einer Hypotenusenlänge von $c = 35,4$ mm in Frage. Die Höhe h dieses Prismas beträgt $h = 17,7$ mm, die Tiefe t ist mit 25 mm genauso dimensioniert wie die beiden Katheten. Die verwendeten Größen können in Abbildung 5.15, links nachvollzogen werden.

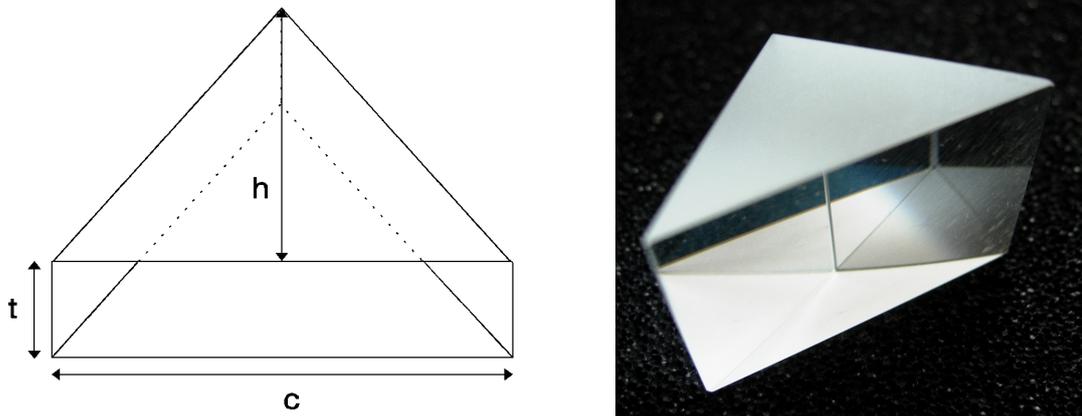


Abbildung 5.15: Skizze und Foto eines Präzisionsprismas.

Da das Gehäuse möglichst kurz gehalten werden sollte, war die Idee, die Höhe des Prismas auf $h = 10$ mm zu verkürzen. Durch die Verkürzung von h ist das Prisma hinten offen und ein Teil der reflektierenden Fläche fällt weg. Da das Prisma wie ein gleichschenkliges, rechtwinkliges Dreieck geformt ist, ergibt sich für die Breite der reflektierenden Flächen $l_r = 10$ mm. Mit

$$l_v = c - (2 \cdot l_r) \quad (5.20)$$

folgt damit $l_v = 15,4$ mm. l_v ist die Seitenlänge der Prismenoberfläche, die für die Reflektion aufgrund der Verkürzung von h verloren geht. Die Abbildung 5.16 zeigt die Dimensionen des nachbearbeiteten Prismas.

Setzt man den Abstandes zwischen der Mitte der Sendediode und der Mitte der Fotodiode von $l_o = 23$ mm und den Lichtstrahldurchmesser von $d_s = 4$ mm in

$$l_a = \frac{l_o - (l_v + d_s)}{2} \quad (5.21)$$

ein, so erkennt man, dass zwischen dem Rand des Lichtstrahls und der inneren Begrenzung der reflektieren Fläche des Prismas ein Abstand von $l_a = 1,8$ mm besteht. Der Abstand zur gegenüberliegenden Begrenzung der reflektierenden Prismenfläche ist mit 4,2 mm deutlich größer. Der Lichtstrahl trifft die reflektierenden Flächen des Prismas demnach nicht zentral, sondern seitlich versetzt. Durch eine Vergrößerung von h kann dem entgegen gewirkt werden, was aber wiederum eine Verlängerung des Gehäuses nach sich ziehen würde.

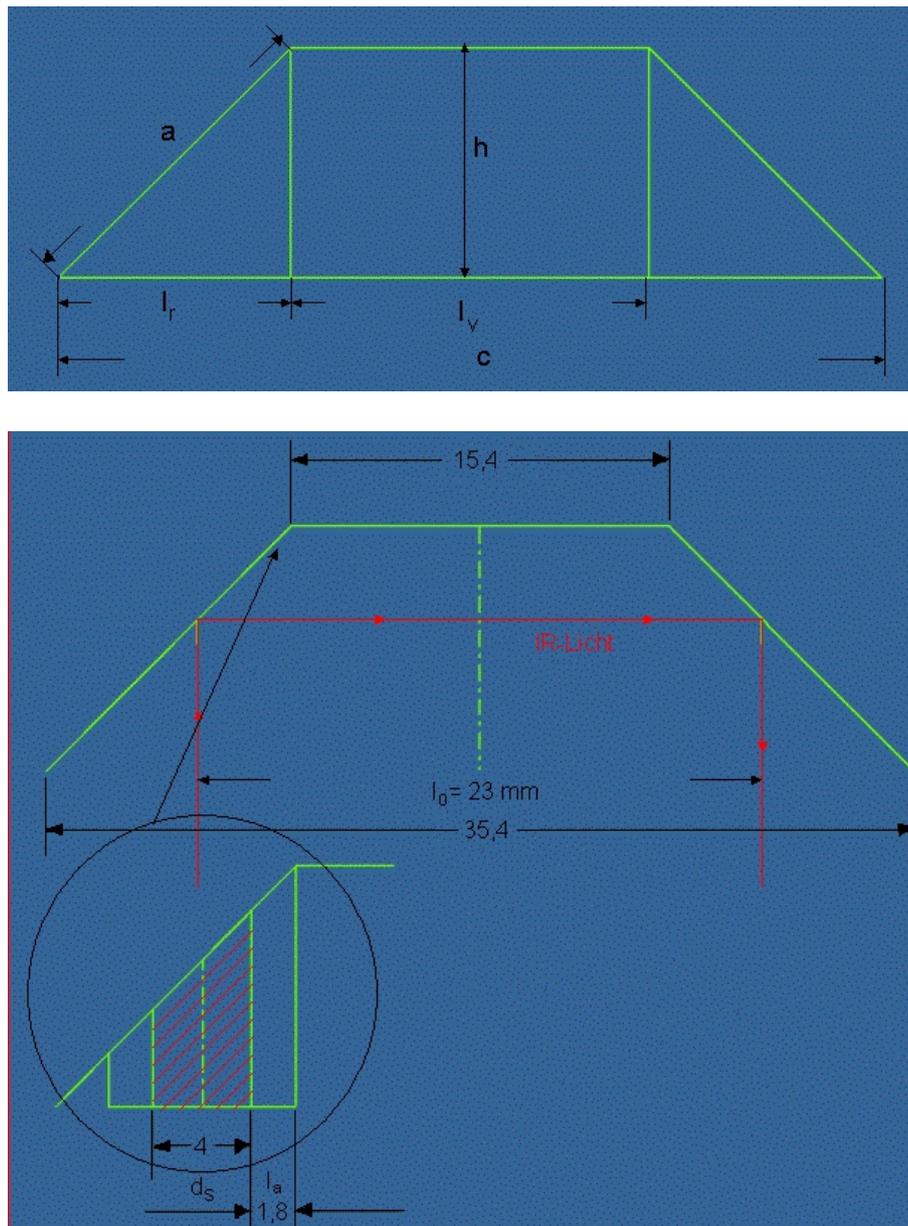


Abbildung 5.16: Oben: Dimensionen beim nachbearbeiteten Prisma. Unten: Skizze des Strahlengangs beim nachbearbeiteten Prisma.

Ein nachbearbeitetes Standardprisma, das den in Abschnitt 5.4.4.1 dargestellten Genauigkeitsanforderungen genügt hätte, wäre mit einem Preis um die 2.000,- Euro sehr teuer geworden. Aus diesem Grund wurde nach anderen Lösungen gesucht.

5.4.4.2.2 Einbau von 2 kleineren Dreiecksprismen

Die im vorigen Abschnitt 5.4.4.2.1 beschriebene Problematik des zu hohen Preises ließe sich durch den Einsatz zweier kleinerer Dreiecksprismen lösen. Mit einer Anordnung wie in Abbildung 5.17, oben wäre eine 180° -Umlenkung möglich. Mit dieser Konstruktion würde sich jedoch die Problematik einer dritten Verkippelebene

(zu der nach vorne und hinten gerichteten) ergeben. Bei der Fassung der beiden Dreiecksprismen müsste dieser Umstand berücksichtigt werden. Diese Variante ließe sich gut mit Präzisionsprismen der Firma Newport umsetzen. Der passende Prismentyp hätte eine Kathetenlänge von $a = b = 12,7 \text{ mm}$. Die jeweilige 90° -Reflektion erfolgt an den Hypotenusen der rechtwinkligen Dreiecke. Die Breite der Reflektionsfläche $l_r = 12,7 \text{ mm}$ ist gleich der Kathetenlänge. Die Prismen sollten so in das Gehäuse eingebaut werden, dass sie dem Maß der Hypotenuse aus Abschnitt 5.4.4.2.1 mit $c = 35,4 \text{ mm}$ entsprechen. Die Breite der nicht reflektierenden Fläche beträgt dann $l_v = 10 \text{ mm}$. Die Berechnung von l_a erfolgt analog zu (5.21). In Abbildung 5.17, unten ist gut zu erkennen, dass die Lichtstrahlen (türkise Flächen) eindeutig auf die Reflektionsflächen fallen. Es ergibt sich ein l_a von $4,5 \text{ mm}$.

Wegen des Risikos, dass eine dritte Verkipfungsebene eine exakte Strahlführung unmöglich machen könnte, wurde auch dieses Konzept wieder verworfen.

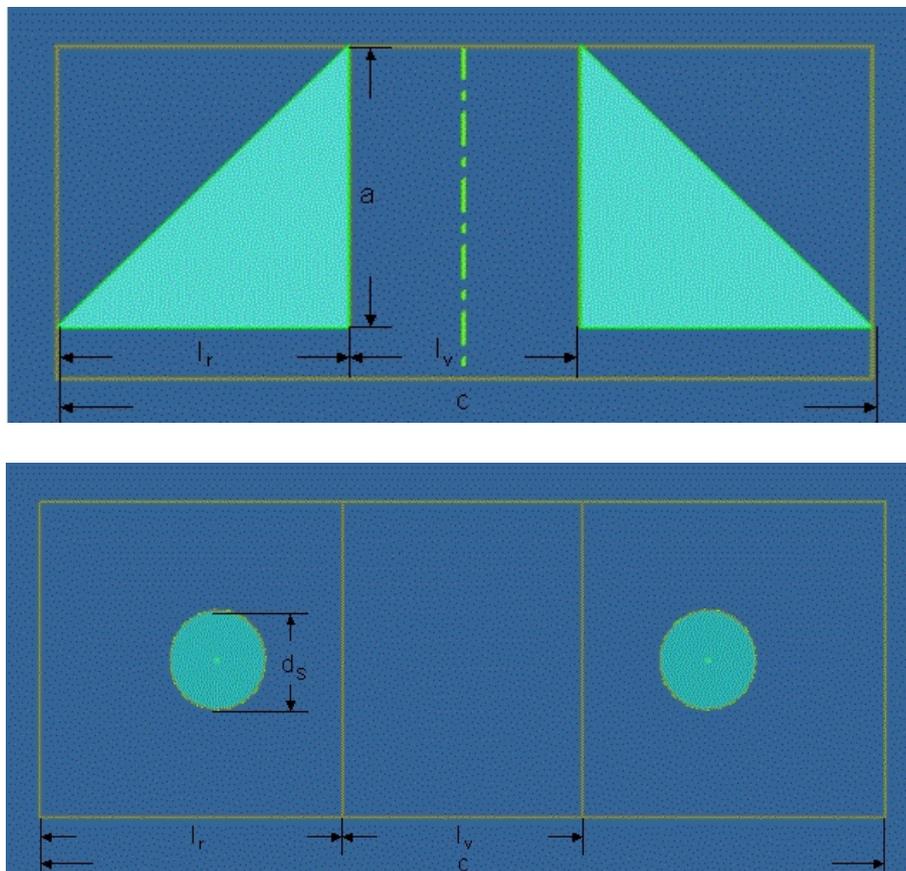


Abbildung 5.17: Schema mit 2 kleinen eingebauten Prismen. Oben: Ansicht von der Seite (Lichtstrahl kommt von unten). Unten: Draufsicht.

5.4.4.2.3 Präzisionsprisma mit entspiegelter Hypotenuse

Nach den Überlegungen bzw. Ergebnissen aus den beiden Vorgängerabschnitten wurde schließlich die Entscheidung getroffen, ein Präzisionsprisma in der Messeinheit Typ 17 zu verwenden. Gewählt wurde ein Dreiecksprisma der Bernhard Halle

Nachfolger GmbH (Abbildung 5.15, rechts). Die Hypotenusenlänge ist gleich der Standardvariante der Firma Newport und beträgt $c = 35,4$ mm. Die beiden Katheten messen $a = b = 25$ mm. Die Tiefe des Prismas beträgt ebenfalls $t = 25$ mm. Die Höhe liegt bei $h = 17,7$ mm. Die Probleme zu hoher Kosten oder einer dritten Verkipfungsebene entfallen damit. Einzig der Nachteil eines etwas längeren Gehäuses musste in Kauf genommen werden.

Die drei Flächen des gewählten Prismas sind poliert. Um eine möglichst große Transmission an der Hypotenuse zu erreichen, wird diese mit einer Antirefleksionsbeschichtung für IR-Licht bei 940 nm versehen. Bei einem maximalen Winkelfehler von $\alpha_{ab} = 2^\circ$ pro reflektierender Fläche, wird die Vorgabe von $6,6'$ problemlos eingehalten.

Bei einem Gespräch mit dem Hersteller des gewählten Prismas wurde auf die Problematik hingewiesen, dass an Stellen, wo die reflektierenden Flächen auf Bauteilen aufliegen, keine Reflektion mehr stattfindet. Aus diesem Grund wurde eine spezielle Prismenhalterung konstruiert (Abbildung 5.13). In die Prismenhalterung wurden an den reflektierenden Flächen ausreichend große Aussparungen eingearbeitet, so dass eine ungehinderte Reflektion der Lichtstrahlen gewährleistet ist.

Kapitel 6

Diskussion und Ausblick

6.1 Diskussion

Die Zielvorgabe, das Staubmessgerät für den Betrieb im explosionsgefährdeten Bereich umzugestalten, wurde mit der Zündschutzart Eigensicherheit umgesetzt. Ob das Staubmessgerät die Voraussetzungen der Eigensicherheit tatsächlich erfüllt, muss von einer Prüfstelle festgestellt werden. Leider konnte dies nicht mehr im Rahmen dieser Arbeit erledigt werden.

Das zweite Ziel dieser Arbeit, die Handhabung der Messeinheit zu vereinfachen, ist auf jeden Fall mit der Konstruktion des Typs 17 erreicht worden. Die Kabelführungen im Inneren des Verbindungssteiges sind entfallen und die beiden Gehäuse für Sender/Empfänger und Prisma lassen sich – durch das Lösen und wieder Anziehen von jeweils zwei Schrauben – einfach auf dem Steg verschieben. Eine Zentimeter-Skala erleichtert das Einstellen der gewünschten Messvolumenbreite. Die Messeinheit ist durch den Einsatz des Prismas obendrein kürzer geworden.

Da das konstruierte Gerät nicht rechtzeitig fertig wurde, konnten auch keine Messungen zum Test der Funktionstüchtigkeit durchgeführt werden.

6.2 Ausblick

Da keine Erfahrungen mit dem Messgerät gesammelt werden konnten, sollen in dem folgenden Ausblick einige Elemente angesprochen werden, die zukünftig vielleicht zu optimieren oder zu ersetzen sind. Dies könnte erforderlich werden, da einige Veränderungen bis kurz vor Abschluss der Bachelorarbeit getätigt werden mussten.

6.2.1 Versuche

Vor der Zertifizierung sollten an dem Messgerät zunächst Testmessungen mit nicht brennbaren Stäuben durchgeführt werden.

6.2.2 Infrarotdiode

Dadurch, dass die Messstrecke doppelt durchlaufen werden muss und dass eine weitere Blende in die Hülse der Infrarotdiode eingebracht wurde, ist zu prüfen, ob die Intensität des Lichtstrahls noch ausreicht, um brauchbare Messergebnisse zu erzielen. Sollte dies nicht der Fall sein, kann einerseits der Strom durch die Infrarotdiode in Grenzen erhöht werden oder die Infrarotdiode ist durch einen stärkeren Sender zu ersetzen. In beiden Fällen muss darauf geachtet werden, dass die Schutzart Eigensicherheit nicht ausgehebelt wird. Eine andere Möglichkeit bestünde darin, das von der Fotodiode kommende Signal durch einen größeren Verstärkungsfaktor deutlich anzuheben.

6.2.3 Verkabelung

Die Versorgung der Infrarotdiode und das Auslesen der Daten der Fotodiode wird im neuen Staubkonzentrationsmessgerät SKG 6 Typ 17 über das eigensichere Kabel Öflex EB CY gewährleistet. Nachteilig ist der relativ große Kabeldurchmesser von 6,5 mm. Das Kabel ist deshalb relativ unnachgiebig und müsste für den Fall, dass eine Biegung erforderlich ist, in einem großen Biegeradius geführt werden. Zukünftig könnte deshalb die Anschaffung eines dünneren Kabeltyps, der die allgemeinen Voraussetzungen für den Einsatz in explosionsfähigen Atmosphären und die speziellen Voraussetzungen für Staubatmosphären erfüllt, in Frage kommen. Die blaue Signalfarbe ist nicht zwangsläufig erforderlich, da Verwechslungen mit anderen Stromkreisen auszuschließen sind. Dies hätte jedoch zur Folge, dass der Kabelverschraubungstyp gewechselt werden müsste.

6.2.4 Zugehöriges Betriebsmittel Speisetrennverstärker

Die elektronischen Teile, die aus dem SKG 5 übernommen wurden und der Speisetrennverstärker, sind nicht für den Betrieb in Zone 22 vorgesehen. Zum Problem könnte dies werden wenn die Staubkonzentration in Silos gemessen werden soll. In direkter Umgebung von Silos können Atmosphären der Zone 22 durchaus auftreten. Dieses Problem könnte entweder durch ein längeres Verbindungskabel oder durch den Einsatz eines staubdichten Gehäuses für die Elektronik gelöst werden.

Literaturverzeichnis

- [1] M. NICKLISCH: *Verbesserung des Staubkonzentrationsmessgerätes SKG 5*, Diplomarbeit, Fachhochschule Mannheim und Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin e. V., 2005.
- [2] P. DYRBA: *Verkleinerung des Staubkonzentrationsmessgerätes SKG 5*, Diplomarbeit, Fachhochschule Heidelberg und Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin e. V., 2009.
- [3] D. LORENZ: *Private Mitteilung*, Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin e. V., 2012.
- [4] H. OTT: *Private Mitteilung*, Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin e. V., 2012.
- [5] H. OTT: *Benutzerhandbuch Staubkonzentrationsmessgerät SKG 5*, Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin e. V., 1992.
- [6] M. SEITHEL: *Private Mitteilung*, Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin e. V., 2012.
- [7] P. CHUPIN: *Private Mitteilung*, Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin e. V., 2012.
- [8] DIN EN 60079-0: *Explosionsfähige Atmosphäre*, VDE-Verlag GmbH, Berlin, 2010.
- [9] DIN EN 60079-11: *Geräteschutz durch Eigensicherheit (i)*, VDE-Verlag GmbH, Berlin, 2006.
- [10] DIN EN 60079-14: *Projektierung, Errichtung und Auslegung elektrischer Anlagen*, VDE-Verlag GmbH, Berlin, 2009.
- [11] DIN EN 60079-18: *Gas und Staub - Vergusskapselung (m)*, VDE-Verlag GmbH, Berlin, 2010.
- [12] DIN EN 60529-1: *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)*, VDE-Verlag GmbH, Berlin, 2000.
- [13] DIN EN 61241-11: *Staub - Eigensicherheit (i)*, VDE-Verlag GmbH, Berlin, 2007.

- [14] R. STAHL SCHALTGERÄTE GMBH: *Grundlagen Staubexplosionsschutz*, www.stahl.de.
- [15] H. GREINER: *Elektroinsallation und Betriebsmittel in explosionsgefährdeten Bereichen*, Hüthig & Pflaum Verlag - München/Heidelberg, 2006.
- [16] G. GABRIEL: *Private Mitteilung*, Pepperl+Fuchs GmbH Mannheim, 2012.
- [17] G. SCHUMANN: *Private Mitteilung*, Dekra, 2012.
- [18] VISHAY. SEMICONDUCTORS: *Datenblatt Infrarotdiode TSAL 6200*.
- [19] PEPPERL+FUCHS GMBH: www.pepperl-fuchs.com.
- [20] PHOENIX CONTACT GMBH & CO. KG: www.phoenixcontact.de.

Anhang A

Schaltpläne

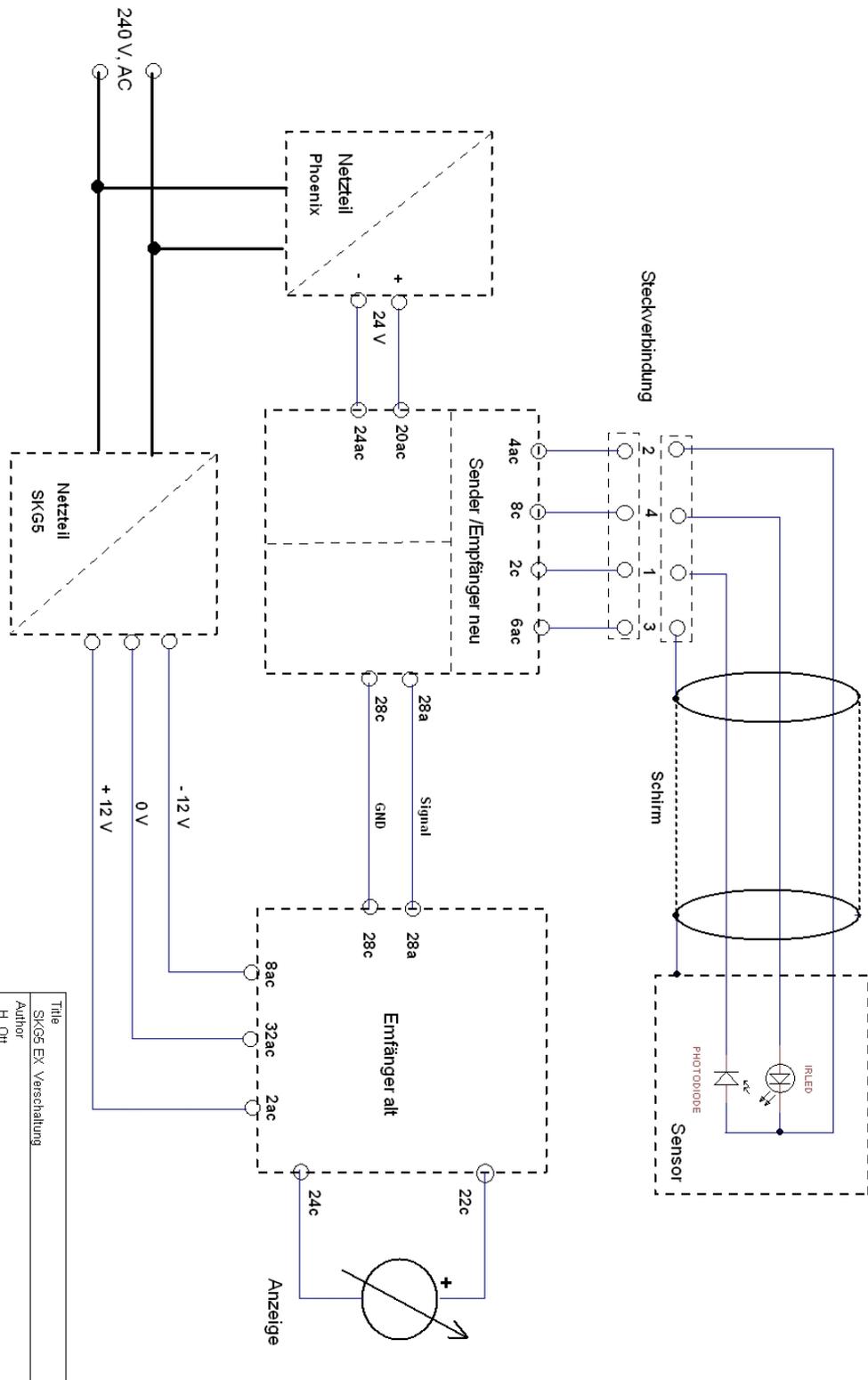
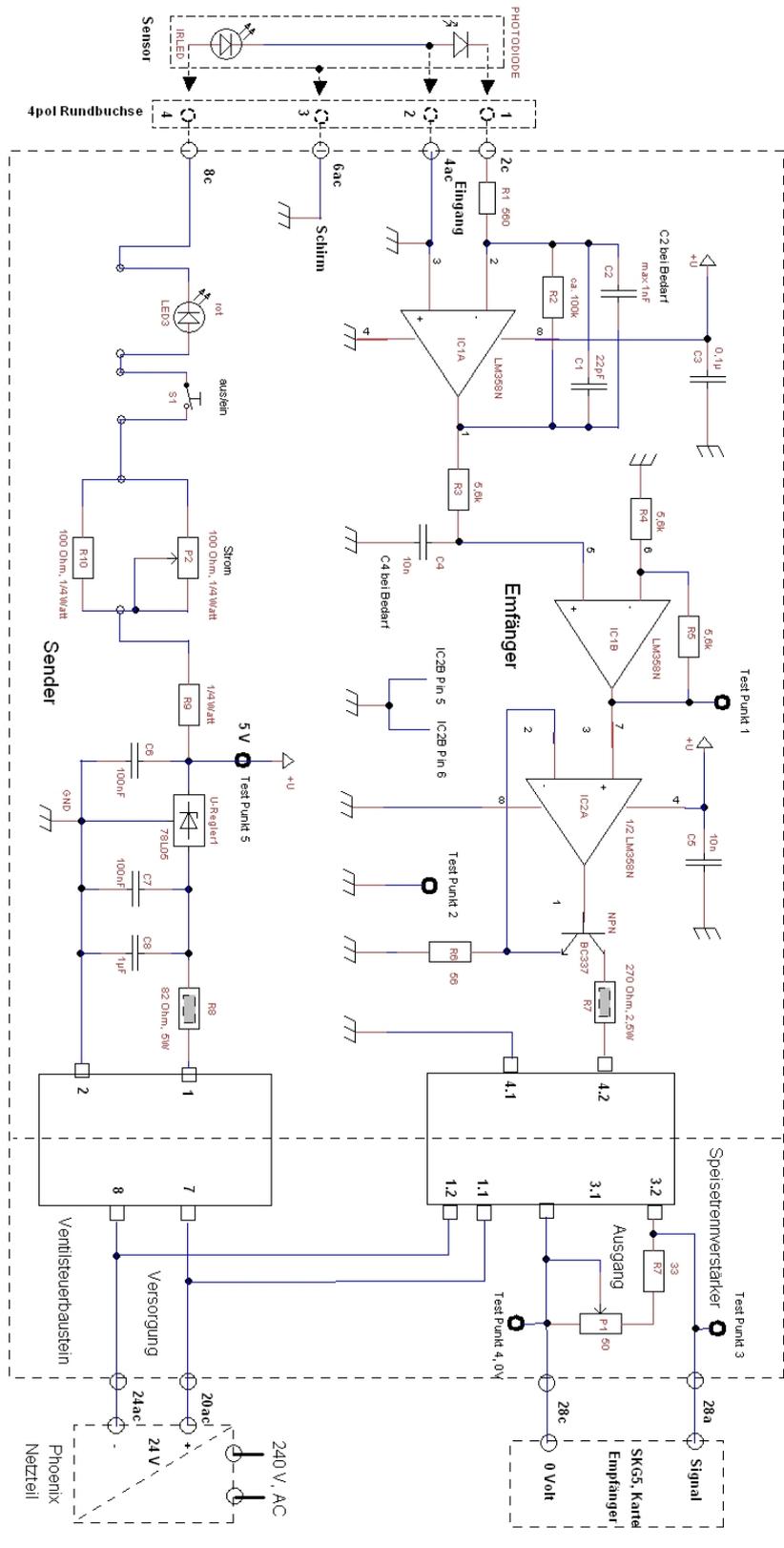


