

Prozessmesstechnik

detect and identify

Feuchte-Messsystem LB350



Betriebsanleitung

Id. Nr. 81066BA1

Rev. No.: 02 18.11.05

Embedded Soft.: 3.7

Inhalt

1	Allgemeine Hinweise	3
1.1	Allgemeine Sicherheitshinweise	5
1.2	Bestimmungsgemäßer Gebrauch	5
1.3	Hinweise zum Strahlenschutz.....	6
2	Systembeschreibung	7
2.1	Messprinzip	7
2.2	Messanordnungen	14
2.3	Schüttdichte-Kompensation.....	18
3	Mechanische Installation.....	20
3.1	Lieferumfang	20
3.2	Einbau der Bunkersonde	21
3.3	Einbau der Oberflächen-Feuchtesonde.....	24
3.4	Montage der Dichtekompensation als Transmissionsmessung.....	27
4	Elektrischer Anschluss	33
4.1	Anschlussplan Wandgehäuse LB 350-1	33
4.2	Anschlussplan 19"-Rahmen LB 350-2	34
4.3	Anschlussplan 19"-Rahmen LB 350-3	35
4.4	Anschlussplan LB 7410 mit LB 350-1/2	36
5	Messverstärker LB 350	37
5.1	Bedien- und Anzeigeelemente	38
5.2	Beschreibung der Code-Ebenen	41
6	Funktionelle Abläufe.....	45
6.1	Code auswählen.....	45
6.2	Eingeben von Parametern	45
6.3	Passwort.....	46
6.4	Zählraten einlesen.....	47
6.5	Kalibrierung.....	47
6.6	Starten der Messung.....	47
6.7	Testimpulsrate eingeben	48

7	Inbetriebnahme der Feuchtemessung mit Bunkersonde	49
7.1	Voreinstellung	49
7.2	Kalibrierung	50
7.3	Feinabgleich	51
8	Inbetriebnahme der Feuchtemessung mit Oberflächensonde	54
8.1	Mechanische Installation	54
8.2	Voreinstellung	55
8.3	Kalibrierung	56
8.4	Feinabgleich	57
9	Dichtekompensation mit Transmission	60
9.1	Voreinstellung	60
9.2	Kalibrierung	60
9.3	Feinabgleich	61
10	Dichtekompensation mit Rückstreakammer	62
10.1	Voreinstellung	62
10.2	Kalibrierung	63
10.3	Feinabgleich	64
10.4	Code-Tabelle	65
10.5	Datentabelle der Laborwerte zur Ermittlung der Kalibrierparameter	68
11	Strahlenschutz	69
11.1	Hinweise zum Strahlenschutz	69
11.2	Strahlenschutz	78
12	Wartung / Service	90
12.1	Überprüfung des Blendenverschlussmechanismus	90
12.2	Überprüfung der Auswerteeinheit LB 350	91
13	Technische Daten	105
14	Technische Zeichnungen	106
14.1	Bunkersonde	106
14.2	Oberflächensonde	114
14.3	Auswerteeinheit	124

1

Allgemeine Hinweise



WICHTIG

Zur Vermeidung von Personen- und Sachschäden beachten Sie unbedingt die in dieser Betriebsanleitung gegebenen Warn- und Sicherheitshinweise. Sie sind mit GEFAHR, VORSICHT, ACHTUNG oder WICHTIG besonders gekennzeichnet.



GEFAHR

Weist auf eine möglicherweise gefährliche Situation hin. Wenn sie nicht vermieden wird, können Tod oder schwerste Verletzungen die Folge sein.



VORSICHT

Weist auf eine gefährliche Situation hin. Wenn sie nicht vermieden wird, können leichte oder geringfügige Verletzungen die Folge sein.



ACHTUNG

Weist auf eine möglicherweise schädliche Situation hin. Wenn sie nicht vermieden wird, kann das Produkt oder etwas in seiner Umgebung beschädigt werden.



WICHTIG

Enthält Anwendungstipps und andere besonders nützliche Informationen.

Zeichenerklärung

Die in dieser Betriebsanleitung verwendeten Zeichen und Schriftarten haben folgende Bedeutung:

- ▶ fordert Sie auf, eine Tätigkeit auszuführen.
- 1, 2, 3,... kennzeichnet den Bezug auf eine Grafik.
- kennzeichnet Aufzählungen.
- kursive Schrift* kennzeichnet Hervorhebungen.
- KAPITÄLCHEN** kennzeichnen Tasten.