Abbildung A.1: Übersichtsschaltplan des SKG 6 Typ 17.



Bemessung R3: Bei maximalem Abstand der Optik und minimalem Strom (30mA) soll am Ausgang IC1B gegen Testpunkt 2 ein Volt anstehen.

Bemessung P2, R8, Rxx: Strombereich ca. von 30 bis 50 mA

Abgleich P1: Am Ausgang (Testpunkt 3) soll 1 Volt gegen Testpunkt 4 zu messen sein, wenn am Testpunkt 1 ein Volt ansteht.

Strombegrenzungswiderstände

Title		Ergänzung SKGS für EK-Schutz	
Autor		H. Ott	
BSN		BSN	
Date		5. März 2012	
Revision		1.0	
Elektronikentwicklung/SKGS/EX Ergänzungs des		Document	
1 of 2		Sheets	

Abbildung A.2: Schaltbild des SKG 6 Typ 17.

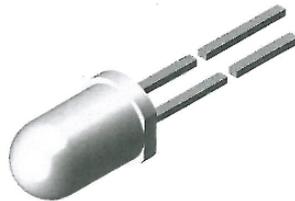
Anhang B

Datenblatt Infrarotdiode TSAL 6200


www.vishay.com
TSAL6200

Vishay Semiconductors

High Power Infrared Emitting Diode, 940 nm, GaAlAs/GaAs



DESCRIPTION

TSAL6200 is an infrared, 940 nm emitting diode in GaAlAs/GaAs technology with high radiant power molded in a blue-gray plastic package.

FEATURES

- Package type: leaded
- Package form: T-1 $\frac{3}{4}$
- Dimensions (in mm): \varnothing 5
- Peak wavelength: $\lambda_p = 940$ nm
- High reliability
- High radiant power
- High radiant intensity
- Angle of half intensity: $\phi = \pm 17^\circ$
- Low forward voltage
- Suitable for high pulse current operation
- Good spectral matching with Si photodetectors
- Compliant to RoHS Directive 2002/95/EC and in accordance to WEEE 2002/96/EC



RoHS
COMPLIANT
GREEN
(5-2009)**

Note

** Please see document "Vishay Material Category Policy":
www.vishay.com/doc?99902

APPLICATIONS

- Infrared remote control units with high power requirements
- Free air transmission systems
- Infrared source for optical counters and card readers

PRODUCT SUMMARY

COMPONENT	I_e (mW/sr)	ϕ (deg)	λ_p (nm)	t_r (ns)
TSAL6200	60	± 17	940	800

Note

- Test conditions see table "Basic Characteristics"

ORDERING INFORMATION

ORDERING CODE	PACKAGING	REMARKS	PACKAGE FORM
TSAL6200	Bulk	MOQ: 4000 pcs, 4000 pcs/bulk	T-1 $\frac{3}{4}$

Note

- MOQ: minimum order quantity

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_{amb} = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified)

PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
Reverse voltage		V_R	5	V
Forward current		I_F	100	mA
Peak forward current	$t_p/T = 0.5$, $t_p = 100 \mu\text{s}$	I_{FM}	200	mA
Surge forward current	$t_p = 100 \mu\text{s}$	I_{FSM}	1.5	A
Power dissipation		P_V	160	mW
Junction temperature		T_J	100	$^\circ\text{C}$
Operating temperature range		T_{amb}	- 40 to + 85	$^\circ\text{C}$
Storage temperature range		T_{stg}	- 40 to + 100	$^\circ\text{C}$
Soldering temperature	$t \leq 5$ s, 2 mm from case	T_{sd}	260	$^\circ\text{C}$
Thermal resistance junction/ambient	J-STD-051, leads 7 mm soldered on PCB	R_{thJA}	230	K/W


www.vishay.com

TSAL6200

Vishay Semiconductors

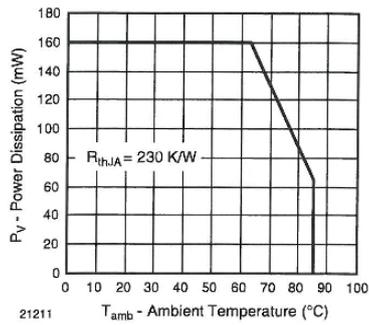


Fig. 1 - Power Dissipation Limit vs. Ambient Temperature

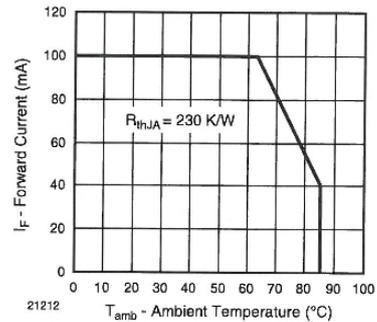


Fig. 2 - Forward Current Limit vs. Ambient Temperature

BASIC CHARACTERISTICS (T _{amb} = 25 °C, unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Forward voltage	I _F = 100 mA, t _p = 20 ms	V _F		1.35	1.6	V
	I _F = 1 A, t _p = 100 μs	V _F		2.6	3	V
Temperature coefficient of V _F	I _F = 1 mA	TK _{V_F}		-1.8		mV/K
Reverse current	V _R = 5 V	I _R			10	μA
Junction capacitance	V _R = 0 V, f = 1 MHz, E = 0	C _j		25		pF
Radiant intensity	I _F = 100 mA, t _p = 20 ms	I _e	40	60	200	mW/sr
	I _F = 1 A, t _p = 100 μs	I _e	340	500		mW/sr
Radiant power	I _F = 100 mA, t _p = 20 ms	φ _e		35		mW
Temperature coefficient of φ _e	I _F = 20 mA	TKφ _e		-0.6		%/K
Angle of half intensity		φ		± 17		deg
Peak wavelength	I _F = 100 mA	λ _p		940		nm
Spectral bandwidth	I _F = 100 mA	Δλ		50		nm
Temperature coefficient of λ _p	I _F = 100 mA	TKλ _p		0.2		nm/K
Rise time	I _F = 100 mA	t _r		800		ns
Fall time	I _F = 100 mA	t _f		800		ns
Virtual source diameter	Method: 63 % encircled energy	d		2.4		mm



BASIC CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)

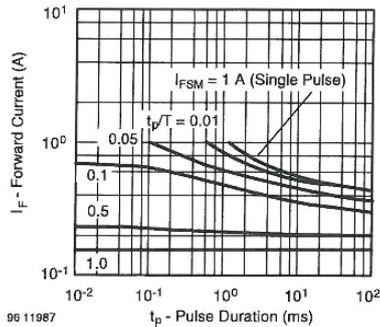


Fig. 3 - Pulse Forward Current vs. Pulse Duration

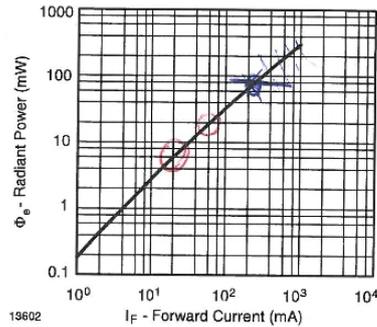


Fig. 6 - Radiant Power vs. Forward Current

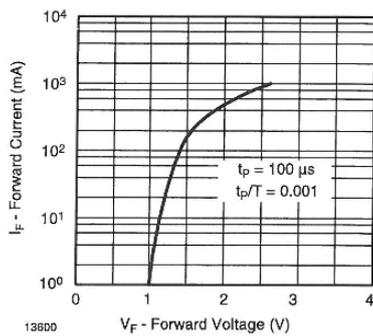


Fig. 4 - Forward Current vs. Forward Voltage

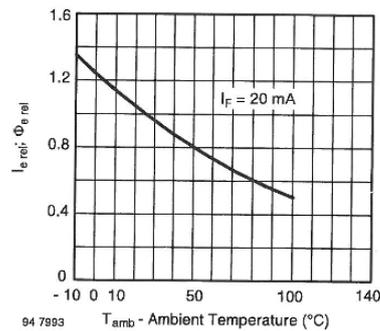


Fig. 7 - Relative Radiant Intensity/Power vs. Ambient Temperature

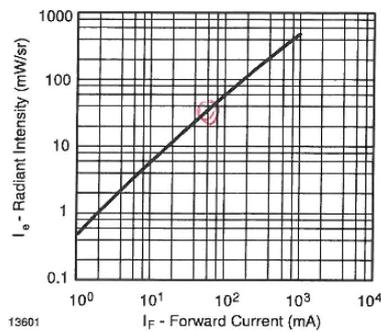


Fig. 5 - Radiant Intensity vs. Forward Current

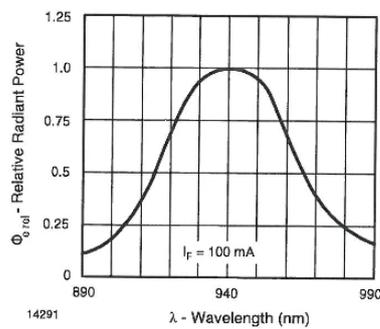


Fig. 8 - Relative Radiant Power vs. Wavelength



www.vishay.com

TSAL6200

Vishay Semiconductors

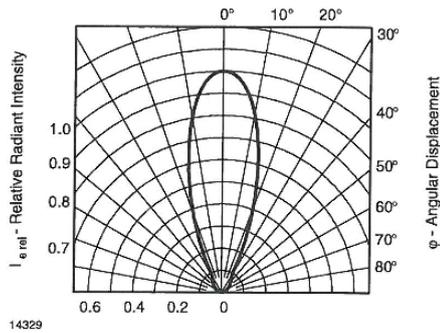
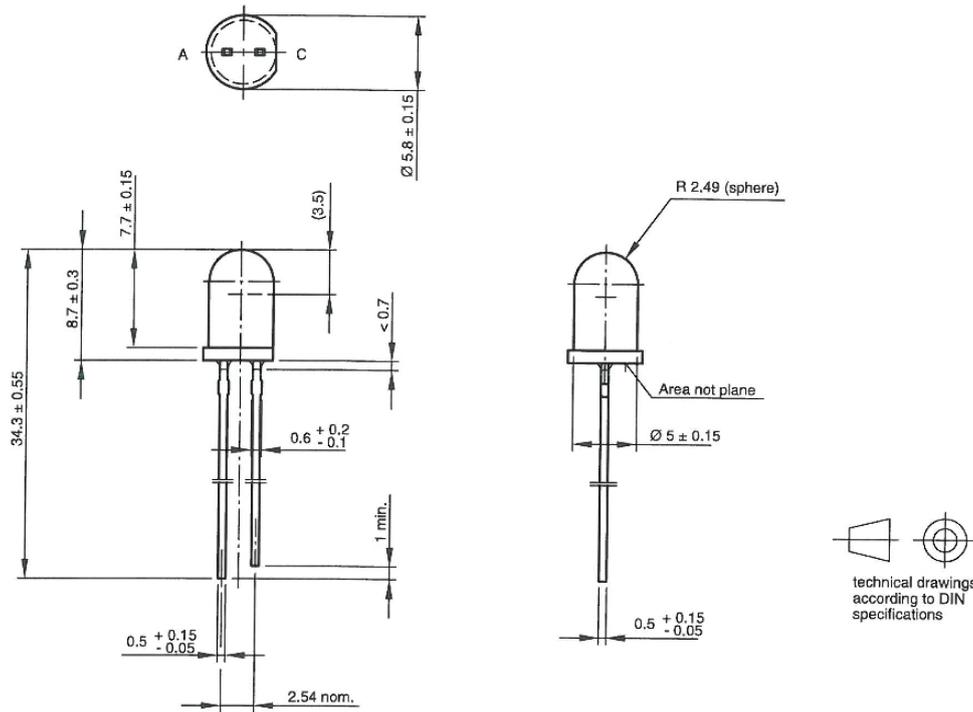


Fig. 9 - Relative Radiant Intensity vs. Angular Displacement

PACKAGE DIMENSIONS in millimeters



Drawing-No.: 6.544-5259.06-4
 Issue: 6; 19.05.09
 19257



Legal Disclaimer Notice

Vishay

Disclaimer

ALL PRODUCT, PRODUCT SPECIFICATIONS AND DATA ARE SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN OR OTHERWISE.

Vishay Intertechnology, Inc., its affiliates, agents, and employees, and all persons acting on its or their behalf (collectively, "Vishay"), disclaim any and all liability for any errors, inaccuracies or incompleteness contained in any datasheet or in any other disclosure relating to any product.

Vishay makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of the products for any particular purpose or the continuing production of any product. To the maximum extent permitted by applicable law, Vishay disclaims (i) any and all liability arising out of the application or use of any product, (ii) any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages, and (iii) any and all implied warranties, including warranties of fitness for particular purpose, non-infringement and merchantability.

Statements regarding the suitability of products for certain types of applications are based on Vishay's knowledge of typical requirements that are often placed on Vishay products in generic applications. Such statements are not binding statements about the suitability of products for a particular application. It is the customer's responsibility to validate that a particular product with the properties described in the product specification is suitable for use in a particular application. Parameters provided in datasheets and/or specifications may vary in different applications and performance may vary over time. All operating parameters, including typical parameters, must be validated for each customer application by the customer's technical experts. Product specifications do not expand or otherwise modify Vishay's terms and conditions of purchase, including but not limited to the warranty expressed therein.

Except as expressly indicated in writing, Vishay products are not designed for use in medical, life-saving, or life-sustaining applications or for any other application in which the failure of the Vishay product could result in personal injury or death. Customers using or selling Vishay products not expressly indicated for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify and hold Vishay and its distributors harmless from and against any and all claims, liabilities, expenses and damages arising or resulting in connection with such use or sale, including attorneys fees, even if such claim alleges that Vishay or its distributor was negligent regarding the design or manufacture of the part. Please contact authorized Vishay personnel to obtain written terms and conditions regarding products designed for such applications.

No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights is granted by this document or by any conduct of Vishay. Product names and markings noted herein may be trademarks of their respective owners.

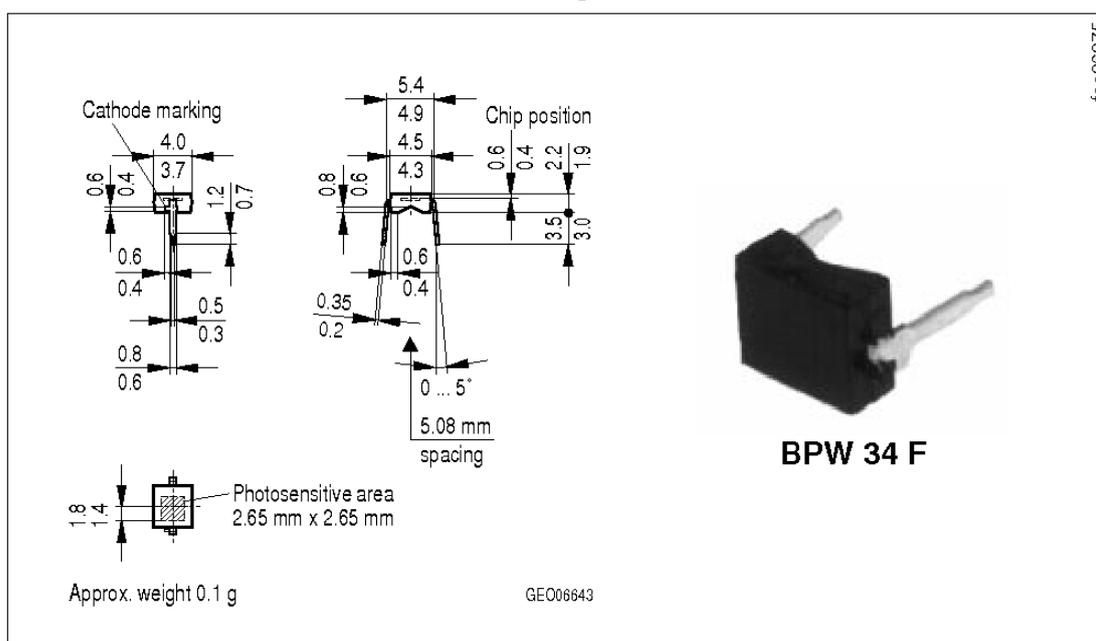
Anhang C

Datenblatt Fotodiode BPW 34 F

SIEMENS

Silizium-PIN-Fotodiode mit Tageslichtsperrfilter
NEU: in SMT und als Reverse Gullwing
Silicon PIN Photodiode with Daylight Filter
NEW: in SMT and as Reverse Gullwing

BPW 34 F
BPW 34 FS
BPW 34 FS (E9087)



Maße in mm, wenn nicht anders angegeben/Dimensions in mm, unless otherwise specified.

Wesentliche Merkmale

- Speziell geeignet für Anwendungen bei 950 nm
- kurze Schaltzeit (typ. 20 ns)
- DIL-Plastikbauform mit hoher Packungsdichte
- BPW 34 FS/(E9087); geeignet für Vapor-Phase Löten und IR-Reflow Löten

Anwendungen

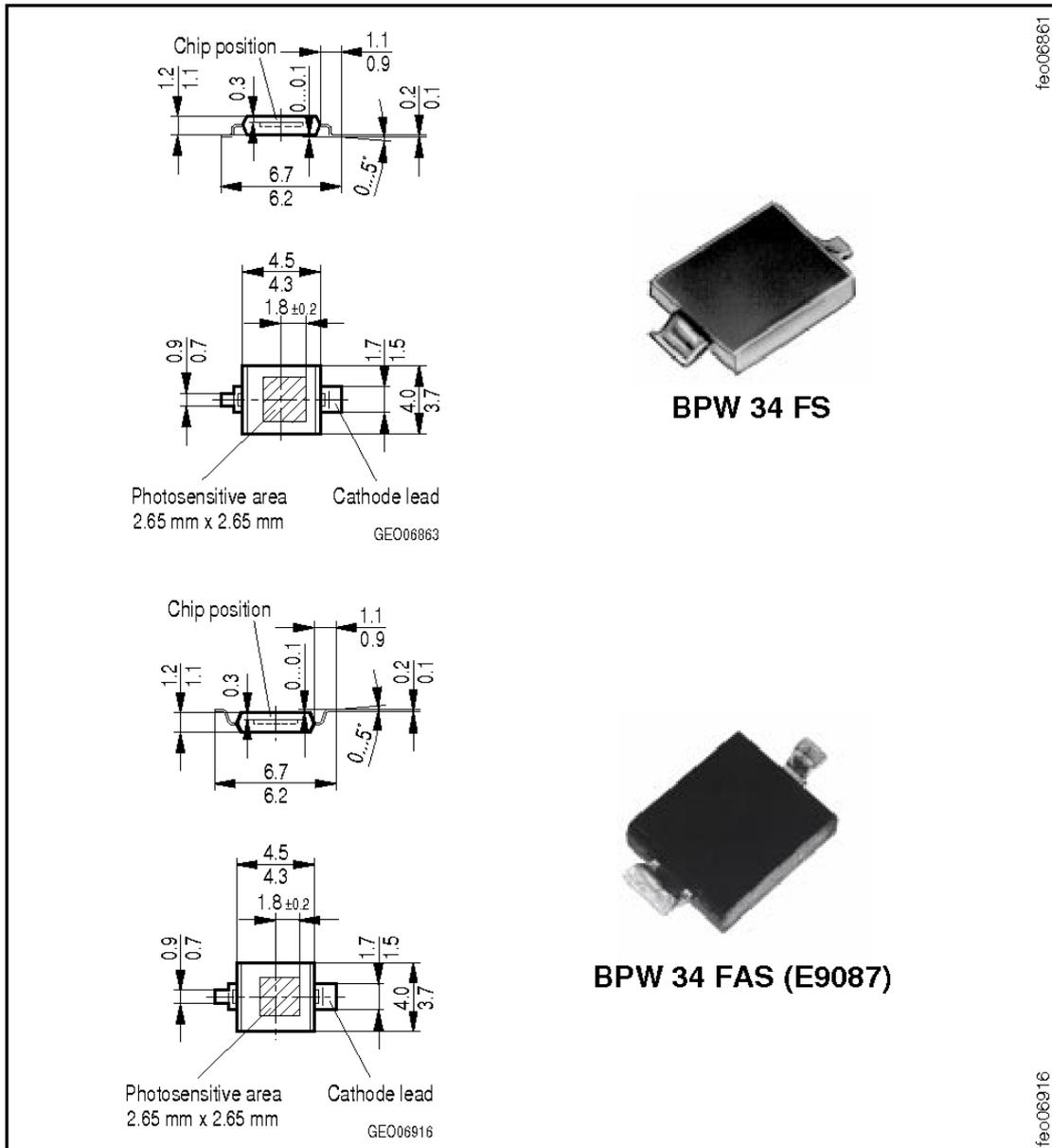
- IR-Fernsteuerung von Fernseh- und Rundfunkgeräten, Videorecordern, Gerätefernsteuerungen
- Lichtschranken für Gleich- und Wechsellichtbetrieb

Features

- Especially suitable for applications of 950 nm
- Short switching time (typ. 20 ns)
- DIL plastic package with high packing density
- BPW 34 FS/(E9087); suitable for vapor-phase and IR-reflow soldering

Applications

- IR remote control of hi-fi and TV sets, video tape recorders, remote controls of various equipment
- Photointerrupters

SIEMENS**BPW 34 F, BPW 34 FS
BPW 34 FS (E9087)**

Maße in mm, wenn nicht anders angegeben/Dimensions in mm, unless otherwise specified.

Typ Type	Bestellnummer Ordering Code
BPW 34 F	Q62702-P929
BPW 34 FS	Q62702-P1604
BPW 34 FS (E9087)	Q62702-P1826

SIEMENS**BPW 34 F, BPW 34 FS
BPW 34 FS (E9087)****Grenzwerte
Maximum Ratings**

Bezeichnung Description	Symbol Symbol	Wert Value	Einheit Unit
Betriebs- und Lagertemperatur Operating and storage temperature range	$T_{op}; T_{stg}$	- 40 ... + 85	°C
Sperrspannung Reverse voltage	V_R	32	V
Verlustleistung, $T_A = 25\text{ °C}$ Total power dissipation	P_{tot}	150	mW

**Kennwerte ($T_A = 25\text{ °C}$, $\lambda = 950\text{ nm}$)
Characteristics**

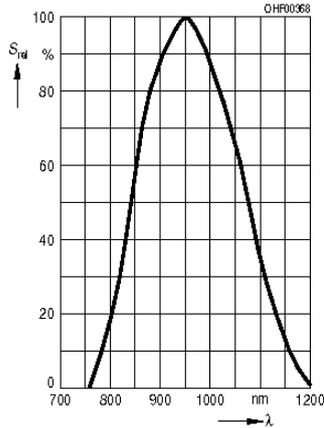
Bezeichnung Description	Symbol Symbol	Wert Value	Einheit Unit
Fotoempfindlichkeit Spectral sensitivity $V_R = 5\text{ V}$, $E_e = 1\text{ mW/cm}^2$	S	50 (≥ 40)	μA
Wellenlänge der max. Fotoempfindlichkeit Wavelength of max. sensitivity	$\lambda_{S\max}$	950	nm
Spektraler Bereich der Fotoempfindlichkeit $S = 10\%$ von S_{\max} Spectral range of sensitivity $S = 10\%$ of S_{\max}	λ	780 ... 1100	nm
Bestrahlungsempfindliche Fläche Radiant sensitive area	A	7.00	mm^2
Abmessung der bestrahlungsempfindlichen Fläche Dimensions of radiant sensitive area	$L \times B$ $L \times W$	2.65×2.65	$\text{mm} \times \text{mm}$
Halbwinkel Half angle	φ	± 60	Grad deg.
Dunkelstrom, $V_R = 10\text{ V}$ Dark current	I_R	2 (≤ 30)	nA
Spektrale Fotoempfindlichkeit Spectral sensitivity	S_λ	0.59	A/W
Quantenausbeute Quantum yield	η	0.77	<u>Electrons</u> Photon
Leerlaufspannung, $E_e = 0.5\text{ mW/cm}^2$ Open-circuit voltage	V_O	330 (≥ 275)	mV

SIEMENS**BPW 34 F, BPW 34 FS
BPW 34 FS (E9087)**

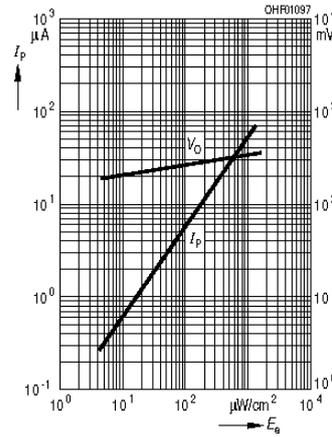
Kennwerte ($T_A = 25\text{ °C}$, $\lambda = 950\text{ nm}$)
Characteristics (cont'd)

Bezeichnung Description	Symbol Symbol	Wert Value	Einheit Unit
Kurzschlußstrom, $E_e = 0.5\text{ mW/cm}^2$ Short-circuit current	I_{SC}	25	μA
Anstiegs- und Abfallzeit des Fotostromes Rise and fall time of the photocurrent $R_L = 50\ \Omega$; $V_R = 5\text{ V}$; $\lambda = 850\text{ nm}$; $I_p = 800\ \mu\text{A}$	t_r, t_f	20	ns
Durchlaßspannung, $I_F = 100\text{ mA}$, $E = 0$ Forward voltage	V_F	1.3	V
Kapazität, $V_R = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$, $E = 0$ Capacitance	C_0	72	pF
Temperaturkoeffizient von V_O Temperature coefficient of V_O	TC_V	- 2.6	mV/K
Temperaturkoeffizient von I_{SC} Temperature coefficient of I_{SC}	TC_I	0.18	%/K
Rauschäquivalente Strahlungsleistung Noise equivalent power $V_R = 10\text{ V}$	NEP	4.3×10^{-14}	$\frac{\text{W}}{\sqrt{\text{Hz}}}$
Nachweisgrenze, $V_R = 10\text{ V}$ Detection limit	D^*	6.2×10^{12}	$\frac{\text{cm} \cdot \sqrt{\text{Hz}}}{\text{W}}$

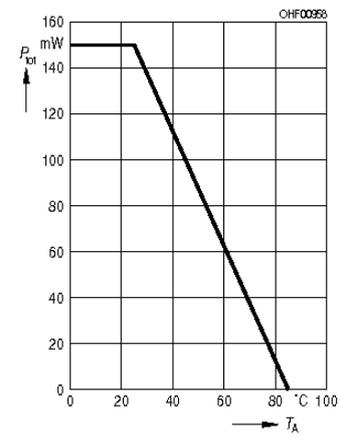
Relative spectral sensitivity
 $S_{rel} = f(\lambda)$



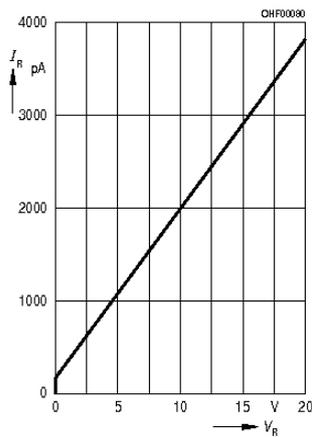
Photocurrent $I_p = f(E_e)$, $V_R = 5\text{ V}$
Open-circuit voltage $V_O = f(E_e)$



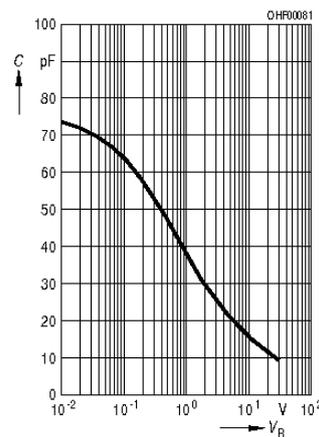
Total power dissipation
 $P_{tot} = f(T_A)$



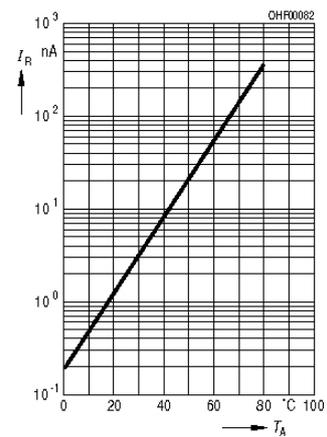
Dark current
 $I_R = f(V_R), E = 0$



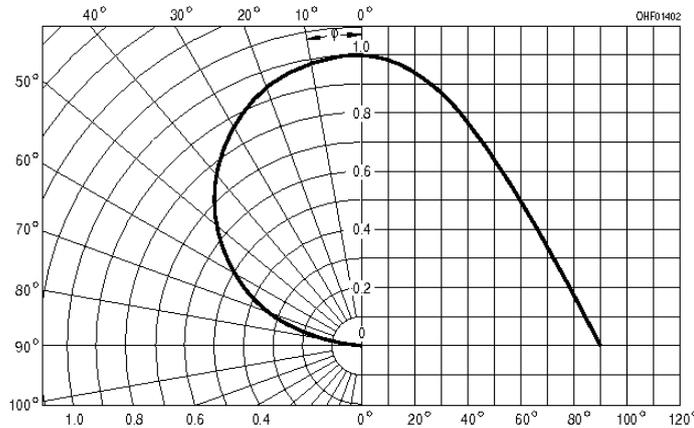
Capacitance
 $C = f(V_R), f = 1\text{ MHz}, E = 0$



Dark current
 $I_R = f(T_A), V_R = 10\text{ V}, E = 0$



Directional characteristics $S_{rel} = f(\phi)$



Anhang D

Ventilsteuerbaustein KFD0-SD2-Ex1.10100

Merkmale

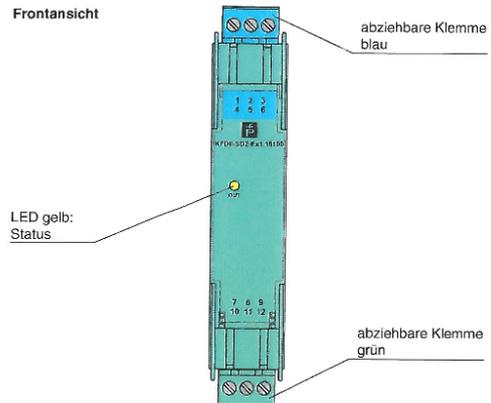
- 1-kanalige Trennbarriere
- 24 V DC-Versorgung (schleifengespeist)
- Strombegrenzung 100 mA bei 10 V DC
- Bis SIL3 gemäß IEC 61508

Funktion

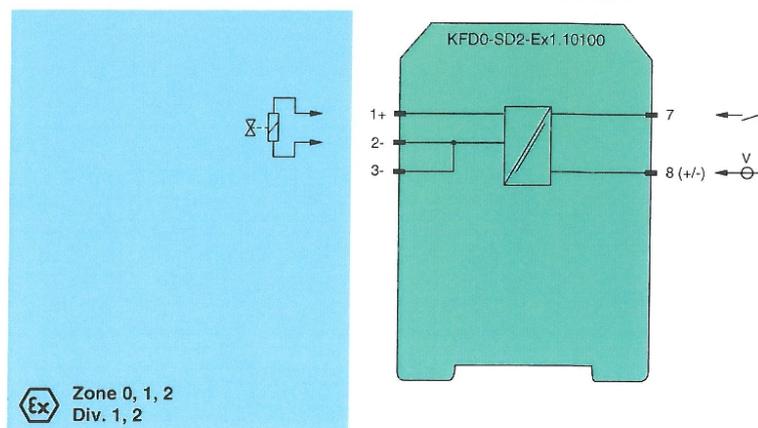
Diese Trennbarriere eignet sich für eigensichere Anwendungen. Das Gerät wird zur Versorgung von Ventilen, Anzeigen und akustischen Alarmen im explosionsgefährdeten Bereich eingesetzt.

Das Gerät ist schleifengespeist, so dass der Ausgang seine Energie aus dem Eingangssignal bezieht. Das Ausgangssignal hat eine Widerstandskennlinie. Daraus resultiert, dass Ausgangsspannung und Ausgangsstrom von der Last abhängig sind.

Bei Maximallast steht eine Spannung von 10 V bei 100 mA für die Anwendung im explosionsgefährdeten Bereich zur Verfügung.

Aufbau

SIL3

Anschluss

Veröffentlichungsdatum 2010-03-17 14:48 Ausgabedatum 2010-03-17 13:237 GER.xml

Zumutbare Änderungen aufgrund technischer Verbesserungen vorbehalten.

Copyright Pepperl+Fuchs, Printed in Germany

Pepperl+Fuchs GmbH • 68301 Mannheim • Telefon +49-621-776-2222 • Telefax +49-621-776-272222 • Internet www.pepperl-fuchs.com

Technische Daten

KFD0-SD2-Ex1.10100

Allgemeine Daten	
Signaltyp	Binärausgang
Versorgung	
Bemessungsspannung	schleifengespeist
Verlustleistung	< 1,2 W ($U_i \leq 30$ V)
Eingang	
Anschluss	Klemmen 7, 8
Bemessungsspannung U_i	20 ... 35 V DC
Strom	150 mA bei 20 V Eingangsspannung, Bürde = 100 Ω 100 mA bei 35 V Eingangsspannung, Bürde = 100 Ω
Ausgang	
Innenwiderstand	≤ 68 Ω
Begrenzung	Strom $I_E: \geq 100$ mA Spannung $U_E: \geq 10$ V
Leerlaufspannung	$\geq 16,2$ V
Anschluss	Klemmen 1+, 2-
Ausgangsstrom	100 mA
Ausgangssignal	Diese Werte sind für die Bemessungsbetriebsspannung 20 ... 35 V DC gültig.
Anzugs-/Abfallverzögerung	Einzelbetätigung: 300 μ s / 50 μ s; periodisch: 5 μ s / 50 μ s
Richtlinienkonformität	
Elektromagnetische Verträglichkeit	
Richtlinie 2004/108/EG	EN 61326-1:2006
Konformität	
Elektromagnetische Verträglichkeit	NE 21
Schutzart	IEC 60529
Umgebungsbedingungen	
Umgebungstemperatur	-20 ... 60 °C (-4 ... 140 °F)
Mechanische Daten	
Schutzart	IP20
Masse	ca. 100 g
Abmessungen	20 x 107 x 115 mm, Gehäusotyp B1
Daten für den Einsatz in Verbindung mit Ex-Bereichen	
EG-Baumusterprüfbescheinigung	BASEEFA 06 ATEX 0252, weitere Bescheinigungen siehe www.pepperl-fuchs.com
Gruppe, Kategorie, Zündschutzart	Ex II (1)GD [Ex ia] IIC; [Ex iaD] [Stromkreis(e) in Zone 0/1/2/20/21/22] Ex I (M1) [Ex ia] I
Ausgang	Ex ia IIC, Ex iaD
Spannung U_o	17 V
Strom I_o	271 mA
Leistung P_o	1,152 W
Zündschutzart [EEx ia]	
Eingang	
Sicherheitst. Maximalspannung U_m	250 V (Achtung! Die Bemessungsspannung kann geringer sein.)
Konformitätsaussage	TÜV 99 ATEX 1499 X, Konformitätsaussage berücksichtigen
Gruppe, Kategorie, Zündschutzart, Temperaturklasse	Ex II 3G Ex nA II T4
Galvanische Trennung	
Eingang/Ausgang	sichere galvanische Trennung nach EN 50020, Scheitelwert der Spannung 375 V
Richtlinienkonformität	
Richtlinie 94/9/EG	EN 60079-0, EN 50020, EN 60079-26, EN 61241-11, EN 60079-15
Internationale Zulassungen	
FM-Zulassung	
Control Drawing	266-031FM-12 (cFMus)
UL-Zulassung	
Control Drawing	116-0316 (cULus)
IECEX-Zulassung	
	IECEX BAS 06.0058
Allgemeine Informationen	
Ergänzende Informationen	Beachten Sie, soweit zutreffend, die EG-Baumusterprüfbescheinigungen, Konformitätsaussagen, Konformitätserklärungen, Konformitätsbescheinigungen und Betriebsanleitungen. Diese Informationen finden Sie unter www.pepperl-fuchs.com .

Veröffentlichungsdatum 2010-03-17 14:49 Ausgabedatum 2010-03-17 13:237_GER.xml

Zumutbare Änderungen aufgrund technischer Verbesserungen vorbehalten.

Copyright Pepperl+Fuchs, Printed in Germany

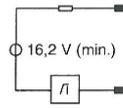
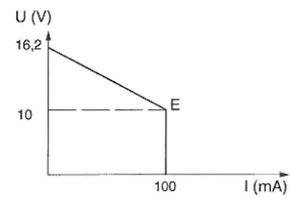
Pepperl+Fuchs GmbH • 68301 Mannheim • Telefon +49-621-776-2222 • Telefax +49-621-776-272222 • Internet www.pepperl-fuchs.com

Hinweise

Ausgangs-Ersatzschaltbild

 68Ω (max.)

16,2 V (min.)

Ausgangskennlinie für
Eingangsspannung 20 V ... 35 V
E: Kurvенеckpunkt (U_E, I_E)

Anhang E

Baumusterprüfbescheinigungen Ventilsteuerbaustein



(1) Konformitätsaussage

- (2) Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen - **Richtlinie 94/9/EG**
- (3) Prüfbescheinigungsnummer



TÜV 99 ATEX 1499 X

- (4) Gerät: Geräte der K-Serie Typen KFD.-...-...
- (5) Hersteller: Pepperl + Fuchs GmbH
- (6) Anschrift: Postfach 68301
D-68307 Mannheim
- (7) Die Bauart dieses Gerätes sowie die verschiedenen zulässigen Ausführungen sind in der Anlage zu dieser Prüfbescheinigung festgelegt.
- (8) Der TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt e.V., TÜV CERT-Zertifizierungsstelle, bescheinigt als benannte Stelle Nr. 0032 nach Artikel 9 der Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften vom 23. März 1994 (94/9/EG) die Erfüllung der grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen für die Konzeption und den Bau von Geräten und Schutzsystemen zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen gemäß Anhang II der Richtlinie.
Die Ergebnisse der Prüfung sind in dem vertraulichen Prüfbericht Nr. 99/PX20790 festgelegt.
- (9) Die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen werden erfüllt durch Übereinstimmung mit
EN 50 021: 1999
- (10) Falls das Zeichen "X" hinter der Bescheinigungsnummer steht, wird auf besondere Bedingungen für die sichere Anwendung des Gerätes in der Anlage zu dieser Bescheinigung hingewiesen.
- (11) Diese Konformitätsaussage bezieht sich nur auf die Konzeption und den Bau des festgelegten Gerätes gemäß Richtlinie 94/9/EG. Weitere Anforderungen dieser Richtlinie gelten für die Herstellung und das Inverkehrbringen dieses Gerätes.
- (12) Die Kennzeichnung des Gerätes muß die folgenden Angaben enthalten:

 II 3 G EEx n A II T4

TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt e.V.
TÜV CERT-Zertifizierungsstelle
Am TÜV 1
D-30519 Hannover


Der Leiter



Hannover, 03.12.1999



(13)

ANLAGE(14) **Konformitätsaussage Nr. TÜV 99 ATEX 1499 X**

(15) Beschreibung des Gerätes

Geräte der K-Serie Typen KFD-....-.... dienen zur galvanischen Trennung von MSR-Signalen im explosionsgefährdeten Bereich und im nicht explosionsgefährdeten Bereich. Die Geräte der K-Serie Typen KFD-....-.... dürfen in explosionsgefährdeten Bereichen der Zone 2 errichtet werden.

Die höchstzulässige Umgebungstemperatur beträgt 60°C.

Elektrische Daten

Gerätetyp	Nennwerte für	Anschlußklemmen	geltende "Besondere Bedingungen" Nr.
Trennschaltverstärker KFD2-SOT2-Ex1.LB KFD2-SOT2-Ex1.LB-Y KFD2-SOT2-Ex2 KFD2-SOT2-Ex2-Y KFD2-ST2-Ex1.LB KFD2-ST2-Ex2	Speisespannung: 20 ... 30 VDC Ausgangsstromkreise: KFD2-SOT2*** $U_n \leq 40$ VDC, 100 mA KFD2-ST2*** 100 mA	Speisespannung: 14, 15 bzw. Power Rail Ausgangsstromkreise: 7, 8, 9 (KFD2-SOT2***); 7, 9 (KFD2-ST2***) bzw. Power Rail	1, 2, 3, 4, 5
Trennwandler KFD2-RR-Ex1***	Speisespannung: 15 ... 50 VDC	Speisespannung: 7; 8 bzw. Power Rail	1, 2, 4, 6
Ventilsteuerbaustein	Speisespannung:	Speisespannung: 7, 8	1, 2, 4
KFD2-SD-Ex1.17	5 ... 25 VDC		
KFD2-SD-Ex1.36	15 ... 35 VDC		
KFD2-SD-Ex1.36-87B	15 ... 35 VDC		
KFD2-SD-Ex1.48	5 ... 35 VDC		
KFD2-SD-Ex1.48.90A	5 ... 35 VDC		
SMART-Transmitter KFD2-STC4-Ex1 KFD2-STC4-Ex1.20 KFD2-STC4-Ex1.Y2186 KFD2-STC4-Ex2 KFD2-STC4-Ex2.Y72195	Speisespannung: 20 ... 35 VDC	Speisespannung: 14, 15 bzw. Power Rail	1, 2, 4
Trennwandler KFD2-VR-Ex1.50M KFD2-VR-Ex1.50M.L KFD2-VR-Ex1.50M.R	Speisespannung: 10 ... 40 VDC	Speisespannung: 11, 12 bzw. Power Rail	1, 2, 6 (für die Speisespannung)



Anlage zur Konformitätsaussage Nr. TÜV 99 ATEX 1499 X

Gleichstromwandler KFD0-CS-Ex1.50P KFD0-CS-Ex1.51P KFD0-CS-Ex1.52 KFD0-CS-Ex1.53 KFD0-CS-Ex1.54 KFD0-CS-Ex2.53 KFD0-CS-Ex2.54 KFD0-CS-Ex2.50P KFD0-CS-Ex2.51P KFD0-CS-Ex2.51P-96C KFD0-CS-Ex2.52	--	--	1, 2, 4
Trennwandler	Speisespannung: 20 ... 35 VDC	Speisespannung: 7, 8 bzw. Power Rail	1, 2, 4 (für alle Trennwandler)
KFD2-CD-Ex1.32 KFD2-CD-Ex1.32.10 KFD2-CD-Ex1.32-1 KFD2-CD-Ex1.32-12 KFD2-CD-Ex1.32-13			6 für: Speisespannung und Eingänge
KFD2-CD-Ex1.32-15			Speisespannung
KFD2-CD-Ex1.32-2			Speisespannung und Eingänge
KFD2-CD-Ex1.32-21 KFD2-CD-Ex1.32-3 KFD2-CD-Ex1.32-5 KFD2-CD-Ex1.32-6 KFD2-CD-Ex1.32-8			Speisespannung
KFD2-CD-Ex1.32-9 KFD2-CD-1.32 KFD2-CD-1.32-12 KFD2-CD-1.32-13			Speisespannung und Eingänge
KFD2-CD-1.32-15			Speisespannung
KFD2-CD-1.32-2			Speisespannung und Eingänge
KFD2-CD-1.32-8			Speisespannung
SMART Trennwandler KFD2-SCD-Ex1.LK			Speisespannung: 20 ... 35 VDC

BA 02 11.98 1.000.000

Daten-
und Signalstromkreise elektrische Daten und Anschlüsse gemäß Angaben des
Herstellers und gültigen Konformitätsbescheinigungen bzw.
EG-Baumusterprüfbescheinigungen



5. ERGÄNZUNG

zur Konformitätsaussage: **TÜV 99 ATEX 1499 X**
 Gerät: Geräte der K-Serie Typen KFD.-...-...
 Hersteller: Pepperl + Fuchs GmbH
 Lilienthalstrasse 200
 68307 Mannheim
 Anschrift:
 Auftragsnummer: 8000553879
 Ausstellungsdatum: 06.10.2008

Änderungen:

Die Geräte der K-Serie Typen KFD.-...-... dürfen künftig auch gemäß den im Prüfbericht aufgeführten Unterlagen gefertigt werden.

Die Änderungen betreffen die zur Beurteilung herangezogenen Normenstände, die Kennzeichnung und technische Änderungen bzw. neu hinzu gekommene Gerätetypen.