Sollten Sie trotz sorgfältigem Studium der Betriebsanleitung einmal nicht weiter kommen, setzen Sie sich bitte mit uns in Verbindung.

Ihr Feuchte-Messsystem LB350 – Team

BERTHOLD TECHNOLOGIES GmbH & Co.KG

Calmbacher Straße 22

D-75323 Bad-Wildbad

Tel.: +49 70 81 - 177-0

Fax: +49 70 81 - 177-100

industrie@berthold.com

www.berthold.com

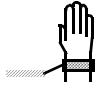
1.1 Allgemeine Sicherheitshinweise

Elektrische Gefahren

Während der Installation und Servicearbeiten am Feuchte-Messsystem LB 350, sind System und Relais-Kontakte stromlos zu schalten, um Berührungen mit spannungsführenden Teilen zu vermeiden.

EGB-Schutzmaßnahmen

Die Elektronik dieses Messsystems enthält elektrostatisch hochempfindliche Bauteile. Verwenden Sie während der Installation oder Reparatur ein EGB-Armband. Verbinden Sie dieses mit dem Schutzleiter.



Wenn Sie das Gerät öffnen: Bitte beachten Sie die Vorichtsmaßnahmen beim Umgang mit Platinen (EGB). Entladen Sie sich vor Berühren der Bauteile durch Anfassen eines Erdungspunktes.



Wartung

Das Feuchte-Messsystem LB 350 darf ausschließlich von geschultem Personal installiert, gewartet und repariert werden.

Es dürfen nur Sicherungen verwendet werden, die den von BERTHOLD TECHNOLOGIES GmbH & Co. KG angegebenen Werten entsprechen.

Parametereinstellungen

Änderungen an der Parametereinstellung dürfen ausschließlich mit genauer Kenntnis dieser Betriebsanleitung, sowie genauer Kenntnis über das Verhalten eines angeschlossenen Reglers und die möglichen Einflüsse auf den zu steuernden Betriebsprozess vorgenommen werden!

1.2 Bestimmungsgemäßer Gebrauch

Das Feuchte-Messsystem LB 350 dient zur Messung der Feuchte an Schüttgütern in Bunkern sowie an Wiege- und Aufgabeebehältern. Das Messsystem darf ausschließlich für diesen Zweck eingesetzt werden.

Wird das Messsystem auf eine andere Weise verwendet, die nicht in dieser Betriebsanleitung beschrieben ist, so ist der Schutz des Systems beeinträchtigt und der Garantieanspruch geht verloren. BERTHOLD TECHNOLOGIES GmbH & Co. KG haftet bzw. garantiert lediglich, dass das Gerät seinen veröffentlichten Spezifikationen entspricht.

1.3 Hinweise zum Strahlenschutz

Das Feuchte-Messsystem LB350 verwendet *radioaktive Strahlenquellen*.

Die Strahlenschutzhinweise in dieser Betriebsanleitung (siehe ab Seite 69) und die diesbezüglichen gesetzlichen Vorschriften sind zu beachten.

Installations-, Abbau-, Umzugs-, Wartungs- und Prüfarbeiten, welche die radioaktiven Strahler und ihre Abschirmung betreffen, dürfen nur unter Aufsicht entsprechend geschulter und lizenzierter Personen durchgeführt werden.

WICHTIG

Bei den verwendeten Neutronen-Strahlenquellen von 3.700 MBq endet der Kontrollbereich in der Luft (Dosisleistung $>3 \mu\text{Sv/h}$) bereits in 115 cm Entfernung von der Quelle. Er liegt damit bei den meisten Anwendungen innerhalb der Behälterdimensionen und ist nicht begehbar, was den Aufwand für den Strahlenschutz minimiert.

2

Systembeschreibung

Mit dem Feuchte-Messsystem LB 350 können Sie den Feuchtegehalt verschiedener Produkte in Bunkern sowie Wiege- oder Aufgabebehältern messen.

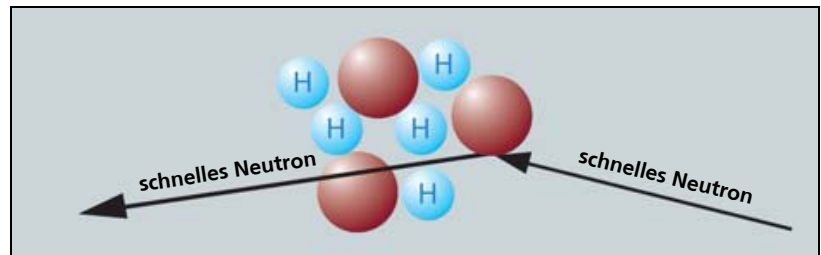
Besondere Vorteile des Messsystems LB 350:

- Repräsentative Messwerte durch großes Messvolumen von bis zu 1m Durchmesser
- Genaue Messung durch hochempfindliche ^3He -Zählrohre
- Unabhängig von Temperatur, Druck, pH-Wert und Farbe

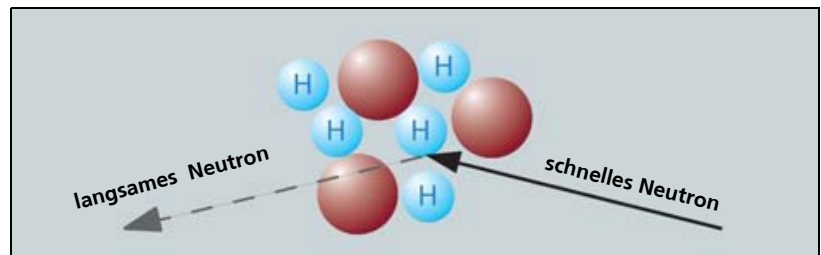
2.1 Messprinzip

Die nukleare Methode der Feuchtemessung erfolgt nach dem Prinzip der Bremsung schneller Neutronen durch Wasserstoffatome. Eine Quelle schneller Neutronen ist mit einem für langsame Neutronen empfindlichen Zählrohr zu einer Bunker- bzw. Oberflächensonde zusammengebaut.

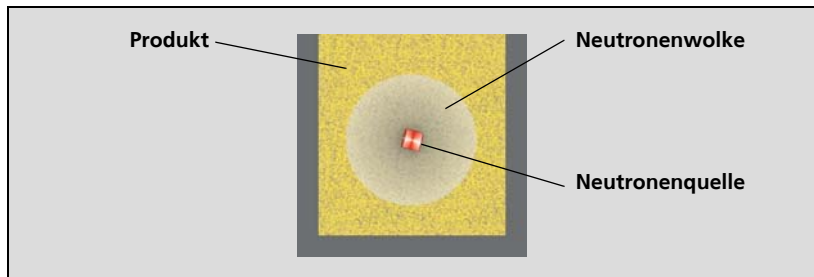
Ein Neutron hat fast dieselbe Masse wie der Kern eines Wasserstoffatoms, während alle anderen hier interessierenden Atomkerne um den Faktor 10 bis 200 schwerer sind. Trifft ein schnelles Neutron auf einen Atomkern großer Masse, so wird es nach den Gesetzen des elastischen Stoßes ohne wesentlichen Energieverlust gestreut.



Dagegen gibt ein schnelles Neutron beim Zusammentreffen mit einem Wasserstoffkern im Mittel mehr als die Hälfte seiner Bewegungsenergie an den Wasserstoffkern ab, so dass es in wasserstoffhaltigen Medien nach rund 19 Zusammenstößen bis auf thermische Energie abgebremst ist.



Durch die diffuse Streuung der Neutronen bei den Zusammenstößen - vergleichbar mit der Ausbreitung von Licht in dichtem Nebel - entsteht also um die Quelle schneller Neutronen eine Wolke langsamer Neutronen, deren Dichte mit der Entfernung abnimmt. Die Wolke ist desto enger um die Quelle konzentriert und die Dichte der thermischen Neutronen in der Nähe der Quelle ist desto höher, je größer der Gehalt an Wasserstoff im Volumen ist. Die Anzeige eines dort befindlichen Detektors für thermische Neutronen ist annähernd proportional zum Volumengehalt an Wasserstoff.



Die Reichweite der Neutronen im Material ist von dem Wasserstoffgehalt pro Volumeneinheit bzw. von der Volumenfeuchte abhängig. Das ist deshalb von Bedeutung, da die Reichweite der Neutronen das bei der Messung erfasste Materialvolumen oder kurz das Messvolumen bestimmt. Für eine Abschätzung des Durchmessers **D** des Messvolumens, in dem 95 % aller langsamen Neutronen enthalten sind, kann folgende Näherungsformel verwendet werden:

$$F_V = \rho \times F_G$$

$$D = 30 \times \sqrt[3]{\frac{100}{F_V}} \text{ cm}$$

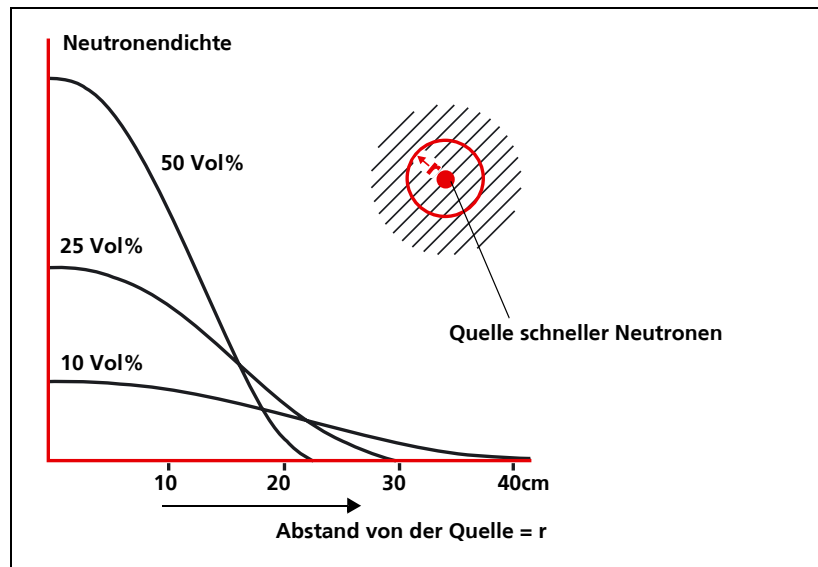
F_V = Volumenfeuchte in %

F_G = Gewichtsfeuchte in %

ρ = Schüttdichte

D = Durchmesser des kugelförmigen Messvolumens

Die nachfolgende Darstellung gibt zusätzlich die Dichteverteilung thermischer, d. h. abgebremster Neutronen bei verschiedenen Volumenfeuchten. Aus ihr lässt sich der Durchmesser **D** des kugelförmigen Messvolumens ebenfalls abschätzen.



Gemessen wird der gesamte Wasserstoffgehalt im Material, d. h. der in Kristallwasser enthaltene Wasserstoff wird ebenso gemessen wie der Wasserstoff in der Feuchte. Der Anzeigenbeitrag, der durch das Kristallwasser entsteht, muss durch eine Unterdrückung des Nullpunktes eliminiert werden, was durch die Kalibrierung automatisch erfolgt.

2.1.1 Einflussgrößen der nuklearen Feuchtemessung

Chemisch gebundener Wasserstoff-Kristallwasser

Da bei der Methode der Feuchtemessung mit Neutronen im Grunde genommen der Wasserstoffgehalt pro Volumeneinheit bestimmt wird, gehen auch der chemisch gebundene Wasserstoffgehalt und der Kristallwassergehalt in die Messanzeige mit ein. Die Schwankungen des Kristallwassergehaltes bewirken die gleichen prozentuellen Schwankungen der Feuchteanzeige. Dagegen verursacht der chemisch gebundene Wasserstoffgehalt und seine Schwankungen einen 9-fachen Beitrag zur Messanzeige ($H_2:H_2O=2:18$).

Ist der in dem zu messenden Material chemisch gebundene Wasserstoffgehalt bzw. der Kristallwassergehalt konstant, so kann die bei trockenem Material durch diesen Einfluss verursachte "Nullanzeige" mit Hilfe der Nullpunktunterdrückung unterdrückt werden.

Dichteeinfluss

Wird mit **Fv** die Feuchte in Volumen-%, **Fg** die Feuchte in Gewichts-% und mit δ die Schüttdichte bezeichnet, so gilt die Beziehung:

$$F_g = \frac{F_v}{\delta}$$

Im Allgemeinen ist es in der Industrie üblich, die Feuchte in Gewichts-% anzugeben. Da bei der nuklearen Methode die Feuchte in Volumen-% bestimmt wird, kann die Messanzeige nur dann in Gewichts-% kalibriert werden, wenn die Schüttdichte hinreichend konstant ist. Ist die Bedingung nicht erfüllt, so muss die Schüttdichte zusätzlich gemessen und die Feuchteanzeige mit dem Messwert der Dichte kompensiert werden (siehe Kapitel 2.3).

Prinzipiell setzt sich der Schüttdichtewert aus zwei Teilbeträgen zusammen:

- ein Teilbetrag, der durch die Materialart, Korngröße und Art der Schüttung bestimmt wird (Trockenschütt-Dichte) und
- ein Teilbetrag, der durch den Einfluss der Feuchte gegeben ist.