Die Geräte erfüllen die Anforderungen der folgenden Normen:

EN 60079-0:2006

EN 60079-15:2005

Die Konformitätsaussage Nr. TÜV 99 ATEX 1499 X einschließlich der Ergänzungen ist künftig für die Geräte und Angaben gemäß der folgenden Tabelle gültig:

Gerätetyp	Nennwerte für	Anschlussklemmen	geltende "Besondere Bedingungen" Nr.
KFD0-CS-Ex1.50P KFD0-CS-Ex1.51P KFD0-CS-Ex1.52 KFD0-CS-Ex1.53 KFD0-CS-Ex1.54 KFD0-CS-Ex2.50P KFD0-CS-Ex2.51P KFD0-CS-Ex2.52 KFD0-CS-Ex2.53 KFD0-CS-Ex2.54	--	--	1, 2, 4
KFD0-SD2-Ex1.10100 KFD0-SD2-Ex1.1065 KFD0-SD2-Ex1.1180 KFD0-SD2-Ex1.1045 KFD0-SD2-Ex2.1045 KFD0-SD2-Ex1.1245	Nennspannung: 20 ... 35 VDC	Nennspannung: 7, 8 bzw. 7, 8 und 10, 11	1, 2, 4



5. Ergänzung zur Konformitätsaussage Nummer TÜV 99 ATEX 1499 X

KFD2-CD-1.32	Speisespannung: 20 ... 35 VDC	Speisespannung: 11, 12 bzw. Power Rail	1, 4
KFD2-CD-Ex1.32 KFD2-CD-Ex1.32-1 KFD2-CD-Ex1.32-2 KFD2-CD-Ex1.32-3 KFD2-CD-Ex1.32-5 KFD2-CD-Ex1.32-6 KFD2-CD-Ex1.32-8 KFD2-CD-Ex1.32-9 KFD2-CD-Ex1.32-10 KFD2-CD-Ex1.32-12 KFD2-CD-Ex1.32-13 KFD2-CD-Ex1.32-15 KFD2-CD-Ex1.32-21	Speisespannung: 20 ... 35 VDC	Speisespannung: 11, 12 bzw. Power Rail	1, 2, 4
KFD2-CD2-Ex1 KFD2-CD2-Ex2	Speisespannung: 20 ... 35 VDC	Speisespannung: 14, 15 bzw. Power Rail	1, 2, 3, 4
KFD2-SCD-Ex1.LK	Speisespannung: 20 ... 35 VDC	Speisespannung: 11, 12 bzw. Power Rail	1, 2, 4
KFD2-SCD2-Ex1.LK KFD2-SCD2-Ex2.LK	Speisespannung: 20 ... 35 VDC	Speisespannung: 14, 15 bzw. Power Rail	1, 2, 3, 4
KFD2-SOT2-Ex1.LB KFD2-SOT2-Ex1.LB.IO KFD2-SOT2-Ex2 KFD2-SOT2-Ex2.IO KFD2-ST2-Ex1.LB KFD2-ST2-Ex2 KFD2-SOT2-Ex2.IO-Y 181008	Speisespannung: 20 ... 30 VDC Ausgangsstromkreise: Un≤40 VDC, 100 mA bzw. für KFD2-ST2-*** 100 mA	Speisespannung: 14, 15 bzw. Power Rail Ausgangsstromkreise: 7, 8, 9 bzw. 7/8 und 10/11	1, 2, 3, 4



5. Ergänzung zur Konformitätsaussage Nummer TÜV 99 ATEX 1499 X

KFD2-STC4-Ex2-RSC KFD2-STC4-Ex1 KFD2-STC4-Ex1.H KFD2-STC4-Ex1.2O KFD2-STC4-Ex1.2O.H KFD2-STC4-Ex2 KFD2-STC4-Ex1.2O-Y 122582 KFD2-STC4-Ex2-Y 132953 KFD2-STC4-Ex1-Y 122583 KFD2-STC4-Ex1-Y 204907	Speisespannung: 20 ... 35 VDC	Speisespannung: 14, 15 bzw. Power Rail	1, 2, 4
KFD2-VR4-Ex1.26	Speisespannung: 20 ... 35 VDC	Speisespannung: 11, 12 bzw. Power Rail	1, 2, 4
KFD2-STV4-Ex1-1 KFD2-STV4-Ex1-2 KFD2-STV4-Ex1.2O-1 KFD2-STV4-Ex1.2O-2 KFD2-STV4-Ex2-1 KFD2-STV4-Ex2-2	Speisespannung: 20 ... 35 VDC	Speisespannung: 14, 15 bzw. Power Rail	1, 2, 4

Die Kennzeichnung ändert sich wie folgt:

 II 3 G Ex nA II T4

(16) Die Prüfungsunterlagen sind im Prüfbericht Nr. 08 204 553879 aufgelistet.



5. Ergänzung zur Konformitätsaussage Nummer TÜV 99 ATEX 1499 X

(17) Besondere Bedingungen

Die "Besonderen Bedingungen" werden für die Geräte, die in dieser Ergänzung aufgelistet sind, wie folgt geändert:

1. Geräte der K-Serie Typen KFD.-...-... sind in einem geeigneten Gehäuse entsprechend EN 60079-0 und EN 60079-15 so zu errichten, dass eine Schutzart von mindestens IP 54 gemäß EN 60529 erreicht wird.
2. Die für die Geräte gültige EG-Baumusterprüfbescheinigung muss beachtet werden
3. Das Betätigen aller Schalter ist nur ist nur zulässig wenn keine explosionsfähige Atmosphäre vorhanden ist.
4. Das Verbinden und Trennen der Anschlüsse von nicht eigensicheren Stromkreisen unter Spannung ist nur ist nur zulässig wenn keine explosionsfähige Atmosphäre vorhanden ist.

(18) Grundlegende Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen

keine zusätzlichen

TÜV NORD CERT GmbH, Langemarckstraße 20, 45141 Essen, akkreditiert durch die Zentralstelle der Länder für Sicherheitstechnik (ZLS), Ident. Nr. 0044, Rechtsnachfolger der TÜV NORD CERT GmbH & Co. KG Ident. Nr. 0032

Der Leiter der Zertifizierungsstelle

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Schwedt".

Schwedt

Geschäftsstelle Hannover, Am TÜV 1, 30519 Hannover, Tel.: +49 (0) 511 986-1455, Fax: +49 (0) 511 986-1590

Certificate Number
Baseefa06ATEX0252



Issued 2 October 2006
Page 1 of 5

- 1 **EC - TYPE EXAMINATION CERTIFICATE**
- 2 **Equipment or Protective System Intended for use in Potentially Explosive Atmospheres
Directive 94/9/EC**
- 3 EC - Type Examination Certificate Number: **Baseefa06ATEX0252**
- 4 Equipment or Protective System: **Type KFD0-SD2-Ex Series Transformer Isolated Solenoid Drivers**
- 5 Manufacturer: **Pepperl + Fuchs GmbH**
- 6 Address: **Königsberger Allee 87, 68307 Mannheim, Germany**
- 7 This equipment or protective system and any acceptable variation thereto is specified in the schedule to this certificate and the documents therein referred to.
- 8 Baseefa (2001) Ltd., Notified Body number 1180, in accordance with Article 9 of the Council Directive 94/9/EC of 23 March 1994, certifies that this equipment or protective system has been found to comply with the Essential Health and Safety Requirements relating to the design and construction of equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres given in Annex II to the Directive.
- The examination and test results are recorded in confidential Report No. 06(C)0106/3
- 9 Compliance with the Essential Health and Safety Requirements has been assured by compliance with:
EN 60079-0: 2004 EN 50020: 2002 IEC 61241-0: 2004 IEC 61241-11: 2005
except in respect of those requirements listed at item 18 of the Schedule.
- 10 If the sign "X" is placed after the certificate number, it indicates that the equipment or protective system is subject to special conditions for safe use specified in the schedule to this certificate.
- 11 This EC - TYPE EXAMINATION CERTIFICATE relates only to the design and construction of the specified equipment or protective system. Further requirements of the Directive apply to the manufacturing process and supply of this equipment or protective system. These are not covered by this certificate.
- 12 The marking of the equipment or protective system shall include the following :
- ⊕ II (1) GD [Ex ia] IIC / IIB -20°C ≤ T_a ≤ +60°C (See section 15 of the Schedule)
[Ex iaD]
- ⊕ I (M1) [Ex ia] I

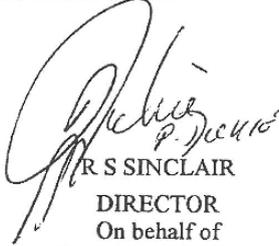
This certificate may only be reproduced in its entirety, without any change, schedule included.

Baseefa Customer Reference No. 0808

Project File No. 06/0106

This certificate is granted subject to the general terms and conditions of Baseefa (2001) Ltd. It does not necessarily indicate that the equipment may be used in particular industries or circumstances.

Baseefa
Rockhead Business Park, Staden Lane,
Buxton, Derbyshire SK17 9RZ
Telephone +44 (0) 1298 766600 Fax +44 (0) 1298 766601
e-mail info@baseefa.com web site www.baseefa.com
Baseefa is a trading name of Baseefa (2001) Ltd
Registered in England No. 4305578 at the above address


R S SINCLAIR
DIRECTOR
On behalf of
Baseefa (2001) Ltd.

Certificate Number
Baseefa06ATEX0252



Issued 2 October 2006
Page 2 of 5

13

Schedule

14

Certificate Number Baseefa06ATEX0252

15 Description of Equipment or Protective System

The Type KFD0-SD2-Ex Series Transformer Isolated Solenoid Drivers are designed to transfer current from unspecified apparatus located in the non-hazardous area to the hazardous area. The voltage and current passed to the hazardous area are limited to intrinsically safe levels and have linear characteristics. The hazardous area circuit is galvanically isolated from the non-hazardous area circuit using transformers.

The Type KFD0-SD2-Ex Series Transformer Isolated Solenoid Drivers comprise a number of electronic components, including isolating transformers, fuses, zener diodes and resistors all mounted on printed circuit boards and housed in a plastic enclosure with polarised plug-in terminals for hazardous and non-hazardous area connections. LED indication is provided for channel status.

There are single and dual channel models of the apparatus. The dual channel versions have two printed circuit boards fitted and are denoted by '2' after 'Ex' in the model number. The digits at the end of the model number denote the voltage and current limit of the apparatus. The following models are in the range: -

KFD0-SD2-Ex1.1045
KFD0-SD2-Ex2.1045
KFD0-SD2-Ex1.1245
KFD0-SD2-Ex2.1245
KFD0-SD2-Ex1.1065
KFD0-SD2-Ex2.1065
KFD0-SD2-Ex1.10100
KFD0-SD2-Ex1.1180 ([Ex ia] IIB only)

Input/Output Parameters

Non-Hazardous Area Terminals 7 to 9

$$U_m = 253V \text{ r.m.s.}$$

The circuit connected to non-hazardous area terminals 7 to 9 are designed to operate from a d.c. supply up to 35V.

Hazardous Area Terminals 1 w.r.t. 2 & 3 (Channel 1)

Or

Hazardous Area Terminals 4 w.r.t. 5 & 6 (Channel 2)

Model No.	U_o (V)	I_o (mA)	P_o (W)	C_i (μ F)	L_i (mH)
KFD0-SD2-Ex*.1045	25.2	93	0.586	0	0
KFD0-SD2-Ex*.1245	25.2	110	0.693	0	0
KFD0-SD2-Ex*.1065	17.22	220	0.947	0	0
KFD0-SD2-Ex1.1180	25.2	184	1.159	0	0
KFD0-SD2-Ex1.10100	17	271	1.152	0	0

NOTE: * in model number denotes the number of channels. '1' denotes a single channel version and '2' a dual channel version. Hazardous Area Terminals 4 to 6 are only fitted on dual channel models.

Certificate Number
Baseefa06ATEX0252



Issued 2 October 2006
Page 3 of 5

The capacitance and either the inductance or the inductance to resistance ratio (L/R) of the load connected to the output terminals of each channel must not exceed the following values for each model:

GROUP	CAPACITANCE in μF	INDUCTANCE in mH	OR	L/R RATIO in $\mu\text{H}/\Omega$
Type KFD0-SD2-Ex*.1045				
IIC	0.107	4.11		60
IIB	0.82	16.44		242
IIA	2.90	32.88		485
I	4.15	53.95		796
Type KFD0-SD2-Ex*.1245				
IIC	0.107	2.93		51
IIB	0.82	11.75		205
IIA	2.90	23.50		410
I	4.15	38.56		673
Type KFD0-SD2-Ex*.1065				
IIC	0.353	0.73		37
IIB	2.06	2.93		150
IIA	8.50	5.87		300
I	10.60	9.64		492
Type KFD0-SD2-Ex1.10100				
IIC	0.375	0.48		30
IIB	2.20	1.93		123
IIA	9.00	3.87		246
I	11.00	6.35		405
Type KFD0-SD2-Ex1.1180 ([Ex ia] IIB only)				
IIB	0.82	4.20		122
IIA	2.90	8.40		245
I	4.15	13.78		402

Note: The above load parameters apply where:

1. The external circuit contains no combined lumped inductance L_1 and capacitance greater than 1% of the above values.
- Or 2. The inductance and capacitance are distributed as in a cable.
- Or 3. The external circuit contains either only lumped inductance or lumped capacitance in combination with a cable.

In all other situations e.g. the external circuit contains combined lumped inductance and capacitance, up to 50% of each of the L and C values is allowed.

16 Report Number

06(C)0106/3

17 Special Conditions for Safe Use

None

18 Essential Health and Safety Requirements

All relevant Essential Health and Safety Requirements are covered by the standards listed at item 9.

Certificate Number
Baseefa06ATEX0252



Issued 2 October 2006
Page 4 of 5

19 Drawings and Documents

Number	Sheet	Issue	Date	Description
266-018BS	1	Original	2006-Jan-06	Summary – KFD0-SD2-Ex*..
266-018BS-00	1 to 14	Original	2006-Jan-06	Description – KFD0-SD2-Ex... Series Solenoid Drivers
266-018BS-01	1	Original	2005-Nov-23	Schematic – KFD0-SD2-Ex*..
266-018BS-01	2 & 3	Original	2005-Nov-23	Schematic – KFD0-SD2-Ex*.1045, *.1245 and *.1065 (PCB1)
266-018BS-01	4 & 5	Original	2005-Nov-23	Schematic – KFD0-SD2-Ex2.1045, 2.1245 and 2.1065 (PCB2)
266-018BS-01	6 & 7	Original	2005-Nov-23	Schematic – KFD0-SD2-Ex1.1180 and KFD0-SD2-Ex1.10100
266-018BS-02	1 to 5	Original	2005-Dec-16	Safety Related Components – KFD0-SD2-Ex Series Solenoid Drivers
266-018BS-03	1	Original	2005-Nov-23	Component Overlay – KFD0-SD2-Ex*.1045, *.1065 and *.1245 (PCB1)
266-018BS-03	2	Original	2005-Nov-23	Component Overlay – KFD0-SD2-Ex2.1045, *.1065 and 2.1245 (PCB2)
266-018BS-03	3	Original	2005-Nov-23	Component Overlay – KFD0-SD2-Ex1.1180 & 10100
266-018BS-04	1 & 2	Original	2005-Nov-22	Moulded Transformer Housing – KFD0-SD2-Ex***
266-018BS-04	3 & 4	Original	2005-Nov-22	Toroidal Housing – KFD0-SD2-Ex***
266-018BS-04	5 to 11	Original	2005-Nov-22	KF – Housing 12 Term. Symm – KFD0-SD2-Ex***
266-018BS-05	1	Original	2005-Nov-23	Main Printed Circuit Boards – KFD0-SD2-Ex*...
266-018BS-05	2	Original	2005-Nov-23	Printed Circuit Board – Top Copper – KFD0-SD2-Ex*.1045, *.1065 & *.1245 (PCB1)
266-018BS-05	3	Original	2005-Nov-23	Printed Circuit Board – Bottom Copper – KFD0-SD2-Ex*.1045, *.1065 & *.1245 (PCB1)
266-018BS-05	4	Original	2005-Nov-23	Printed Circuit Board – Top Creepage/Clearance – KFD0-SD2-Ex*.1045, *.1065 & *.1245 (PCB1)
266-018BS-05	5	Original	2005-Nov-23	Printed Circuit Board – Bottom Creepage/Clearance Copper – KFD0-SD2-Ex*.1045, *.1065 & *.1245 (PCB1)
266-018BS-05	6	Original	2005-Nov-23	PCB Top Lacquering Details – KFD0-SD2-Ex*.1045, *.1065 & *.1245 (PCB1)
266-018BS-05	7	Original	2005-Nov-23	PCB Bottom Lacquering Details – KFD0-SD2-Ex*.1045, *.1065 & *.1245 (PCB1)
266-018BS-05	8	Original	2005-Nov-23	Printed Circuit Board – Top Copper – KFD0-SD2-Ex2.1045, *.1065 & *.1245 (PCB2)
266-018BS-05	9	Original	2005-Nov-23	Printed Circuit Board – Bottom Copper – KFD0-SD2-Ex2.1045, *.1065 & *.1245 (PCB2)
266-018BS-05	10	Original	2005-Nov-23	Printed Circuit Board – Top Creepage/Clearance – KFD0-SD2-Ex2.1045, *.1065 & *.1245 (PCB2)
266-018BS-05	11	Original	2005-Nov-23	Printed Circuit Board – Bottom Creepage/Clearance – KFD0-SD2-Ex2.1045, *.1065 & *.1245 (PCB2)
266-018BS-05	12	Original	2005-Nov-23	PCB Top Lacquering Details - KFD0-SD2-Ex2.1045, *.1065 & *.1245 (PCB2)

Certificate Number
Baseefa06ATEX0252



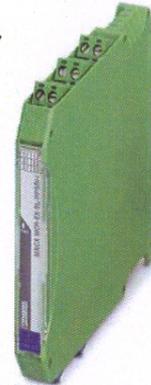
Issued 2 October 2006
Page 5 of 5

Number	Sheet	Issue	Date	Description
266-018BS-05	13	Original	2005-Nov-23	PCB Bottom Lacquering Details – KFD0-SD2-Ex2.1045, *.1065 & *.1245 (PCB2)
266-018BS-05	14	Original	2005-Nov-23	Printed Circuit Board – Top Copper – KFD0-SD2-Ex1.1180 and 10100
266-018BS-05	15	Original	2005-Nov-23	Printed Circuit Board – Bottom Copper – KFD0-SD2-Ex1.1180 and 10100
266-018BS-05	16	Original	2005-Nov-23	Printed Circuit Board – Top Creepage/Clearance – KFD0-SD2-Ex1.1180 and 10100
266-018BS-05	17	Original	2005-Nov-23	Printed Circuit Board – Bottom Creepage/Clearance – KFD0-SD2-Ex1.1180 and 10100
266-018BS-05	18	Original	2005-Nov-23	PCB Top Lacquering Details – KFD0-SD2-Ex1.1180 and 10100
266-018BS-05	19	Original	2005-Nov-23	PCB Lacquering Details – KFD0-SD2-Ex1.1180 and 10100
266-018BS-05	20	Original	2005-Nov-23	Printed Circuit Board for Transformer – KFD0-SD2-Ex*..
266-018BS-06	1 to 3	Original	2005-Nov-24	Transformer Details – KFD0-SD2-Ex*.1065
266-018BS-06	4 to 6	Original	2005-Nov-24	Transformer Details – KFD0-SD2-Ex*.1045 and ..2.1245
266-018BS-06	7 to 9	Original	2005-Nov-24	Transformer Details – KFD0-SD2-Ex1.10100
266-018BS-06	10 to 12	Original	2005-Nov-24	Transformer Details – KFD0-SD2-Ex1.1180
266-018BS-10	1	Original	2005-Nov-25	Type Label – KFD0-SD2-Ex1.1180 (IIB)
266-018BS-10	2	Original	2005-Nov-25	Type Label – KFD0-SD2-Ex... (IIC)

Anhang F

Speisetrennverstärker MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I

MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I(-SP)



Speisetrennverstärker Ex

INTERFACE

Datenblatt
103568_de_01

© PHOENIX CONTACT - 10/2008

1 Beschreibung

Der Speisetrennverstärker Ex **MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I(-SP)** ist für den Betrieb von im Ex-Bereich installierten eigensicheren Messumformern und mA-Stromquellen ausgelegt.

2-Leiter-Messumformer werden mit Energie versorgt und analoge 0/4 ... 20 mA-Messwerte aus dem Ex-Bereich in den Nicht-Ex-Bereich übertragen. 4-Leiter-Messumformer und mA-Stromquellen können über einen nichtspeisenden Eingang betrieben werden. Der Ausgang des Moduls kann aktiv oder passiv betrieben werden.

Dem analogen Messwert können auf der Ex- oder Nicht-Ex-Seite digitale (HART-)Kommunikationssignale überlagert und bidirektional übertragen werden.

Zur Erhöhung der HART-Impedanz bei niederohmigen Systemen kann über eine Klemmstelle ein zusätzlicher Widerstand in den Ausgangskreis geschaltet werden.

In den COMBICON-Steckverbindern sind Prüfbuchsen zum Anschluss von HART-Kommunikatoren integriert.

Die Geräte können in der Zündschutzart „n“ (EN 60079-15) in der Zone 2 installiert werden.

1.1 Eigenschaften

- 1-kanalig
- HART-fähig
- Eingang 0/4 mA ... 20 mA, [Ex ia] IIC, speisend und nichtspeisend
- Ausgang 0/4 mA ... 20 mA (aktiv oder passiv)
- Fehlersignalisierung nach NAMUR NE 43
- SIL 2 nach EN 61508
- Galvanische 3-Wege-Trennung
- Installation in Zone 2 zulässig
- Energieversorgung über Tragschienen-Connector möglich
- mit Schraubanschluss (MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I) oder Federkraftanschluss (MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I-SP)



WARNUNG: Explosionsgefahr

Das Gerät ist ein zugehöriges elektrisches Betriebsmittel für eigensichere Stromkreise. Es ist für den Einsatz in Zone 2 geeignet, wenn Sie besondere Bedingungen beachten.

Halten Sie die für das Errichten und Betreiben geltenden Sicherheitsvorschriften (auch nationale Sicherheitsvorschriften), Unfallverhütungsvorschriften sowie die allgemeinen Regeln der Technik ein.



WARNUNG: Explosionsgefahr

Beachten Sie unbedingt die Sicherheitsbestimmungen und Errichtungshinweise auf Seite 5!



Stellen Sie sicher, dass Sie immer mit der aktuellen Dokumentation arbeiten. Diese steht unter der Adresse www.download.phoenixcontact.de zum Download bereit.



Dieses Datenblatt gilt für die auf der folgenden Seite aufgelisteten Produkte:

Inhaltsverzeichnis

1	Beschreibung.....	1
2	Bestelldaten.....	2
3	Technische Daten.....	2
4	Sicherheitsbestimmungen und Errichtungshinweise	5
5	Installation	6
6	Vergleich der sicherheitstechnischen Daten.....	8
7	Sicherheitsgerichtete Anwendungen (SIL 2).....	9

2 Bestelldaten

Speisetrennverstärker Ex

Beschreibung	Typ	Artikel-Nr.	VPE
Speisetrennverstärker Ex, mit Schraubanschluss	MACX MCR-EX-SL-RPSSHI	2866340	1
Speisetrennverstärker Ex, mit Federkraftanschluss	MACX MCR-EX-SL-RPSSHI-SP	2924016	1

Zubehör

Beschreibung	Typ	Artikel-Nr.	VPE	
Tragschienen-Connector (T-BUS), 5-polig, zur Brückung der Versorgungsspannung, aufschnappbar auf Tragschiene NS 35/... nach EN 60715	ME 6,2 TBUS-2 1,5/5-ST-3,81 GN	2869728	10	
Einspeise- und Fehlermeldemodul, inklusive zugehörigem Tragschienen-Connector ME 17,5 TBUS 1,5/5-ST-3,81 GN	Schraubanschluss	MACX MCR-PTB	2866625	1
	Federkraftanschluss	MACX MCR-PTB-SP	2924184	1



Weiteres Zubehör finden Sie im Katalog „INTERFACE“ von Phoenix Contact.