Von der Methode her wird der zweite Teilbetrag automatisch erfasst. Dagegen gehen alle Änderungen des ersten Teilbetrages mit dem gleichen Prozentsatz in die nicht dichtkompensierte Feuchteanzeige ein. Anders ausgedrückt kann man sagen, dass die Schwankungen der Trockenschüttdichte bzw. die Schwankungen der Schüttdichte bei konstantem Feuchtwert darüber entscheiden, ob eine zusätzliche Dichtekompensation notwendig ist.

Statistische Anzeigenschwankungen

Da bei nuklearen Messungen die Sondenimpulse zeitlich unregelmäßig aufeinander folgen, schwanken die in gleichen Zeiten registrierten Impulszahlen um einen Mittelwert.

Bei der Intensitätsmessung mit einem kontinuierlich anzeigenden Instrument (Ratemeter) ist zur Mittelwertbildung eine Anzeigeträgheit τ erforderlich.

Beträgt die mittlere Impulszahl $n \text{ Imp/s}$, so gilt für die mittlere relative Schwankung der Anzeige:

$$\frac{\Delta I}{I} = \sqrt{\frac{1}{2n\tau}}$$

Die maximalen statistischen Schwankungen betragen etwa das Dreifache der angegebenen mittleren Schwankungen.

Die Stoßzahl n ist angenähert proportional zur Volumenfeuchte F_v und zur Sondenempfindlichkeit.

Beträgt diese beispielsweise 20 Imp/s pro Vol.-% Feuchte und ist $\tau = 25 \text{ s}$, so ist die mittlere Schwankung bei 10 Vol.-% Feuchte $\pm 1\%$ der Anzeige; sie entspricht also $\pm 0,1 \text{ Vol.-%}$ Feuchte.

Sicher erkennbar sind kurzzeitige Feuchteschwankungen von einer Minute Dauer, wenn sie mindestens $\pm 0,3 \text{ Vol.-%}$ betragen. Jedoch können bleibende Feuchteänderungen von nur $\pm 0,05 \text{ Vol.-%}$ aus einer Trendaufzeichnung des Feuchtesignals von mindestens 30 Minuten Dauer noch erkennbar sein, wenn alle anderen Fehlereinflüsse dagegen klein sind.

Zeitkonstante und Reaktion vom Messwert

In der Wiegetasche

Bei den Anordnungen von Bunkersonden in einem Behälter mit Wiegvorrichtung muss beachtet werden, dass (meistens) eine diskontinuierliche Feuchtemessung ausgeführt werden soll. Mit der Einfüllung des Materials baut sich zunächst das effektive Messvolumen um die Sonde auf. Entsprechend der am Hauptverstärker eingestellten Anzeigenträgheit wird der Anzeigenendwert verzögert erreicht. Die Zeitkonstante bewirkt eine sofortige aber gedämpfte Reaktion der Anzeige. So erreicht die Anzeige nach 1x Zeitkonstante, z.B. 20s, bereits 63,2% des Endwertes. Die Tabelle zeigt, wie sich der Anzeigewert nach jeder weiteren verstreichenden Zeitkonstante verhält.

So ist bereits nach 3x Zeitkonstante, in unserem Beispiel nach 60s, ein Anzeigewert von 95% erreicht.

Zeit	1x	2x	3x	4x	5x	6x	7x
Anzeige in % vom Endwert	63,2	86,5	95,0	98,2	99,3	99,8	99,9

Entsprechend dieser rein mathematischen Beziehung dürfte bei diskontinuierlichen Messungen die eingestellte Anzeigeträgheit nie größer werden als 1/5 der zur Verfügung stehenden Messzeit (1% Wert).

Bei kurzen Messzeiten wird durch die noch geringeren Anzeigeträgheiten der statistische Messfehler sehr groß. Als Gegenmaßnahme empfiehlt sich eine Erhöhung der Aktivität der Neutronenquelle, die die statistische Anzeigeschwankung reduziert und somit kürzere Zeitkonstanten zulässt, oder die Verwendung des HALT-Eingangs an der Auswerteeinheit LB 350. Der HALT-Eingang friert den Messwert ein, sobald die Wiegetasche geleert wird. Ist die Wiegetasche wieder gefüllt, wird der Messvorgang wieder freigegeben. Der HALT-Eingang muss durch das Öffnen der Wiegetasche aktiviert werden und nach dem Befüllen durch das erreichte Gewicht, das die Sonde kpl. mit mindestens 0,5m Material bedeckt, wieder freigegeben werden.

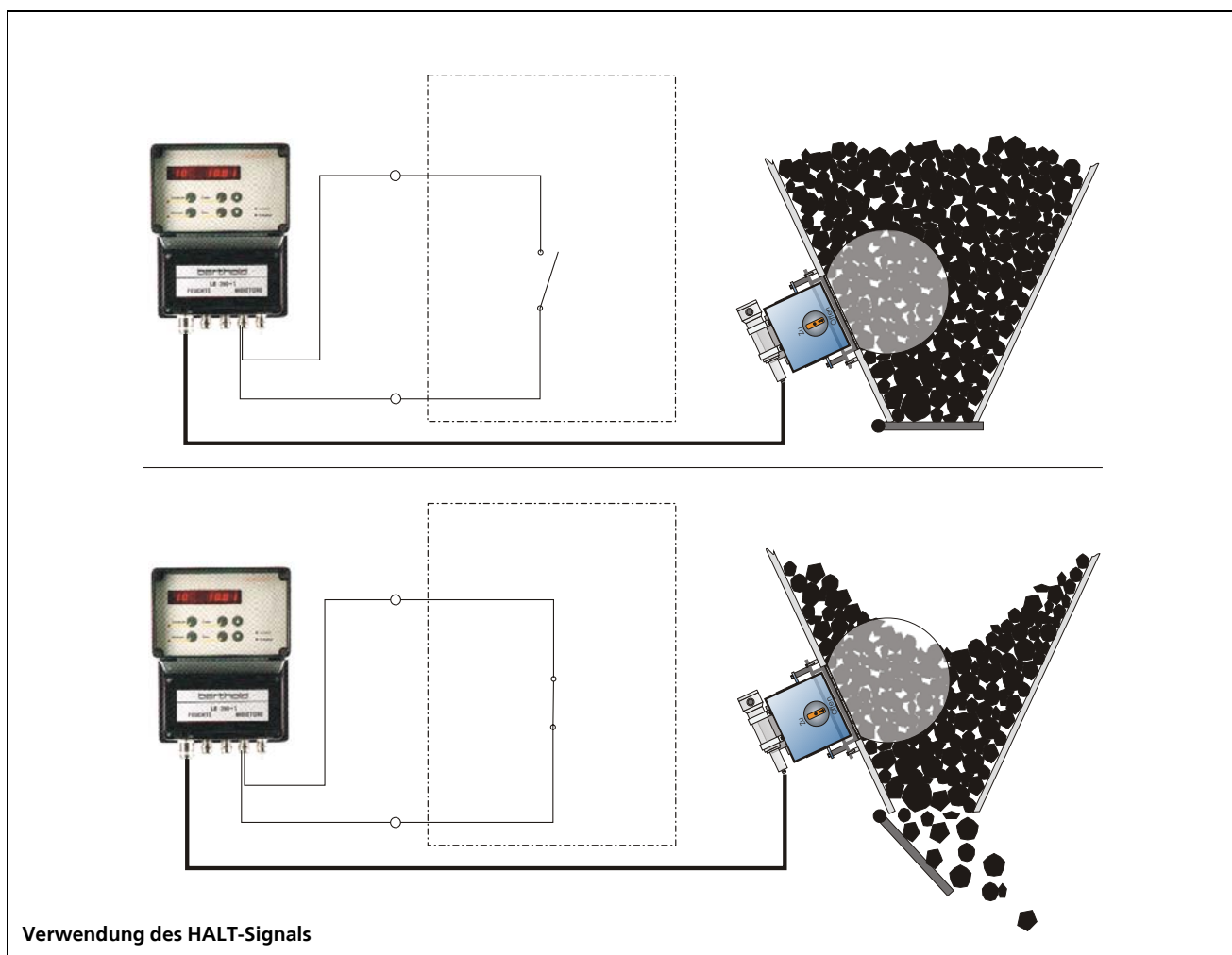
Somit kann die Messung vom letzten Messwert aus starten und muss nicht von 0% Feuchte wieder hochlaufen. Da sich die Feuchte von einer Charge zur nächsten im Regelfall nicht drastisch ändert, sind somit weit höhere Zeitkonstanten möglich.