3 Technische Daten

Eingang

Eingang	Stromeingang, eigensicher
Eingangssignal	
Speisetrennverstärkerbetrieb (Klemmenbelegung 4.1, 4.2)	4 mA ... 20 mA
Speisespannung	> 16 V (bei 20 mA) > 15,3 V (bei 22,5 mA)
Trennverstärkerbetrieb (Klemmenbelegung 5.1, 5.2)	0 mA ... 20 mA, 4 mA ... 20 mA
Spannungsabfall	< 3,5 V

Ausgang

Ausgang	Stromausgang, kurzschlussfest
Ausgangssignal, aktiv	
Speisetrennverstärkerbetrieb	4 mA ... 20 mA
Trennverstärkerbetrieb	0 mA ... 20 mA, 4 mA ... 20 mA
Ausgangssignal, passiv	
Speisetrennverstärkerbetrieb	4 mA ... 20 mA (externe Quellspannung 14 V ... 26 V)
Trennverstärkerbetrieb	0 mA ... 20 mA, 4 mA ... 20 mA (externe Quellspannung 14 V ... 26 V)

MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I(-SP)

Ausgang (Fortsetzung)	
Übertragungsverhalten	1 : 1
Bürde	600 Ω bei 20 mA 525 Ω bei 22,5 mA
Ausgangswelligkeit	< 20 mV _{eff}
Unter-/Überlastbereich (erweiterter Übertragungsbereich für Diagnosen)	0 mA ... 22,5 mA (typisch 23 mA), nach NE 43
Ausgangsverhalten im Fehlerfall	nach NE 43
Bei Leitungsbruch im Eingang	
Speisetrenerverstärkerbetrieb	0 mA (nach NE 43 I < 3,6 mA)
Trennverstärkerbetrieb	0 mA (nach NE 43 I < 3,6 mA)
Bei Leitungskurzschluss im Eingang	
Speisetrenerverstärkerbetrieb	≥ 22,5 mA
Trennverstärkerbetrieb	0 mA
Ausgangsstrom maximal	> 22,5 mA (typisch 23 mA)
Allgemeine Daten	
Versorgungsspannungsbereich	19,2 V DC ... 30 V DC
Stromaufnahme	
Speisetrenerverstärkerbetrieb	< 60 mA (bei 24 V DC)
Trennverstärkerbetrieb	< 35 mA (bei 24 V DC)
Verlustleistung	
Speisetrenerverstärkerbetrieb	< 1,1 W (bei 24 V DC/20 mA)
Trennverstärkerbetrieb	< 0,9 W (bei 24 V DC/20 mA)
Temperaturkoeffizient	
Maximal	< 0,01 %/K
Typisch	< 0,004 %/K
Sprungantwort (10 % ... 90 %)	< 600 μs (bei Sprung 4 mA ... 20 mA)
Übertragungsfehler	
Maximal	< 0,1 % (vom Endwert)
Typisch	< 0,05 % (vom Endwert)
Kommunikation	HART-Protokoll
Signalbandbreite	
von Ex-Bereich in Nicht-Ex-Bereich	0 kHz ... 3 kHz
von Nicht-Ex-Bereich in Ex-Bereich	200 Hz ... 10 kHz
Prüfbuchsen z. B. für HART-Kommunikation	COMBICON mit 2-mm-Buchsen
Galvanische Trennung	
Eingang/Ausgang/Versorgung	300 V _{eff} (Bemessungsisolationsspannung, Überspannungskategorie II, Verschmutzungsgrad 2, sichere Trennung nach EN 61010, EN 50178) 2,5 kV AC (50 Hz, 1 min., Prüfspannung)
Eingang/Ausgang	375 V (Scheitelwert nach EN 60079-11)
Eingang/Versorgung	375 V (Scheitelwert nach EN 60079-11)
Umgebungstemperatur	
Betrieb	-20 °C ... +60 °C (beliebige Einbaulage)
Lagerung/Transport	-40 °C ... +80 °C
Zulässige Luftfeuchtigkeit (Betrieb)	10 % ... 95 % (keine Betauung)
Status-Anzeige	LED grün (Versorgungsspannung)
Material Gehäuse	Polyamid
Farbe	Grün
Schutzart	IP20
Breite x Länge x Höhe	12,5 mm x 114,5 mm x 99 mm (ohne Anschlussklemmen)
Brennbarkeitsklasse nach UL 94	V0
Bauform	Klemmgehäuse zur Montage auf Tragschiene

MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I(-SP)

Konformität	
EMV-Richtlinie 2004/108/EG	EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61326-1
EX-Richtlinie (ATEX)	EN 60079-0, EN 60079-11, EN 60079-15

Sicherheitstechnische Daten nach ATEX für eigensichere Stromkreise

Speisetrennverstärkerbetrieb	
Maximale Spannung U_o	25,2 V
Maximaler Strom I_o	93 mA
Maximale Leistung P_o	587 mW
Gasgruppe	IIC
Maximale Induktivität L_o	2 mH
Maximale Kapazität C_o	107 nF
Trennverstärkerbetrieb	
Maximale Spannung U_i	30 V
Maximaler Strom I_i	130 mA
Maximale Kapazität/Induktivität C_i und L_i	vernachlässigbar
Maximalspannung U_m	253 V AC (125 V DC)

Approbationen

ATEX	Ⓜ II (1) GD [Ex ia] IIC BVS 08 ATEX E 054 X Ⓜ II 3 (1GD) G Ex nA [ia] IIC T4 BVS 08 ATEX E 054 X
IECEX	[Ex ia] IIC; Ex nA [ia] IIC T4 IECEX BVS 08.0016X
UL USA/Kanada	UL beantragt
Funktionale Sicherheit (SIL)	SIL 2 nach EN 61508

Anschlussdaten MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I

Leiterquerschnitt	
starr (minimal/maximal)	0,2 mm ² / 2,5 mm ²
flexibel (minimal/maximal)	0,2 mm ² / 2,5 mm ²
AWG/komil (minimal/maximal)	24/14
Abisolierlänge	7 mm
Anschlussart	steckbarer Schraubanschluss
Anzugsdrehmoment	minimal 0,5 Nm/maximal 0,6 Nm

Anschlussdaten MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I-SP

Leiterquerschnitt	
starr (minimal/maximal)	0,2 mm ² / 1,5 mm ²
flexibel (minimal/maximal)	0,2 mm ² / 1,5 mm ²
AWG/komil (minimal/maximal)	24/16
Abisolierlänge	8 mm
Anschlussart	Federkraftanschluss

4 Sicherheitsbestimmungen und Errichtungshinweise

4.1 Installation und Bedienung

Befolgen Sie die Installationsanweisungen.



ACHTUNG: Installation, Bedienung und Wartung sind von qualifiziertem Fachpersonal durchzuführen.

Halten Sie die für das Errichten und Betreiben geltenden Sicherheitsvorschriften (auch nationale Sicherheitsvorschriften), Unfallverhütungsvorschriften sowie die allgemeinen Regeln der Technik ein.



ACHTUNG: Ein Zugriff auf die Stromkreise im Inneren des Gerätes ist nicht zugelassen.

Reparieren Sie das Gerät nicht selbst, sondern ersetzen Sie es durch ein gleichwertiges Gerät. Reparaturen sind nur durch den Hersteller zulässig.



ACHTUNG: Das Gerät ist für Schutzart IP20 geeignet, wenn:

- es außerhalb des explosionsgefährdeten Bereichs installiert wird.
- die Umgebung sauber und trocken ist.

Bauen Sie das Gerät zum Schutz gegen mechanische oder elektrische Beschädigung gegebenenfalls in ein entsprechendes Gehäuse mit einer geeigneten Schutzart nach IEC 60529 ein.

Die sicherheitstechnischen Daten können Sie der Betriebsanleitung und den Zertifikaten (EG-Baumusterprüfbescheinigung, ggf. weiterer Approbationen) entnehmen.

4.2 Sicherheitsbestimmungen für die Installation im explosionsgefährdeten Bereich

Bestimmungen für eigensichere Stromkreise



WARNUNG: Explosionsgefahr
Beachten Sie bei **Messungen** auf der eigensicheren Seite unbedingt die einschlägigen Bestimmungen, die für das Zusammenschalten von eigensicheren Betriebsmitteln geltenden.
Verwenden Sie in eigensicheren Stromkreisen nur Geräte, die dafür zugelassen sind.



WARNUNG: Explosionsgefahr
Wenn Sie das **Gerät in nicht-eigensicheren Stromkreisen eingesetzt haben**, dürfen Sie es danach **nicht** mehr in eigensicheren Stromkreisen einsetzen.
Kennzeichnen Sie das Modul eindeutig als nicht eigensicher.

Installation in der Zone 2



WARNUNG: Explosionsgefahr
Das Gerät ist ein zugehöriges Betriebsmittel der Zündschutzart „Ex-i“ und zur Installation in der Zone 2 geeignet.

Halten Sie die festgelegten Bedingungen für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen ein.



WARNUNG: Explosionsgefahr
Installieren Sie das Gerät in ein geeignetes **Gehäuse der Mindestschutzart IP54**. Beachten Sie dabei die Anforderungen der IEC 60079-14/EN 60079-14, z. B. Stahlgehäuse mit der Wandstärke von 3 mm.



WARNUNG: Explosionsgefahr
Schalten Sie den Baustein **spannungslos, bevor Sie:**

- ihn aufrasten oder trennen.
- Leitungen nicht-eigensicherer Stromkreise anschließen oder lösen.



WARNUNG: Explosionsgefahr
Verwenden Sie nur Module der Kategorie 3G (ATEX 94/9/EG).

Installation in staubexplosionsgefährdeten Bereichen



WARNUNG: Explosionsgefahr
Das Gerät ist **nicht** für die Installation in staubexplosionsgefährdeten Bereichen ausgelegt.

Nehmen Sie die **Zusammenschaltung mit dem eigensicheren Stromkreis in staubexplosionsgefährdeten Bereichen** der Zonen 20, 21 bzw. 22 **nur** vor, wenn die an diesen Stromkreis angeschlossenen Betriebsmittel für diese Zone zugelassen sind (z. B. Kategorie 1D, 2D bzw. 3D).

4.3 Einsatz in sicherheitsgerichteten Anwendungen (SIL 2)

Beachten Sie bei Einsatz von MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I(-SP) in sicherheitsgerichteten Anwendungen die Anweisungen in Kapitel 7, da die Anforderungen bei sicherheitsgerichteter Funktion abweichen.

5 Installation



ACHTUNG: Elektrostatische Entladung!

Das Gerät enthält Bauelemente, die durch elektrostatistische Entladung beschädigt oder zerstört werden können. Beachten Sie beim Umgang mit dem Gerät die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen gegen elektrostatistische Entladung (ESD) gemäß EN 61340-5-1 und EN 61340-5-2.

5.1 Prinzipschaltbild

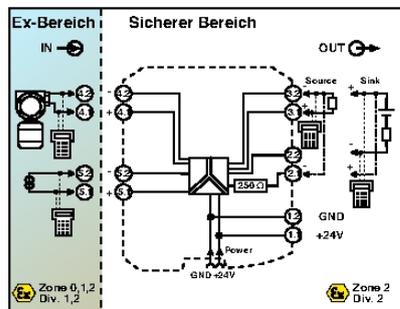


Bild 1 Prinzipschaltbild mit Anschlussklemmen

Eingang (Eigensicher)

- Speisentrenverstärkerbetrieb (2-Leiter-Transmitter bzw. 2-Leiter-Messumformer)
Anschluss an Klemme 4.1 (+) und 4.2 (-)
- Eingangstrennstärkerbetrieb (4-Leiter-Transmitter bzw. Stromquellen)
Anschluss an Klemme 5.1 (+) und 5.2 (-)

HART-Kommunikatoren können in der im Prinzipschaltbild dargestellten Weise angeschlossen werden. In den Anschlussklemmen sind hierfür Prüfbuchsen (Durchmesser 2 mm) integriert.



WARNUNG: Explosionsgefahr

Beachten Sie hierbei unbedingt die Hinweise unter „Sicherheitsbestimmungen für die Installation im explosionsgefährdeten Bereich“ auf Seite 5.

Ausgang (ohne HART-Kommunikation)

Betriebsart	Anschluss der Eingangskarte an Klemme
Quelle passive Eingangskarte	3.1 (+) und 3.2 (-)
Senke aktive Eingangskarte	3.2 (+) und 2.2 (-)

Ausgang (mit HART-Kommunikation)

Betriebsart	Stromkreisimpedanz	Anschluss	
		der Eingangskarte an Klemme	des HART-Kommunikators*
Quelle passive Eingangskarte	$\geq 250 \Omega$	3.1 (+) und 3.2 (-)	3.1 und 3.2
	$< 250 \Omega$	3.1 (+) und 2.1 (-)	3.1 und 3.2
Senke aktive Eingangskarte	$\geq 250 \Omega$	3.2 (+) und 2.2 (-)	2.2 und 3.2
	$< 250 \Omega$	2.1 (+) und 2.2 (-)	2.2 und 3.2

* Anschluss des HART-Kommunikators an die Prüfbuchsen der Klemmen

5.2 Aufbau

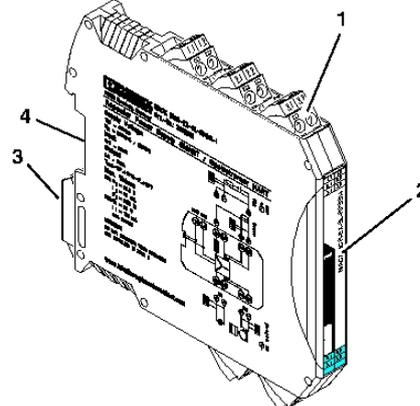


Bild 2 Aufbau

- 1 Steckbare COMBICON-Anschlussklemmen mit Prüfbuchsen
- 2 Status-Anzeige (LED grün, Versorgungsspannung)
- 3 Metallschloss zur Befestigung auf der Tragschiene
- 4 Anschlussmöglichkeit für Tragschienen-Connector

5.3 Abmessungen

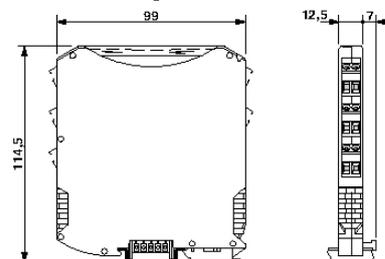


Bild 3 Abmessungen (in mm)

MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I(-SP)

5.4 Montage

**WARNUNG: Explosionsgefahr**

Wenn Sie das **Gerät in nicht-eigensicheren Stromkreisen eingesetzt haben**, dürfen Sie es danach **nicht** mehr in eigensicheren Stromkreisen einsetzen.
Kennzeichnen Sie das Modul eindeutig als nicht eigensicher.

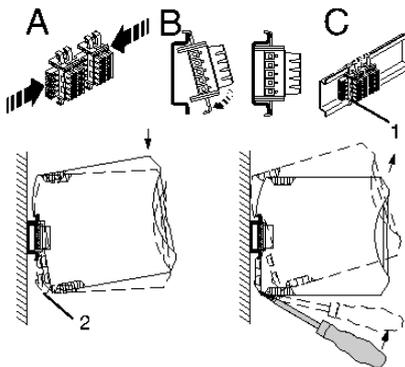


Bild 4 Montage und Demontage

- Montieren Sie das Modul auf eine 35 mm-Tragschiene nach EN 60715.
- Beim Einsatz des Tragschienen-Connectors legen Sie diesen zuerst in die Tragschiene ein (siehe A – C, Bild 4). Er dient zur Brückung der Spannungsversorgung.
- Beachten Sie in diesem Fall unbedingt die Aufrichtung von Modul und Tragschienen-Connector: Rastfuß unten (2) und Steckerteil (1) links!
- Bauen Sie das Modul in ein geeignetes Gehäuse ein, um den Anforderungen an die Schutzklasse zu entsprechen.
- Prüfen Sie vor Inbetriebnahme die korrekte Funktion und Verdrahtung des Speisetrennverstärkers, im Besonderen die Verdrahtung und Kennzeichnung der eigensicheren Stromkreise.

5.5 Anschluss der Leitungen

- Steckbare Schraubklemmen (bei MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I); Aderlitzen mit Aderendhülsen versehen.
- Steckbare Federkraftklemmen (bei MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I-SP); Aderlitzen mit Aderendhülsen versehen.
- Eigensichere und nicht eigensichere Leitungen getrennt verlegen.
- Zulässiger Leitungsquerschnitt: 0,2 mm² bis 2,5 mm².

- **Schraubanschluss:**

- Stecken Sie den Leiter in die entsprechende Anschlussklemme.
- Ziehen Sie die Schraube in der Öffnung über der Anschlussklemme mit einem Schraubendreher fest.

- **Federkraftanschluss:**

- Stecken Sie einen Schraubendreher in die Öffnung über der Anschlussklemme.
- Stecken Sie den Leiter in die entsprechende Anschlussklemme.

5.6 Spannungsversorgung



ACHTUNG: Schließen Sie niemals die Versorgungsspannung direkt an den Tragschienen-Connector an!
Die Ausspeisung von Energie aus dem Tragschienen-Connector oder einzelner Module ist nicht erlaubt!

Die Module können sowohl über die Anschlussklemmen 1.1 (+24 V) und 1.2 (GND) als auch über den Tragschienen-Connector (ME 6,2 TBUS-... , Artikel-Nr. 2869728) mit Spannung versorgt werden.

Je nach Anzahl der zu versorgenden Module wird die Spannung entweder über das MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I oder das Einspeise- und Fehlerauswertemodul MACX MCR-PTB(-SP) auf den Tragschienen-Connector eingespeist.

Einspeisung über das Modul

Bei einer Gesamtstromaufnahme der angereichten Module bis 400 mA kann die Einspeisung über die Anschlussklemmen eines Moduls erfolgen. Wir empfehlen, eine 630-mA-Sicherung (mittelträge oder träge) vorzuschalten.

Einspeisung über das Einspeise- und Fehlerauswertemodul MACX MCR-PTB(-SP)

Die Versorgungsspannung wird über das Modul MACX MCR-PTB(-SP) auf die Tragschienen-Connectoren eingespeist. Es ist eine einfache oder redundante Einspeisung der Versorgungsspannung möglich.

Das Modul MACX MCR-PTB(-SP) hat eine Fehlerauswertung integriert. Ein Hilfsenergieausfall oder Sicherungsfehler wird einem Relaiskontakt gemeldet und über eine blinkende LED angezeigt.

5.7 Pegelumsetzung



ACHTUNG: Eine Pegelumsetzung zwischen Ein- und Ausgang ist nicht vorgesehen. 4 ... 20 mA-Eingangssignale werden daher zu 4 ... 20 mA-Ausgangssignalen.

In gleicher Weise werden aktive Eingangssignale von 0 ... 20 mA zu galvanisch getrennten 0 ... 20 mA-Ausgangssignalen.

6 Vergleich der sicherheitstechnischen Daten



WARNUNG: Explosionsgefahr

Vergleichen Sie die sicherheitstechnischen Daten, bevor Sie ein im Ex-i- Bereich befindliches Gerät an das MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I(-SP) anschließen.

Sicherheitstechnische Daten der

Feldgeräte: U_i, I_i, P_i, L_i, C_i

Speisetrennverstärker Ex: U_o, I_o, P_o, L_o, C_o

Die Werte für U_o, I_o, P_o, L_o und C_o finden Sie unter „Sicherheitstechnische Daten nach ATEX für eigensichere Stromkreise“ auf Seite 4.

Ex-i-Voraussetzungen (einfache Stromkreise):

$$U_i \geq U_o$$

$$I_i \geq I_o$$

$$P_i \geq P_o$$

$$L_i + L_c \leq L_o$$

$$C_i + C_c \leq C_o$$

(L_c und C_c sind abhängig von den verwendeten Kabeln/Leitungen).

MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I(-SP)

7 Sicherheitsgerichtete Anwendungen (SIL 2)

7.1 Sicherheits-Integritätsanforderungen

Fehlerraten

- Typ A-Gerät (nach EN 61508-2)
- Safety Integrity Level (SIL) 1 und 2

λ_{sd}	λ_{su}^*	λ_{dd}	λ_{du}	SFF [†]	DC _S [‡]	DC _D [‡]
0 FIT ^{**}	486,7 FIT	0 FIT	50 FIT	90,7 %	0 %	0 %

* Die SU-Kategorie (Safe Undetected) schließt Fehler mit ein, die nicht zu Fehlauflösungen führen.

† SFF = Safe Failure Fraction (Anteil ungefährlicher Ausfälle)

‡ DC = Diagnostic Coverage (Diagnosedeckung, sicher oder gefährlich)

** FIT = Failure in Time (1 FIT = 1 failure/10⁹ h)

PFD_{AVG}-Werte

T[PROOF] =	1 Jahr	4 Jahre	5 Jahre
PFD _{AVG} [*] =	2,19E-04	8,76E-04	1,1E-03

* PFD = Probability of Failure on Demand (gefährliche Versagenswahrscheinlichkeit bei Anforderung)

$$PFH^* = 4,99 \cdot 10^{-8}/h$$

* PFH = Probability of Failure per Hour (Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls pro Stunde)

Der weiß gekennzeichnete Kasten bedeutet, dass die berechneten PFD_{AVG}-Werte innerhalb des erlaubten Bereichs für SIL 2 entsprechend der Tabelle 2 aus der EN 61508-1 liegen. Sie erfüllen aber nicht die Anforderung, nicht mehr als 10 % des Bereichs abzudecken bzw. sind nicht besser als oder gleichwertig mit 1,00E-03.

Die grau gekennzeichneten Kästen bedeuten, dass die berechneten PFD_{AVG}-Werte innerhalb des erlaubten Bereichs für SIL 2 entsprechend der Tabelle 2 aus der EN 61508-1 liegen. Sie erfüllen die Anforderung, nicht mehr als 10 % des Bereichs abzudecken bzw. sind besser als oder gleichwertig mit 1,00E-03.

Ausfallgrenzwert

Zugrunde gelegt wird die Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate. Der Anteil des Gerätes am PFH/PFD des gesamten Sicherheits-Loops beträgt weniger als 10 %.

Sensor 25 %	Schaltverstärker < 10 %	Verarbeitung 15 %	Aktor 50 %
----------------	----------------------------	----------------------	---------------

Bild 5 Sicherheits-Loop

Bedingungen

- Die Ausfallraten der eingesetzten Bauteile sind über die Einsatzdauer konstant.
- Die Ausbreitung von Fehlern durch das Gerät in der Anlage wird nicht betrachtet.
- Die Reparaturzeit (= Austausch) soll acht Stunden betragen.
- Die Ausfallraten der externen Stromversorgung sind nicht berücksichtigt.
- Die Durchschnittstemperatur, in der das Gerät zum Einsatz kommen soll, beträgt +40 °C. Hierbei wird von normalen industriellen Bedingungen ausgegangen. Die angegebenen Fehlerraten beziehen sich auf eine Umgebungstemperatur von +40 °C. Für eine Umgebungstemperatur von +60 °C müssen Sie die Fehlerraten mit einem Faktor von 2,5 multiplizieren. Der Faktor von 2,5 basiert auf Erfahrungswerten.

7.2 Proof Test

1. Unternehmen Sie passende Schritte, um Fehlanwendungen zu vermeiden.
2. Am Eingang des MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I(-SP) wird ein Signal im Bereich von 4 ... 20 mA eingestellt. Der Ausgang muss sich auf den gleichen Wert einstellen.
3. Durch Einstellen von $\leq 3,6$ mA bzw. von > 22 mA wird verifiziert, dass die nachfolgende Verarbeitung Signale außerhalb des Bereichs bereitstellen kann. Weicht der Ausgangswert um mehr als 3 x der spezifizierten Klassengenauigkeit vom Eingangswert ab, dann sollte das MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I(-SP) überprüft werden. Im Falle eines Fehlers ist das Gerät gegen ein gleichwertiges auszutauschen.
4. Stellen Sie die volle Funktion des Sicherheitskreises wieder her.
5. Stellen Sie den normalen Betrieb wieder her.

Anhang G

Baumusterprüfbescheinigung Speisetrennverstärker



1. Nachtrag

(Ergänzung gemäß Richtlinie 94/9/EG Anhang III Ziffer 6)

zur EG-Baumusterprüfbescheinigung BVS 08 ATEX E 054 X

Gerät: Speisetrenner Typ MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I
Typ MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I-SP
Typ BTS211-E0

Hersteller: Phoenix Contact GmbH & Co. KG

Anschrift: 32825 Blomberg

Beschreibung

Die Speisetrenner können auch nach den im zugehörigen Prüfprotokoll aufgeführten Prüfungsunterlagen gefertigt werden.

Die mechanische Ausführung der Speisetrenner wurde geringfügig modifiziert.

Die Kennzeichnung wurde geändert und um die Gasgruppe IIB erweitert. Die Kenngrößen wurden mit den entsprechenden Werten für C_o und L_o für die Gasgruppe IIB ergänzt (siehe Kenngrößen).

Der maximale Eingangsstrom I_i der eigensicheren Schnittstelle "Eingang (Klemmen 5.1 – 5.2)" wurde auf 150 mA erhöht (siehe Kenngrößen).

Die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen der geänderten Ausführung werden erfüllt durch Übereinstimmung mit:

EN 60079-0:2006	Allgemeine Anforderungen
EN 60079-11:2007	Eigensicherheit 'i'
EN 60079-15:2005	Zündschutzart 'n'
EN 60079-26:2007	Gerätegruppe II Kategorie 1G
EN 61241-0:2006	Allgemeine Anforderungen
EN 61241-11:2006	Schutz durch Eigensicherheit 'iD'

Die Kennzeichnung des Gerätes muss die folgenden Angaben enthalten:

II (1)G [Ex ia] IIC/IIB



II (1)D [Ex iaD]

II 3 (1)G Ex nA [ia] IIC/IIB T4



Kenngößen

1	Versorgungsstromkreis (Klemmen 1.1 – 1.2)				
	Nennspannung	U_n	DC	19,2 ... 30	V
	max. Spannung	U_m	AC	253	V
			DC	125	V
2	Nichteigensichere Schnittstelle (Klemmen 2.1 – 2.2 bzw. 3.1 – 3.2)				
	Nennsignal			0(4) ... 20	mA
	max. Spannung	U_m	AC	253	V
			DC	125	V
3	Eigensichere Schnittstelle				
	Die eigensichere Schnittstelle ist von den nichteigensicheren Stromkreisen und von Erde galvanisch getrennt.				
3.1	Ausgang (Klemmen 4.1 – 4.2)				
	max. Ausgangsspannung	U_o	DC	25,2	V
	max. Ausgangsstrom	I_o		93	mA
	max. Ausgangsleistung	P_o		587	mW
	lineare Ausgangskennlinie				
	Für Gruppe IIC:				
	max. äußere Kapazität	C_o		107	nF
	max. äußere Induktivität	L_o		2	mH
	Für Gruppe IIB:				
	max. äußere Kapazität	C_o		820	nF
	max. äußere Induktivität	L_o		4	mH
	Die Werte für Gruppe IIB können für Bereiche der Kategorie 1D oder 2D verwendet werden.				
3.2	Eingang (Klemmen 5.1 – 5.2)				
	max. Eingangsspannung	U_i	DC	30	V
	max. Eingangsstrom	I_i		150	mA
	max. innere Kapazität	C_i		vernachlässigbar	
	max. innere Induktivität	L_i		vernachlässigbar	
4	Umgebungstemperaturbereich	T_a		-20 °C bis +60 °C	

Besondere Bedingungen für die sichere Anwendung bzw. Verwendungshinweise

Bei der Errichtung des Speisetrenners in Bereichen, die Kategorie 3 Betriebsmittel erfordern, müssen diese in Gehäuse, die den Anforderungen der EN 60079-15 entsprechen, eingebaut werden.

Prüfprotokoll

BVS PP 08.2075 EG, Stand 06.11.2009

DEKRA EXAM GmbH

Bochum, den 06. November 2009

Zertifizierungsstelle

Fachbereich

Seite 2 von 2 zu BVS 08 ATEX E 054 X / N1

Dieses Zertifikat darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden.

Anhang H

Stromversorgung

STEP-PS/ 1AC/24DC/0.5

Stromversorgung

INTERFACE

Datenblatt
104233_de_01

© PHOENIX CONTACT 2011-05-11



1 Beschreibung

STEP POWER-Stromversorgungen – für die Gebäude-technik

Die kompakten Stromversorgungen der neuen STEP POWER-Generation eignen sich aufgrund ihrer Bauform speziell für Installationsverteiler und flache Bedienpulte. Die Netzteile sind mit 24 V DC Ausgangsspannung in unterschiedlichen Leistungsklassen und Baubreiten sowie den Sonderspannungen 5, 12, 15 und 48 V DC verfügbar. Mit ihrem hohen Wirkungsgrad und den geringen Stand-by-Verlusten wird eine hohe Energieeffizienz erzielt.

Merkmale

- Einfache Montage auf der Tragschiene und an der Wand
- Maximale Energieeffizienz durch geringe Leerlauf-Verluste
- Schnelle Inbetriebnahme mit LED-Funktionsüberwachung
- Hohe Betriebssicherheit durch lange Netzausfallüberbrückung unter Volllast und hohe MTBF (> 500.000 h)
- Weltweit einsetzbar in allen Industriezweigen durch Weitbereichseingang und internationales Zulassungspaket
- Großer Temperaturbereich von -25 °C bis +70 °C
- Parallelschaltbar zur Leistungserhöhung und Redundanz
- Leistungsstark in besonders schmaler Bauform (18 mm)



EXPLOSIONSGEFAHR

Betriebsmittel nur entfernen, wenn es sich im spannungslosen Zustand und im nicht explosionsgefährdeten Bereich befindet!



GEFAHR

Im Gerät befinden sich Bauelemente mit lebensgefährlicher Spannung und hoher gespeicherter Energie! Niemals bei anliegender Spannung arbeiten!



Stellen Sie sicher, dass Sie immer mit der aktuellen Dokumentation arbeiten. Diese steht unter der Adresse www.phoenixcontact.net/catalog am Artikel zum Download bereit.

STEP-PS/ 1AC/24DC/0.5

2	Inhaltsverzeichnis	
1	Beschreibung	1
	Merkmale	1
2	Inhaltsverzeichnis	2
3	Bestelldaten	3
4	Technische Daten	3
5	Aufbau	6
6	Blockschaltbild	7
7	Sicherheitshinweise	7
8	Installation	8
9	Einbaulage	8
10	Montage auf Tragschiene	9
	Montage	9
	Demontage	9
11	Anschluss an verschiedene Systeme	9
12	Eingang	10
	Absicherung der Primärseite	10
	Zulässige Vorsicherung zum Leitungsschutz	10
13	Ausgang	10
	Absicherung der Sekundärseite	10
14	Signalisierung	11
15	Funktion	11
	Ausgangskennlinie	11
	Temperaturverhalten	12
	Parallelbetrieb	12
	Redundanzbetrieb	12
	Leistungserhöhung	13

STEP-PS/ 1AC/24DC/0.5

3 Bestelldaten

Beschreibung	Typ	Art.-Nr.	VPE
Tragschiene-Stromversorgung 24 V DC/0,5 A, primär getaktet, 1-phasig.	STEP-PS/ 1AC/24DC/0.5	2868596	1

4 Technische Daten

Eingangsdaten	
Eingangsnennspannungsbereich	100 V AC ... 240 V AC
Eingangsspannungsbereich AC	85 V AC ... 264 V AC
Eingangsspannungsbereich DC	95 V DC ... 250 V DC
Frequenzbereich AC	45 Hz ... 65 Hz
Frequenzbereich DC	0 Hz
Stromaufnahme	ca. 0,28 A (120 V AC) ca. 0,13 A (230 V AC)
Einschaltstrombegrenzung	< 15 A (typisch)
i^2t	< 0,1 A ² s
Netzausfallüberbrückung	> 15 ms (120 V AC) > 90 ms (230 V AC)
Einschaltzeit typisch	< 0,5 s
Eingangssicherung, eingebaut	1,25 A (träge, intern)
Ausgangsdaten	
Nennausgangsspannung	24 V DC \pm 1 %
Ausgangsstrom	0,5 A (-25 °C bis +55 °C) 0,55 A (-25 °C ... 40 °C dauerhaft) 1 A (maximaler Ausgangsstrom)
Regelabweichung	< 1 % (Laständerung statisch 10 % ... 90 %) < 2 % (Laständerung dynamisch 10 % ... 90 %) < 0,1 % (Eingangsspannungsänderung \pm 10 %)
Wirkungsgrad	> 84 % (bei 230 V AC und Nennwerten)
Restwelligkeit	< 20 mV _{SS} (20 MHz)
Schaltspitzen	< 30 mV _{SS} (20 MHz)
Parallelschaltbarkeit	ja, zur Redundanz und Leistungserhöhung
Serienschaltbarkeit	ja
Schutz gegen interne Überspannungen	ja, begrenzt auf ca. 35 V DC
Rückspeisungsfestigkeit	\leq 35 V DC
Leistungsbilanz	
Verlustleistung Leerlauf maximal	< 0,3 W
Verlustleistung Nennlast maximal	< 2,2 W
LED Statusanzeige	
Statusanzeige	LED "DC OK" grün / U _{OUT} > 21,5 V: LED leuchtet

STEP-PS/ 1AC/24DC/0.5

Allgemeine Daten	
Isolationsspannung Eingang/Ausgang	4 kV AC (Typprüfung) 2 kV AC (Stückprüfung)
Isolationsspannung Eingang/PE	3,5 kV AC (Typprüfung) 2 kV AC (Stückprüfung)
Isolationsspannung Ausgang/PE	500 V DC (Stückprüfung)
Schutzart	IP20
Schutzklasse	II
MTBF (IEC 61709)	500000 h
Material Gehäuse	Polycarbonat
Material Fußriegel	Kunststoff POM
Abmessungen B / H / T (Lieferzustand)	18 mm / 90 mm / 61 mm
Gewicht	0,1 kg
Umgebungsbedingungen	
Umgebungstemperatur (Betrieb)	-25 °C ... 70 °C (> 55 °C Derating)
Umgebungstemperatur (Lagerung/Transport)	-40 °C ... 85 °C
Max. zul. Luftfeuchtigkeit (Betrieb)	≤ 95 % (bei 25 °C, keine Betauung)
Vibration (Betrieb)	< 15 Hz, Amplitude ±2,5 mm nach IEC 60068-2-6 15 Hz ... 150 Hz, 2,3g, 90 min.
Schock	30g je Raumrichtung, nach IEC 60068-2-27
Verschmutzungsgrad nach EN 50178	2
Klimaklasse	3K3 (nach EN 60721)
Normen	
Elektrische Ausrüstung von Maschinen	EN 60204
Sicherheitstransformatoren für Schaltnetzteile	IEC 61558-2-17
Elektrische Sicherheit (von Einrichtungen der Informationstechnik)	IEC 60950-1/VDE 0805 (SELV)
Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln	EN 50178/VDE 0160 (PELV)
Schutzkleinspannung	IEC 60950-1 (SELV) und EN 60204 (PELV)
Sichere Trennung	DIN VDE 0100-410 DIN VDE 0106-1010
Schutz gegen elektrischen Schlag	DIN 57100-410
Schutz gegen gefährliche Körperströme, Grundanforderungen für sichere Trennung in elektrischen Betriebsmitteln	DIN VDE 0106-101
Begrenzung Netz-Oberschwingungsströme	EN 61000-3-2
Zulassungen	
UL-Zulassungen	UL/C-UL Listed UL 508 UL/C-UL Recognized UL 60950 NEC Class 2 nach UL 1310 UL/C-UL Listed ANSI/ISA-12.12.01 Class I, Division 2, Groups A, B, C, D



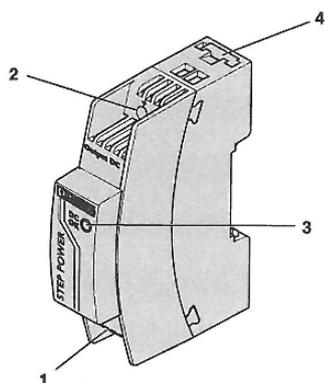
Die aktuellen Approbationen / Zulassungen finden Sie am Artikel im Download-Bereich.

STEP-PS/ 1AC/24DC/0.5

Konformität zur EMV-Richtlinie 2004/108/EG		
Störfestigkeit nach EN 61000-6-2		
Entladung statischer Elektrizität	EN 61000-4-2	
	Gehäuse	Level 3
	Kontaktentladung	± 6 kV (Kontaktentladung)
	Luftentladung	± 8 kV (Luftentladung)
	Bemerkung	Kriterium B
Elektromagnetisches HF-Feld	EN 61000-4-3	
	Gehäuse	Level 4
	Frequenzbereich	80 MHz ... 3 GHz
	Feldstärke	10 V/m
	Bemerkung	Kriterium A
Schnelle Transienten (Burst)	EN 61000-4-4	
	Eingang	4 kV (Level 4 - unsymmetrisch)
	Ausgang	2 kV (Level 3 - unsymmetrisch)
	Bemerkung	Kriterium B
Stoßstrombelastungen (Surge)	EN 61000-4-5	
	Eingang	4 kV (unsymmetrisch: Leitung gegen Erde) 2 kV (symmetrisch: Leitung gegen Leitung)
	Ausgang	2 kV (Level 3 - unsymmetrisch: Leitung gegen Erde) 1 kV (Level 3 - symmetrisch: Leitung gegen Leitung)
	Bemerkung	Kriterium B
Leitungsgeführte Beeinflussung	EN 61000-4-6	
	Eingang/Ausgang	Level 3 - unsymmetrisch
	Frequenzbereich	10 kHz ... 80 MHz
	Spannung	10 V
	Bemerkung	Kriterium A
Spannungseinbrüche	EN 61000-4-11	
	Eingang	(Netzausfallüberbrückung > 20 ms)
	Bemerkung	Kriterium A
Störaussendung nach EN 61000-6-3		
Funkstörspannung nach EN 55011		EN 55011 (EN 55022) Klasse B Einsatzgebiet Industrie und Wohnbereich / EMC 1
Funkstörstrahlung nach EN 55011		EN 55011 (EN 55022) Klasse B Einsatzgebiet Industrie und Wohnbereich / EMC 1

STEP-PS/ 1AC/24DC/0.5

5 Aufbau



- 1 AC-Eingang
- 2 DC-Ausgang
- 3 LED "DC OK", grün
- 4 Universal-Rastfuß für EN-Tragschienen und zur Wandmontage

	[mm ²]		AWG	[Nm] Drehmoment
	starr	flexibel		
Eingang	0,2 - 2,5	0,2 - 2,5	24 - 12	0,6 - 0,8
Ausgang	0,2 - 2,5	0,2 - 2,5	24 - 12	0,6 - 0,8

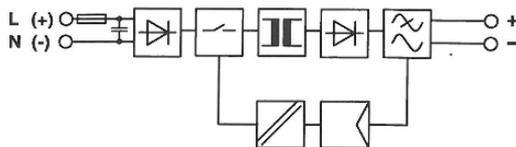
Eingangsdaten

Eingangsnennspannungsbereich	100 V AC ... 240 V AC
Eingangsspannungsbereich AC	85 V AC ... 264 V AC
Eingangsspannungsbereich DC	95 V DC ... 250 V DC
Frequenzbereich AC	45 Hz ... 65 Hz
Frequenzbereich DC	0 Hz
Eingangssicherung, eingebaut	1,25 A (träge, intern)
Anschlussart	Schraubanschluss
Abisolierlänge	6,5 mm

Ausgangsdaten

Nennausgangsspannung	24 V DC \pm 1 %
Ausgangsstrom	0,5 A (-25 °C bis +55 °C) 0,55 A (-25 °C ... 40 °C dauerhaft) 1 A (maximaler Ausgangsstrom)
Anschlussart	Schraubanschluss
Abisolierlänge	6,5 mm

6 Blockschaltbild



7 Sicherheitshinweise



EXPLOSIONSGEFAHR

Betriebsmittel nur entfernen, wenn es sich im spannungslosen Zustand und im nicht explosionsgefährdeten Bereich befindet!

GEFAHR

Im Gerät befinden sich Bauelemente mit lebensgefährlicher Spannung und hoher gespeicherter Energie!
Niemals bei anliegender Spannung arbeiten!



WARNUNG:

Beachten Sie vor der Inbetriebnahme:

Der Netzanschluss muss fachgerecht ausgeführt und der Schutz gegen elektrischen Schlag sichergestellt sein!

Das Gerät muss nach den Bestimmungen der EN 60950 außerhalb der Stromversorgung spannungslos schaltbar sein (z. B. durch den primärseitigen Leitungsschutz)!

Alle Zuleitungen müssen ausreichend abgesichert und dimensioniert sein!

Alle Ausgangsleitungen müssen dem max. Ausgangstrom des Gerätes entsprechend dimensioniert oder gesondert abgesichert sein!

Ausreichend Konvektion muss sichergestellt sein!

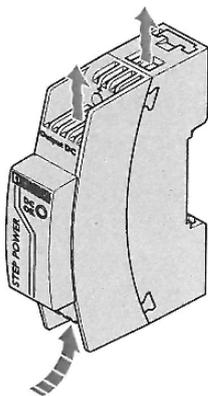


VORSICHT:

Die Stromversorgungen sind Einbaugeräte. Die Installation und Inbetriebnahme darf nur von entsprechend qualifiziertem Fachpersonal durchgeführt werden. Dabei sind die jeweiligen landesspezifischen Vorschriften einzuhalten.

STEP-PS/ 1AC/24DC/0.5

8 Installation



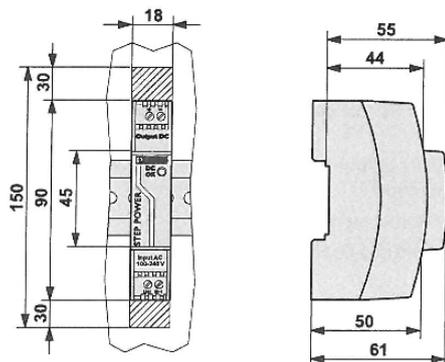
ACHTUNG:

Um eine ausreichende Konvektion zu ermöglichen, empfehlen wir einen Mindestabstand von 30 mm in vertikaler Richtung zu anderen Geräten.

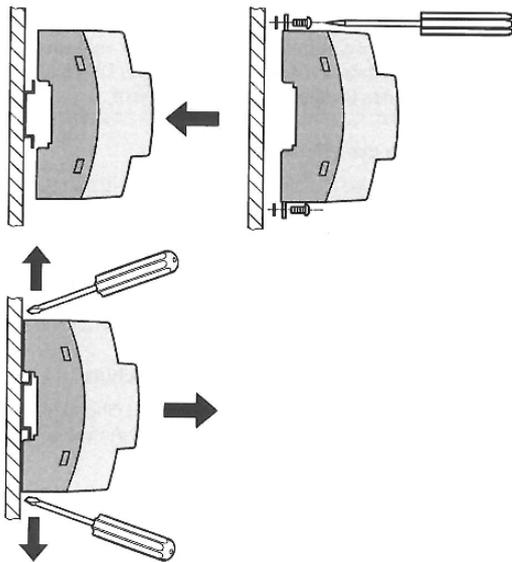


Die Stromversorgung ist auf alle Tragschienen nach EN 60715 aufrastbar, auch eine Wandbefestigung ist möglich. Das Gerät muss waagrecht montiert werden (Anschlussklemmen oben und unten).

9 Einbaulage



10 Montage auf Tragschiene



Montage

Zur Montage auf einer EN-Tragschiene rasten Sie das Gerät gerade auf die Tragschiene auf.

Wenn die Stromversorgung direkt auf einer ebenen Fläche befestigt werden soll, drücken Sie die orangefarbenen Fußriegel nach oben und unten. Legen Sie eine Unterlegscheibe zwischen die ausgezogenen Fußriegel und den ebenen Untergrund (Außendurchmesser max. 8,5 mm, Dicke max. 1,3 mm, z. B. Federring für M4 nach DIN 127-B oder Zahnscheibe nach DIN 6797).

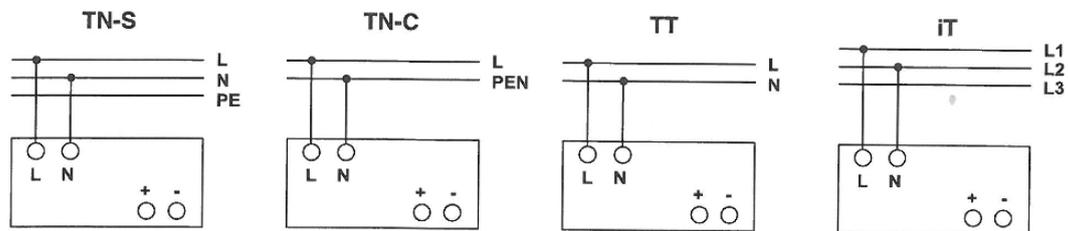
Befestigen Sie das Gerät anschließend mit zwei Schrauben (Gewindedurchmesser max. 4 mm, Kopfdurchmesser max. 8,5 mm).

Demontage

Zur Demontage von der EN-Tragschiene drücken Sie die orangefarbenen Fußriegel nach außen und ziehen das Gerät von der Tragschiene ab.

Bei Wandmontage lösen Sie die Schrauben und drücken die Fußriegel anschließend wieder nach innen.

11 Anschluss an verschiedene Systeme



Der Anschluss für 100 V AC ... 240 V AC erfolgt über die Schraubverbindungen L und N.

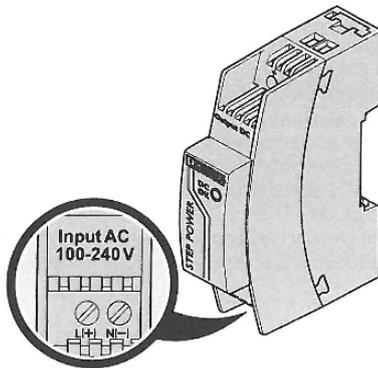
Das Gerät kann an 1-phasigen Wechselstromsystemen oder an zwei Außenleitern von Drehstromsystemen (TN-, TT- oder IT-Netz nach VDE 0100-300/IEC 60364-3) mit Nennspannungen 100 V AC ... 240 V AC angeschlossen werden.



Für den Betrieb an zwei Außenleitern eines Drehstromsystems muss eine allpolige Trennvorrichtung vorgesehen werden.

STEP-PS/ 1AC/24DC/0.5

12 Eingang


VORSICHT:

Löst eine interne Sicherung aus, liegt ein Gerätedefekt vor. In dem Fall ist eine Überprüfung des Geräts im Werk erforderlich!

Absicherung der Primärseite

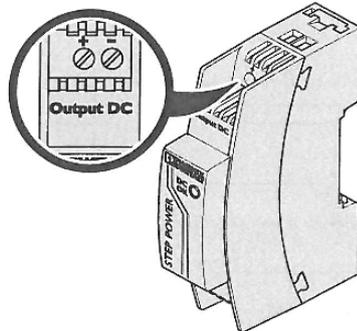
Die Installation des Geräts muss entsprechend den Bestimmungen der EN 60950 erfolgen. Das Gerät muss über eine geeignete Trennvorrichtung außerhalb der Stromversorgung spannungslos schaltbar sein.

Hierzu eignet sich z. B. der primärseitige Leitungsschutz. Zum Geräteschutz ist eine interne Sicherung vorhanden. Ein zusätzlicher Geräteschutz ist nicht erforderlich.

Zulässige Vorsicherung zum Leitungsschutz

Leitungsschutzschalter 6 A, 10 A oder 16 A, Charakteristik B (oder funktionsgleich). Schalten Sie bei DC-Anwendungen eine geeignete Sicherung vor!

13 Ausgang


VORSICHT:

Stellen Sie sicher, dass alle Ausgangsleitungen dem maximalen Ausgangsstrom entsprechend dimensioniert oder gesondert abgesichert sind. Die sekundärseitigen Kabel müssen ausreichend große Querschnitte haben, um die Spannungsfälle auf den Leitungen so klein wie möglich zu halten.

Der Anschluss erfolgt über die Schraubverbindungen "+" und "-" am Schraubanschluss des DC-Ausgangs. Die eingestellte Ausgangsspannung beträgt bei Auslieferung 24 V DC.

Absicherung der Sekundärseite

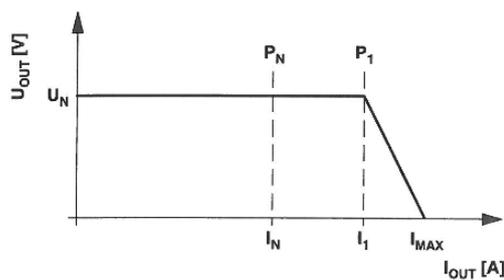
Das Gerät ist elektronisch kurzschluss- und leerlauffest. Die Ausgangsspannung wird im Fehlerfall auf maximal 35 V DC begrenzt.

14 Signalisierung

Die LED "DC OK" ermöglicht eine Funktionsauswertung der Stromversorgung direkt am Einsatzort.

	Zustand 1	Zustand 2
LED "DC OK"	leuchtet	aus
Ursache	Ausgangsspannung > 21,5 V	Ausgangsspannung < 21,5 V oder keine Spannung am Ausgang
Bedeutung	Ausgangsspannung und Ausgangsstrom sind OK	Das Gerät ist in Betrieb, aber es liegt ein Fehler am Verbraucher vor, die Stromaufnahme ist größer als I_1 oder der Ausgang ist kurzgeschlossen. Das Gerät ist außer Betrieb, weil keine Netzspannung anliegt, die primärseitige Sicherung ausgelöst hat oder das Gerät defekt ist.

15 Funktion



Ausgangskennlinie

Die Stromversorgung arbeitet nach der in der Abbildung dargestellten U/I-Kennlinie mit einer Leistungsreserve. Bei Umgebungstemperaturen $T_{AMB} < +40\text{ °C}$ steht I_1 dauerhaft zur Verfügung, bei höheren Temperaturen für einige Minuten. Der Ausgangsstrom wird bei sekundärseitigem Kurzschluss und Überlast auf I_{MAX} begrenzt. Dabei schaltet das Modul nicht ab, sondern liefert kontinuierlich den Ausgangsstrom. Die Sekundärspannung wird dabei so lange abgesenkt, bis der Kurzschluss behoben ist. Die U/I-Kennlinie mit der Leistungsreserve ermöglicht, dass hohe Einschaltströme kapazitiver Lasten als auch von Verbrauchern mit DC/DC-Wandlern im Eingangskreis zuverlässig versorgt werden.

$$U_N = 24\text{ V}$$

$$I_N = 0,5\text{ A}$$

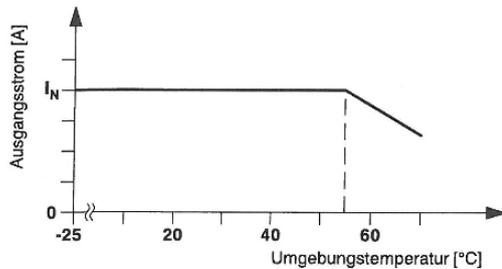
$$P_N = 12\text{ W}$$

$$I_1 = 0,55\text{ A}$$

$$P_1 = 13,2\text{ W}$$

$$I_{MAX} = 1\text{ A (} U_{OUT} = 0\text{ V)}$$

STEP-PS/ 1AC/24DC/0.5

**Temperaturverhalten**

Bei einer Umgebungstemperatur bis zu +55 °C stellt das Gerät den kontinuierlichen Ausgangsstrom I_N zur Verfügung. Bei Umgebungstemperaturen über +55 °C muss die Ausgangsleistung um 2,5 % je Kelvin Temperaturerhöhung reduziert werden. Bei Umgebungstemperaturen über +70 °C bzw. thermischer Überlastung schaltet das Gerät nicht ab. Die Ausgangsleistung wird so weit reduziert, dass ein Geräteschutz gegeben ist. Nach Abkühlung wird die Ausgangsleistung wieder erhöht.

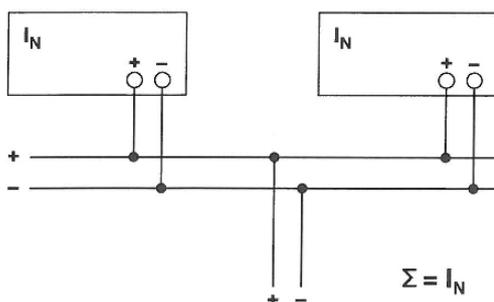
Parallelbetrieb

Typgleiche Geräte können sowohl zur Redundanz als auch zur Leistungserhöhung parallelgeschaltet werden. Im Lieferzustand ist dazu kein weiterer Abgleich erforderlich.

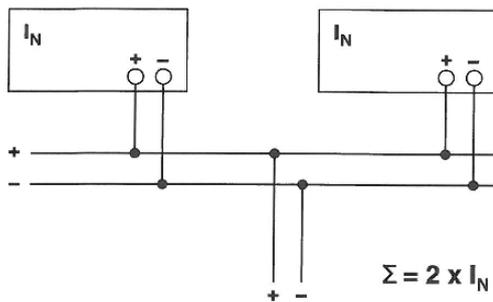
Wird eine Justierung der Ausgangsspannung durchgeführt, so wird eine gleichmäßige Stromaufteilung durch eine exakte Einstellung sämtlicher parallel betriebener Stromversorgungen auf eine gleiche Ausgangsspannung sichergestellt.

Für eine symmetrische Stromaufteilung empfehlen wir, alle Kabelverbindungen von der Stromversorgung zu einer Sammelschiene in gleicher Länge und mit gleichem Leiterquerschnitt auszuführen!

Systembedingt sollte bei der Parallelschaltung von mehr als zwei Stromversorgungen eine Schutzbeschaltung an jedem einzelnen Geräteausgang installiert werden (z.B. Entkoppelndiode, DC-Sicherung oder Leitungsschutzschalter). Somit werden bei einem sekundären Geräte defekt hohe rückwärts gespeiste Ströme vermieden.

**Redundanzbetrieb**

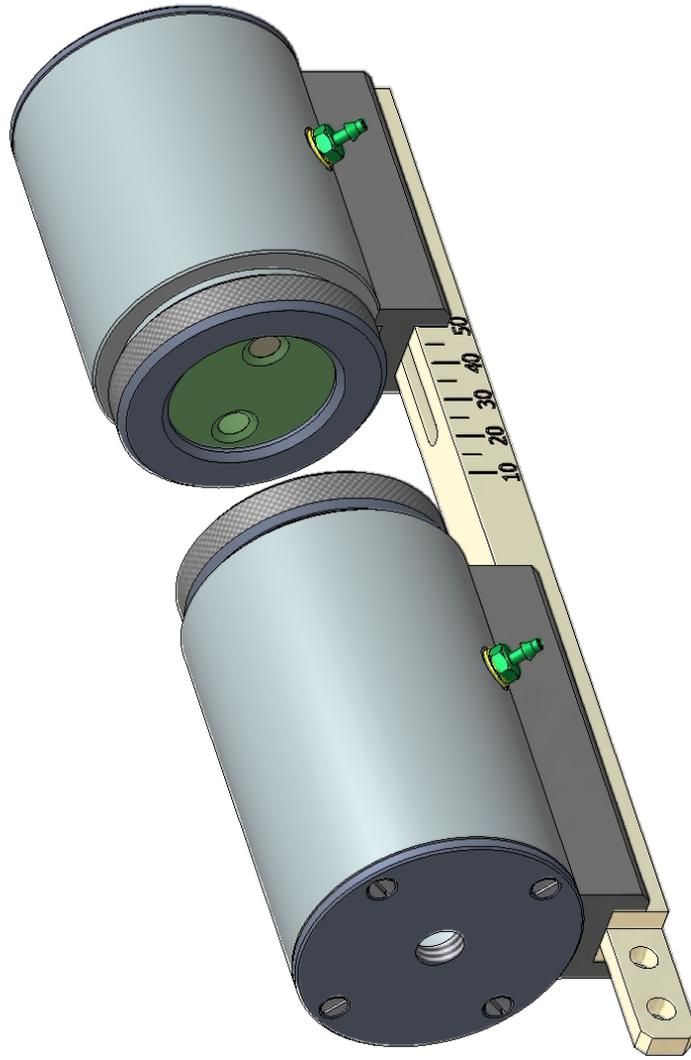
Redundante Schaltungen eignen sich zur Versorgung von Anlagen, die besonders hohe Anforderungen an die Betriebssicherheit stellen. Kommt es im Primärkreis der ersten Stromversorgung zu einem Defekt, so übernimmt automatisch das zweite Gerät unterbrechungsfrei die vollständige Stromversorgung und umgekehrt. Zu diesem Zweck werden die parallel zu schaltenden Stromversorgungen so dimensioniert, dass der Gesamtstrombedarf aller Verbraucher von einer Stromversorgung vollständig abgedeckt werden kann. 100 % Redundanz erfordert externe Entkoppelndioden (ST 4-QUATTRO-DIO 1N 5408/L-R, Artikel-Nr. 3037782, ST 4-QUATTRO-DIO 1N 5408/R-L, Artikel-Nr. 3037795).

**Leistungserhöhung**

Bei n parallel geschalteten Geräten kann der Ausgangsstrom auf $n \times I_N$ erhöht werden. Die Parallelschaltung zur Leistungserhöhung findet ihren Einsatz bei der Erweiterung bestehender Anlagen. Es wird eine Parallelschaltung empfohlen, wenn die Stromversorgung nicht den Strombedarf des leistungstärksten Verbrauchers abdeckt. Ansonsten sollten die Verbraucher auf voneinander unabhängige Einzelgeräte aufgeteilt werden.

Anhang I

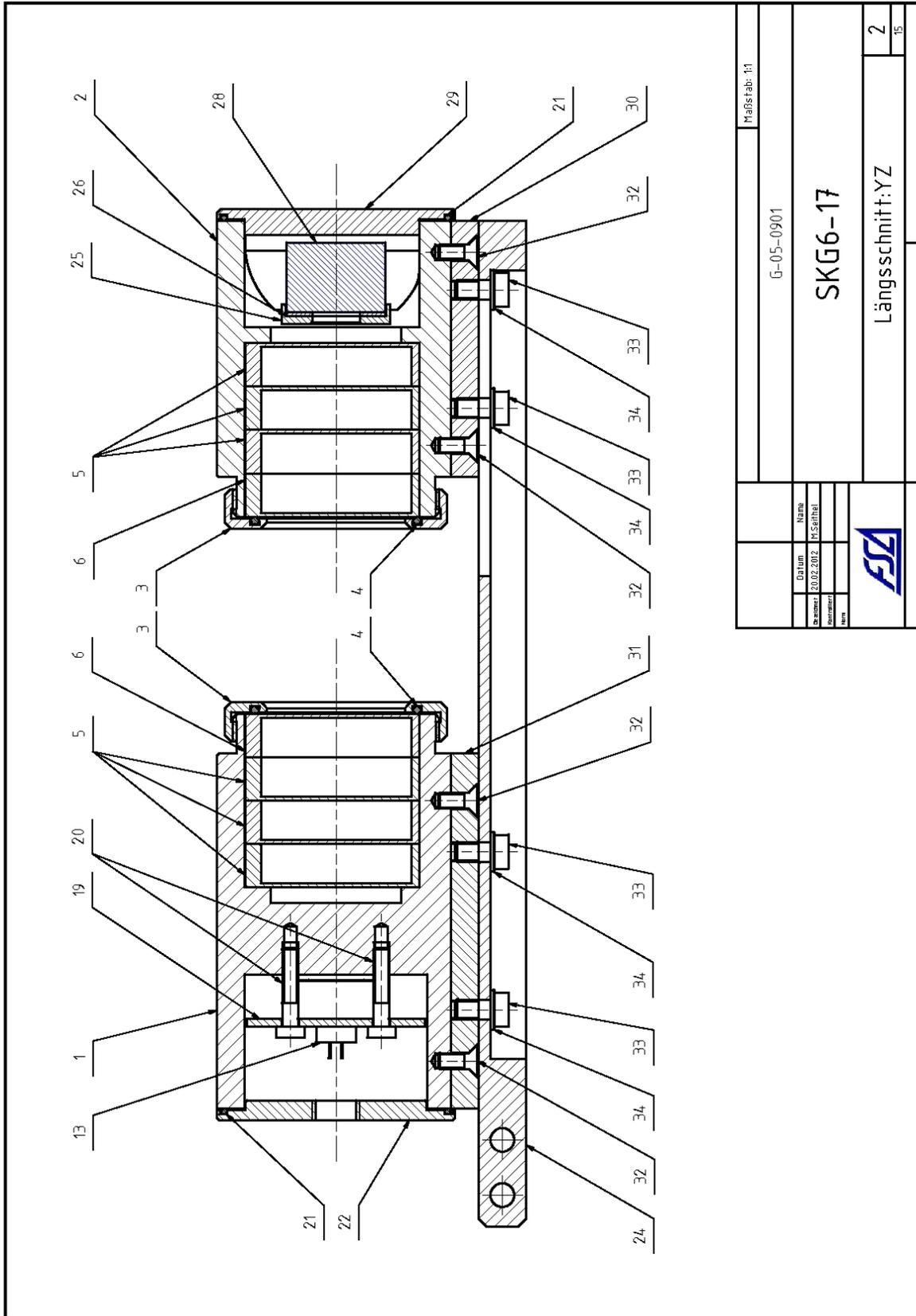
Konstruktionszeichnungen



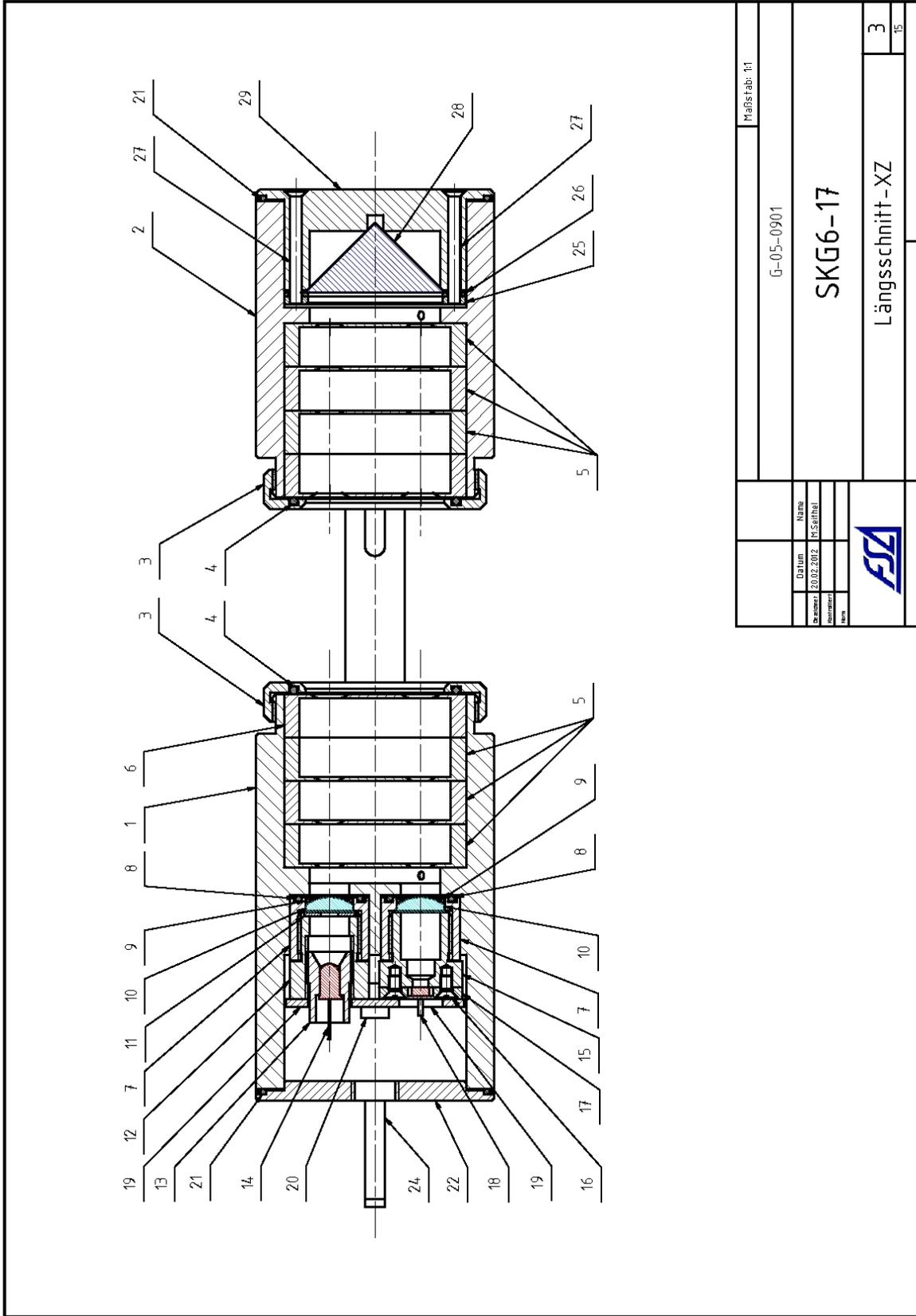
		Maßstab: 1:1	
		G-05-0901	
		SKG6-17	
		Zusammenbau	
		1	
		15	

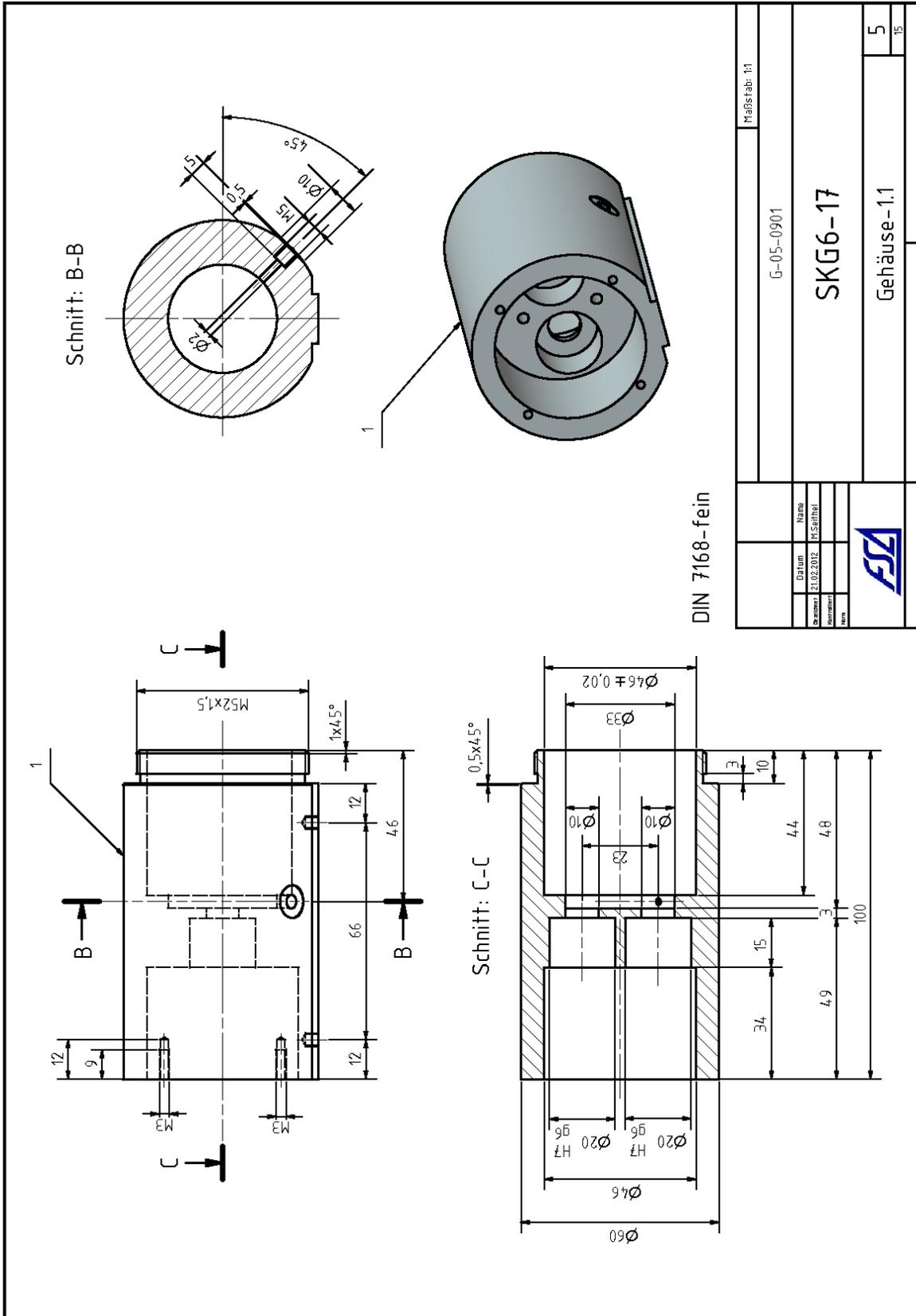
Gezeichnet	20.02.2012	Gezeichnet	M. Seifried
Geprüft		Geprüft	
Montiert		Montiert	
Notiz		Notiz	

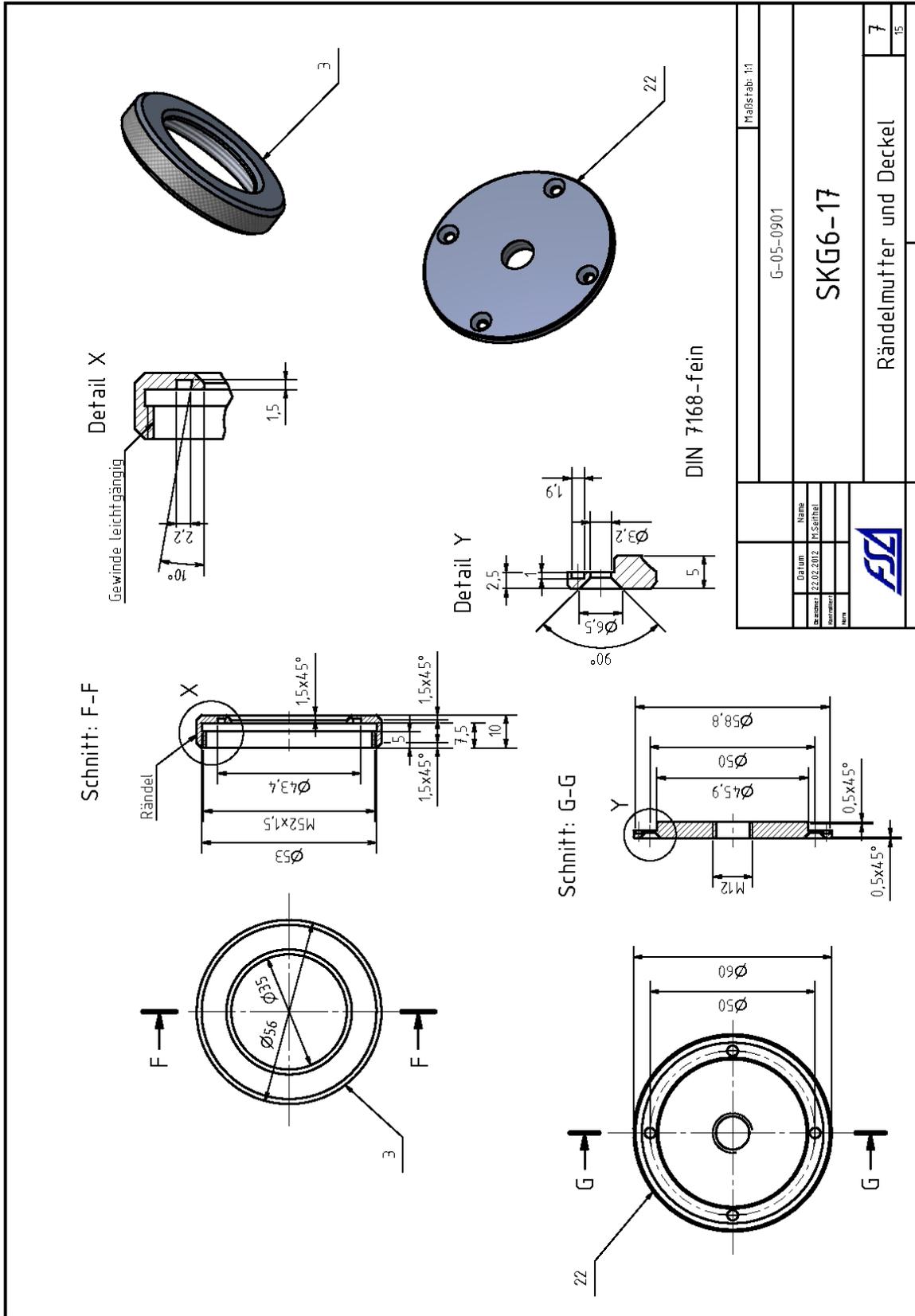


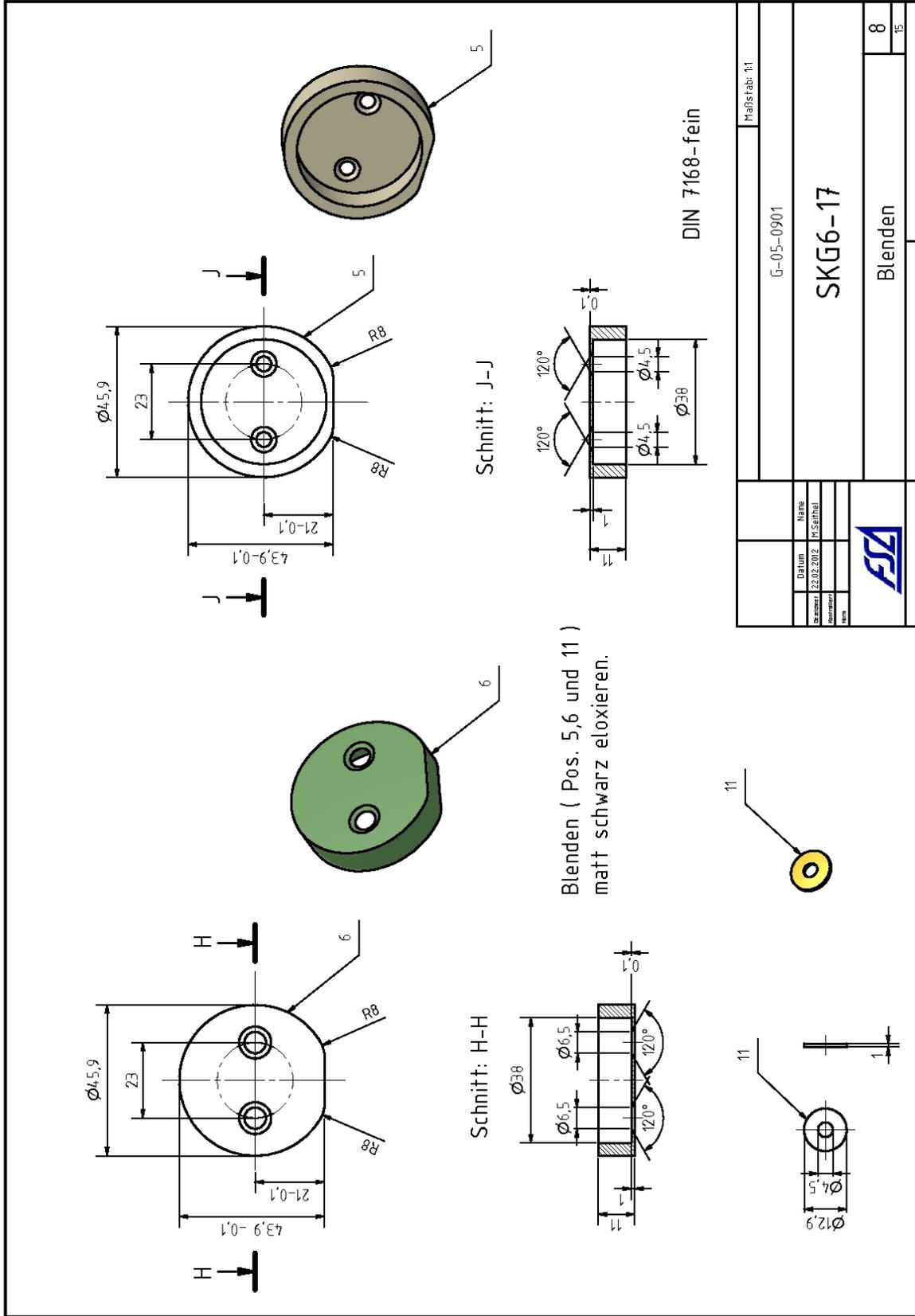


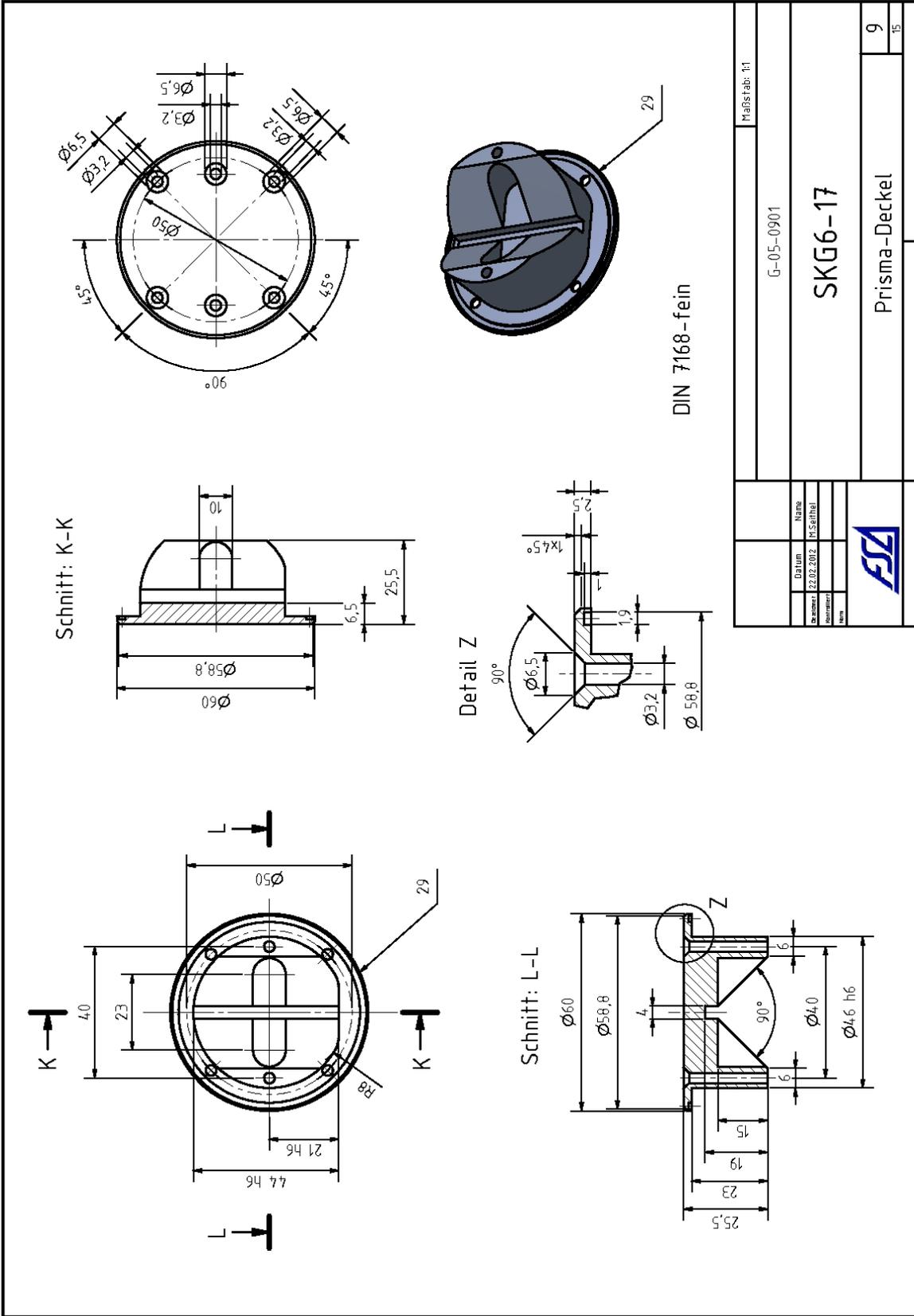
G-05-0901		Maßstab: 1:1													
SKG6-17															
Längsschnitt: YZ															
<table border="1"> <tr> <th>Datum</th> <th>Name</th> </tr> <tr> <td>20.02.2012</td> <td>M. Seifried</td> </tr> <tr> <td>Gezeichnet</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Geprüft</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Montiert</td> <td></td> </tr> </table>		Datum	Name	20.02.2012	M. Seifried	Gezeichnet		Geprüft		Montiert		<table border="1"> <tr> <td>2</td> </tr> <tr> <td>15</td> </tr> </table>		2	15
Datum	Name														
20.02.2012	M. Seifried														
Gezeichnet															
Geprüft															
Montiert															
2															
15															
															

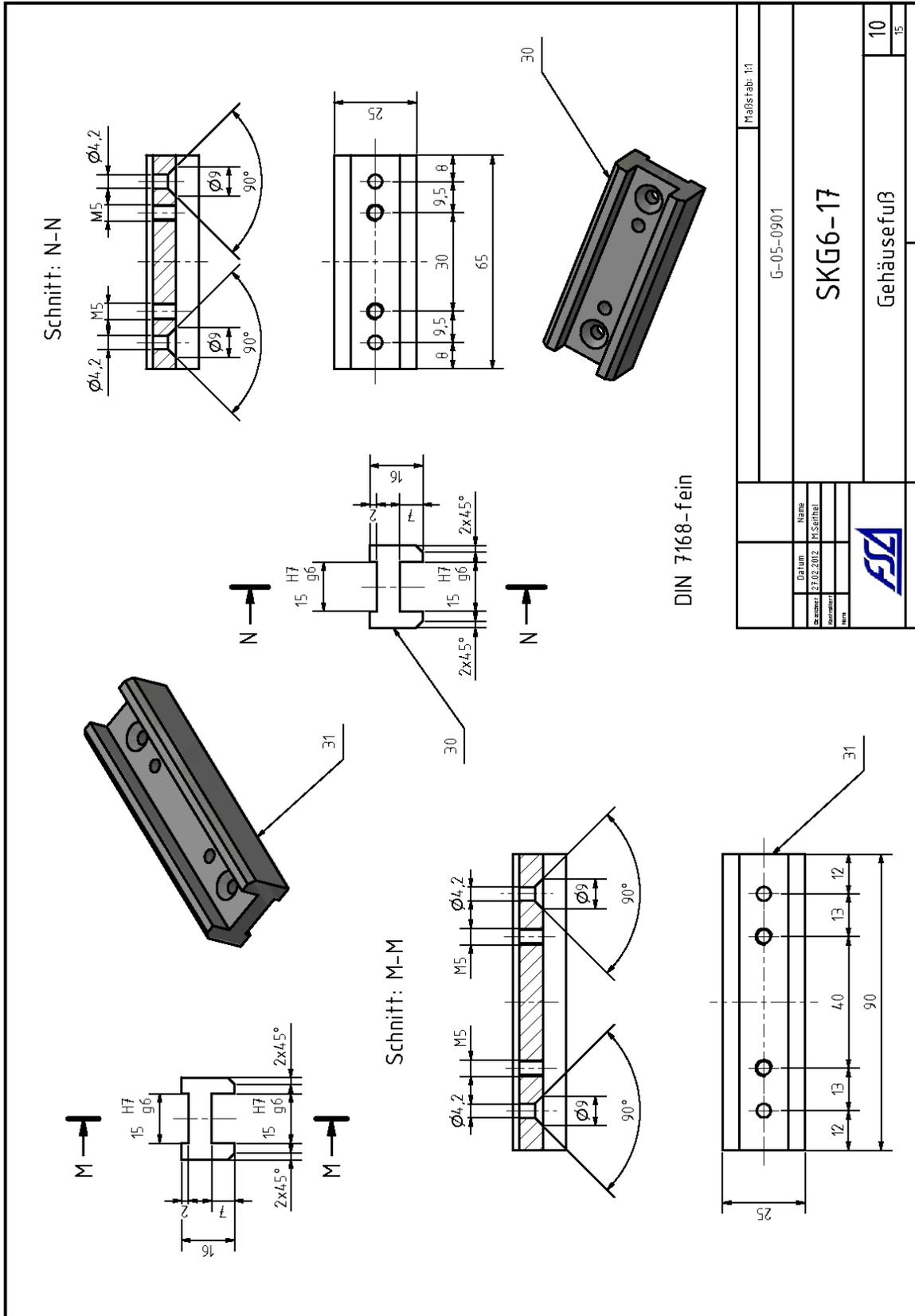


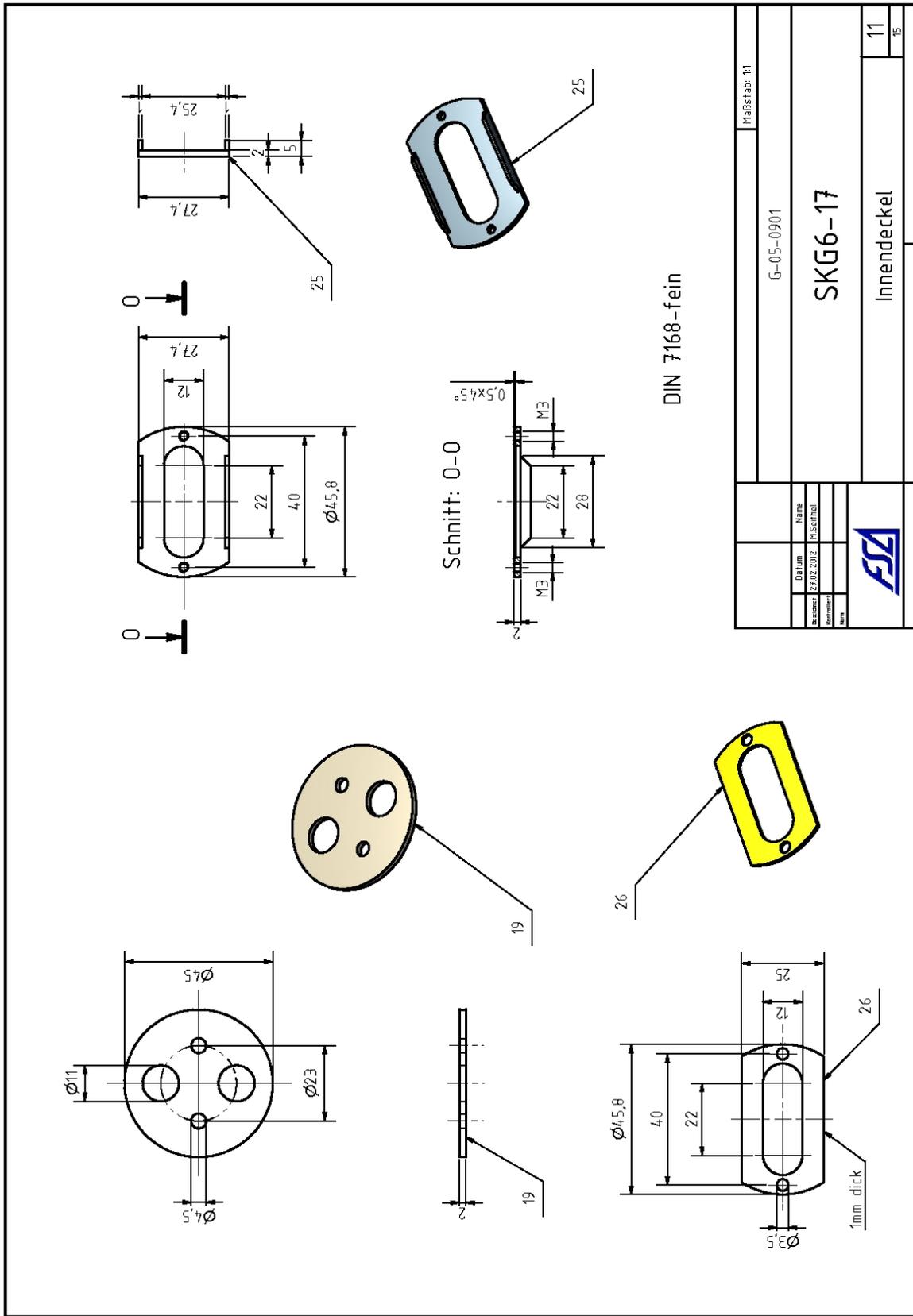


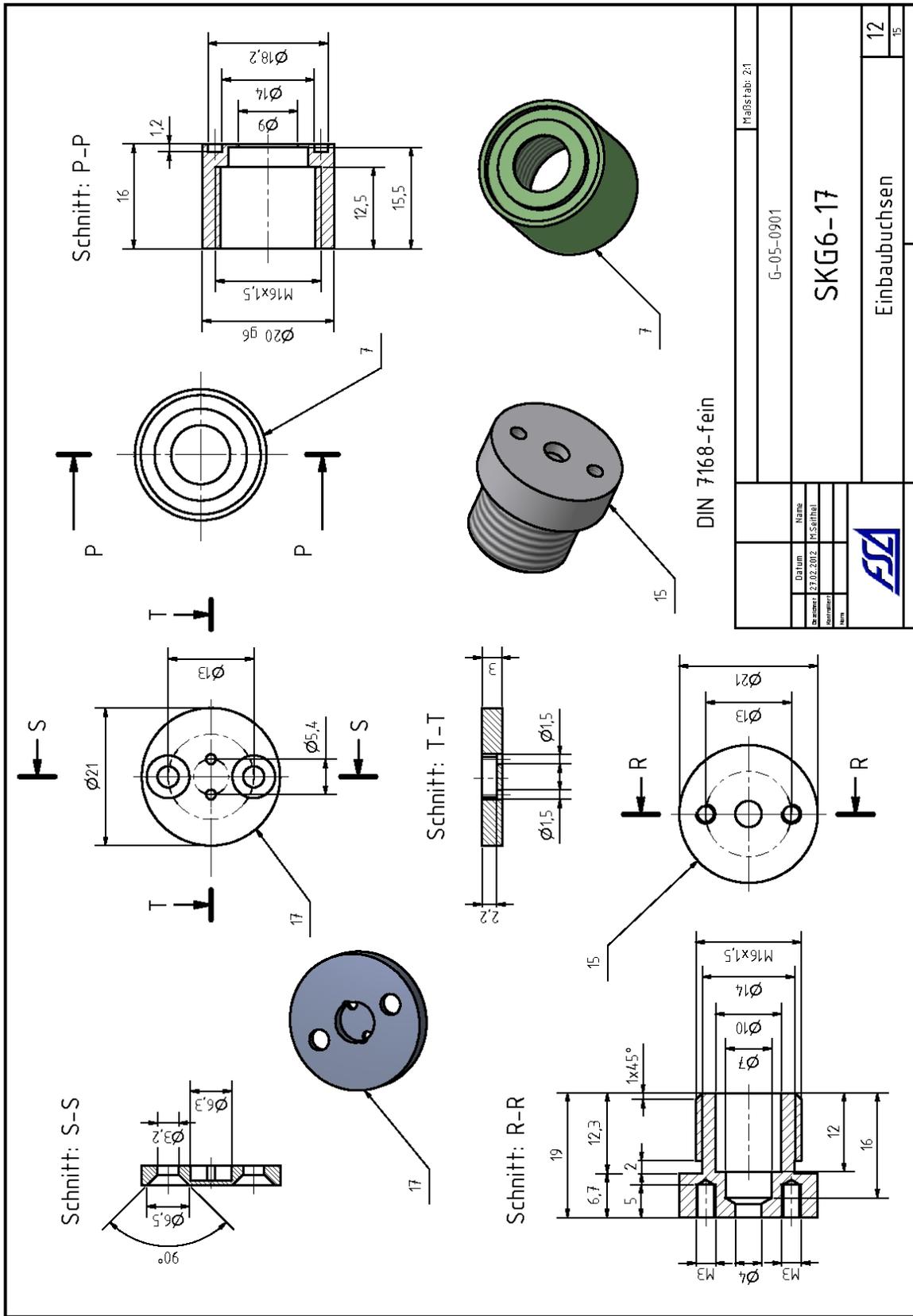


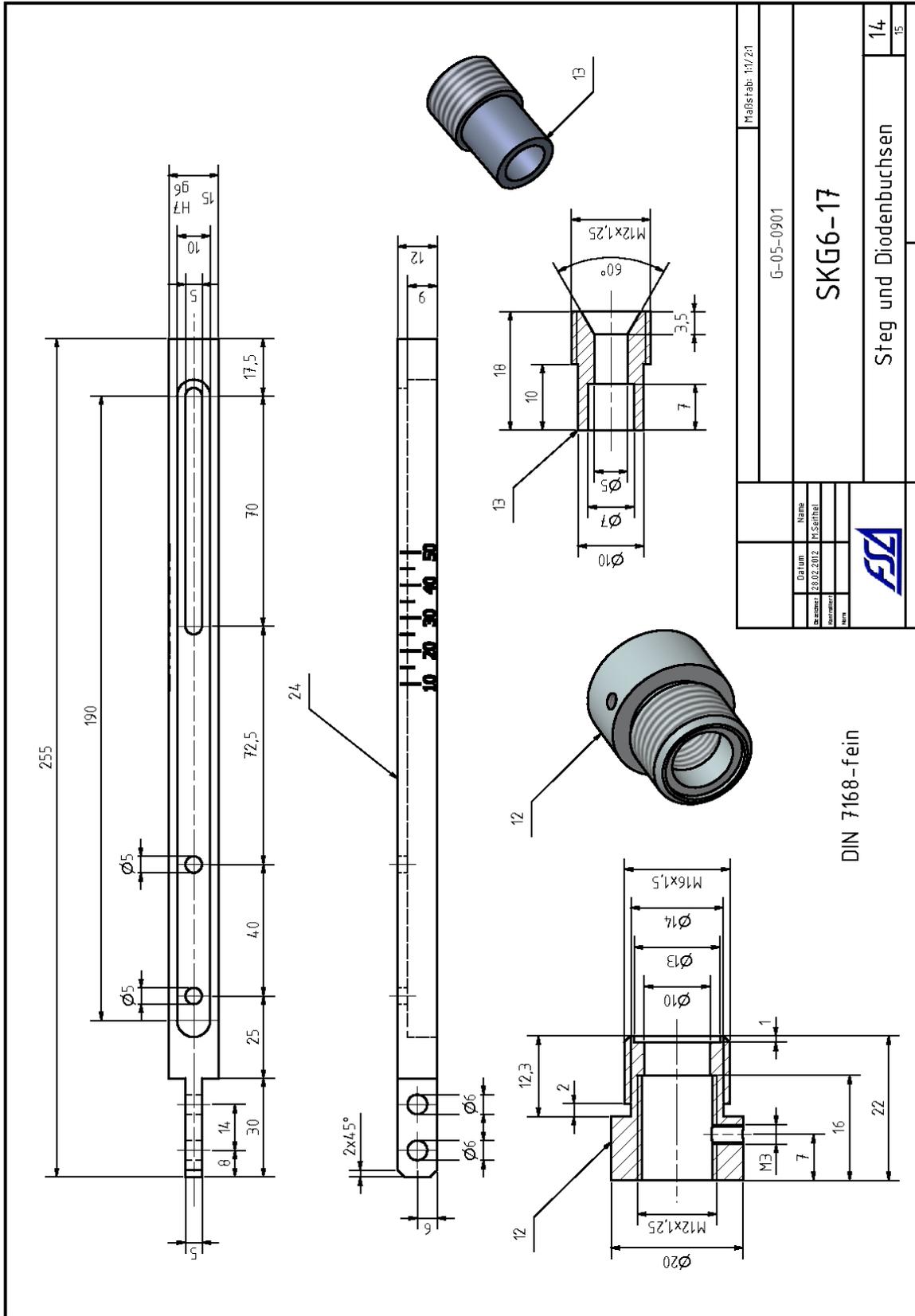












35	Luftdüse	2	vorhanden
34	Scheibe B5,3	4	DIN 125 V2A
33	Zylinderschraube M5x10	4	DIN 6912 V2A
32	Senkschraube M4x10	4	DIN 7991 V2A
31	Gehäusefuß-1	1	AlMgSi, eloxiert silber matt
30	Gehäusefuß-2	1	AlMgSi, eloxiert silber matt
29	Prisma-Deckel	1	AlMgSi, eloxiert silber matt
28	Prisma	1	vorhanden
27	Senkschr. M3x30 (1mm kürzen)	2	DIN EN ISO 2009 V2A
26	Prisma-Dichtung	1	Gummi
25	Prismablech	1	V2A
24	Steg	1	AlMgSi, eloxiert silber matt
23	Senkschr. mit Schlitz M3x10	8	DIN EN ISO 2009 V2A
22	Außendeckel	1	AlMgSi, eloxiert silber matt
21	O-Ring 55x1,5	4	SIMRIT 72 NBR 872
20	Zylinderschraube M4x20	2	DIN 6912 V2A
19	Innendeckel	1	V2A
18	BPW-Diode	1	vorhanden
17	BPW-Scheibe	1	POM
16	Senkschr. mit Schlitz M3x6	2	DIN EN ISO 2009 V2A
15	BPW-Buchse	1	POM
14	Diode	1	vorhanden
13	Diodenbuchse, klein	1	POM
12	Diodenbuchse	1	POM
11	Diodenblende	2	AlMgSi, eloxiert schwarz
10	Linse	2	vorhanden
9	O-Ring 10x1	4	SIMRIT 72 NBR 872
8	O-Ring 14x1,6	4	SIMRIT 72 NBR 872
7	Linsenbuchse	2	AlMgSi, eloxiert silber matt
6	Frontblende	2	AlMgSi, eloxiert schwarz
5	Blende	6	AlMgSi, eloxiert schwarz
4	O-Ring 37x2	4	SIMRIT 72 NBR 872
3	Rändelmutter	2	AlMgSi, eloxiert silber matt
2	Gehäuse-2	1	AlMgSi, eloxiert silber matt
1	Gehäuse-1	1	AlMgSi, eloxiert silber matt
OBJEKT	BEZEICHNUNG	ANZAHL	MATERIAL
			Maßstab: 1:1
			G-05-0901
			SKG6-17
	Datum	Name	
Gezeichnet	29.02.2012	M.Seithel	
Kontrolliert			
	Norm		
		Stückliste	
		15	
		15	