Bei der schlagartigen Befüllung einer Wiegetasche können sehr starke Stoßbelastungen der Sonde auftreten. In solchen Fällen sollte der Innendurchmesser des Tauchrohres geringfügig größer gewählt werden. Als Schockabsorber ist das Sondenrohr mit drei dünnen, schmalen Gummi- oder Kunststoffstreifen zu umwickeln - jeweils ein Streifen an den Enden des Sondenrohres und einer in der Mitte. Zusätzlich kann parallel über dem Tauchrohr in ca. 60-70cm Höhe ein stabiles Winkeleisen als Prallschutz in die Wiegetasche eingeschweißt werden.

Verwendung des HALT-Signals bei kurzen Messzeiten

Im Chargen-Betrieb, z.B. bei Wiegebehältern für Hochöfen wird in Intervallen befüllt und entleert. Eine Verweilzeit > 1-2 Minuten bei vollem Behälter, ist ausreichend für eine genaue Messung. Um sicherzustellen dass die Messung nicht vom Feuchtwert bei leerem Behälter auf den Wert bei vollem Behälter hochlaufen muss, kann der Halt-Eingang des LB 350 an ein Grenzwert-Signal der Behälter-Waage angeschlossen werden.

Das "Halt Signal" friert den Messwert ein bevor der Behälter geleert wird. Ist er wieder gefüllt, so wird die Messung freigegeben und kann sich auf den neuen Wert einstellen. Da die Feuchte-Änderung von einer Charge zur nächsten relativ gering ist, benötigt die Messung nur wenig Zeit um den neuen Messwert zu ermitteln.

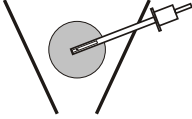
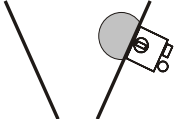
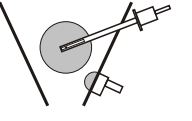
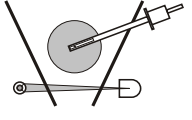
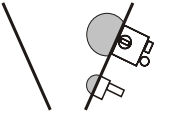
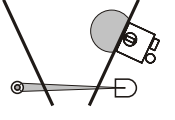


2.2 Messanordnungen

Die Wahl der geeigneten Systemanordnung ist abhängig von:

- dem zu messenden Produkt,
- der Schüttdichte,
- dem Messbereich,
- der Umgebungs-Temperatur,
- der Behälterform sowie
- dem Wandaufbau des Behälters.

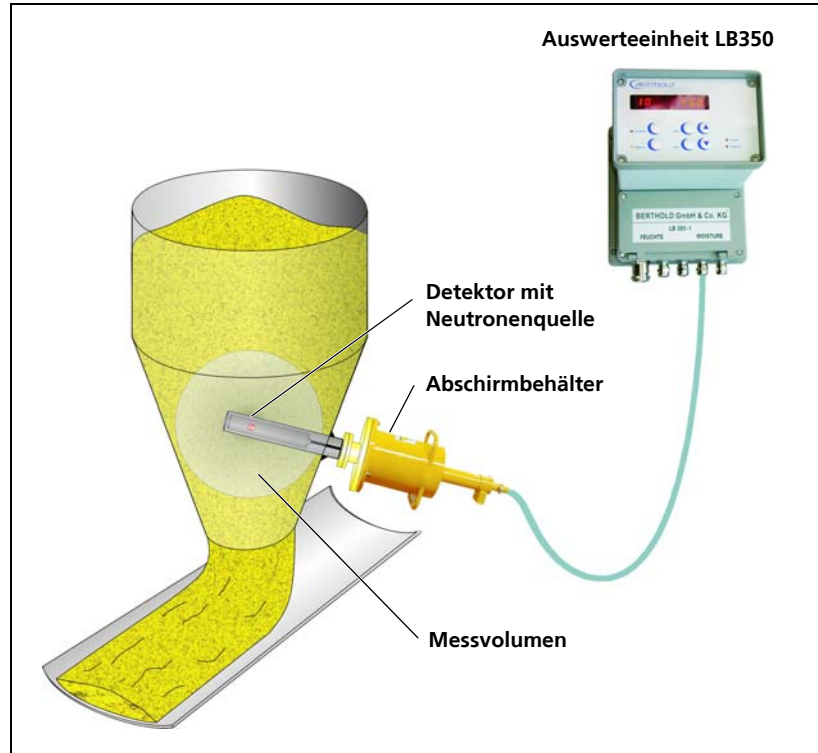
Folgende Messverfahren können angewand werden:

	Bunkersonden	Oberflächensonden
ohne Dichte-kompensation	 Variante 1: Bunkersonde ohne Dichtekompensation	 Variante 2: Oberflächensonde ohne Dichtekompensation
mit Dichte-kompensation	 Variante 1a: Bunkersonde mit Dichtekompensation über Rückstreuung  Variante 1b: Bunkersonde mit Dichtekompensation über Transmissionsmessung	 Variante 2a: Oberflächensonde mit Dichtekompensation über Rückstreuung  Variante 2b: Oberflächensonde mit Dichtekompensation über Transmissionsmessung

2.2.1 Feuchtemessung mit Bunkersonde

Im Behälter oder Bunker

Zur Erzielung von optimalen Bedingungen bei den Messungen sollte das effektive Messvolumen mit der Neutronenquelle als Zentrum direkt in die Fließzone des Materials gelegt werden. Am günstigsten wird der Auslauf eines Silos oder eines Bunkers gewählt, so dass der ganze durchfließende Materialstrom erfasst werden kann.



In den meisten Fällen ist der Strahler-Detektor-Abstand in den Sonden so gewählt, dass zwischen Messanzeige und Feuchtwert praktisch ein linearer Zusammenhang besteht. Das bedingt jedoch, dass die Sondenanordnung derart ausgeführt wird, dass das effektive Messvolumen auch bei niedrigstem zu messenden Feuchtwert noch im Material verläuft.

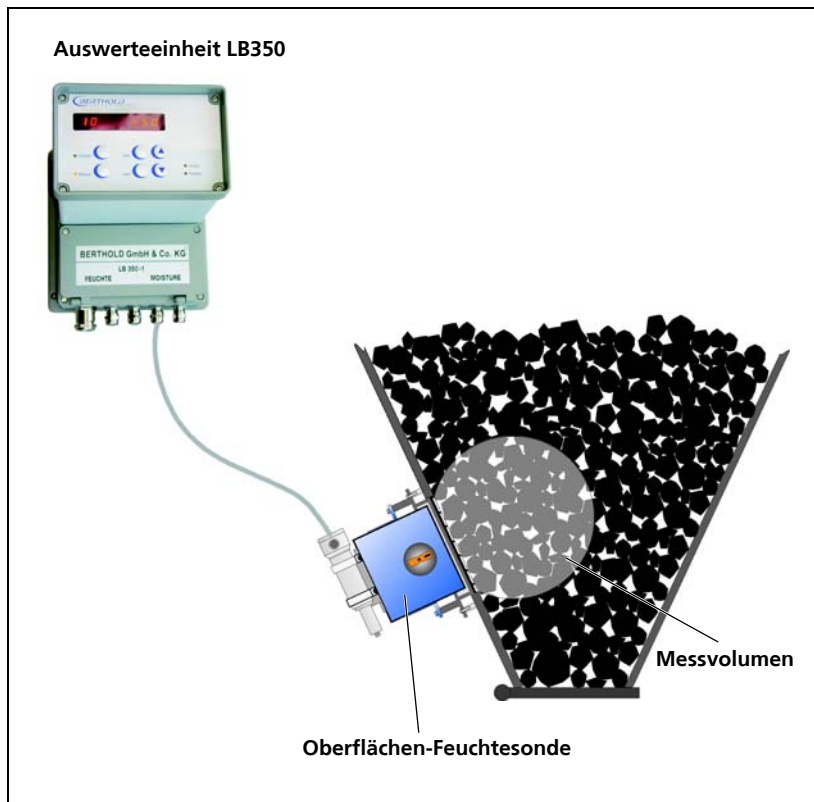
2.2.2 Feuchtemessung mit Oberflächen-Feuchtesonde

Die Oberflächenfeuchtemessung ermöglicht eine Messung der Feuchte an der Oberfläche des Behälters. Ein spezielles Tauchrohr wird dadurch überflüssig. Die Feuchtemessung kann je nach Wandstärke des Behälters direkt von außen an die Behälterwand montiert oder auch mit Hilfe eines Montagerahmens in eine vorgefertigte Aussparung des Behälters eingebaut werden.

Ein wesentlicher Nutzen der Oberflächenfeuchtemessung besteht auch darin, dass der Strahler in der Abschirmung in eine abgeschirmte Position und in eine Messposition gedreht werden kann. Dadurch ist es sehr einfach im Behälter Revisionen oder sonstige Arbeiten zu verrichten, ohne dass die Messung demontiert werden muss.

Die Oberflächen-Feuchtemessung ist zu verwenden, wenn:

- das Tauchrohr für die Bunkersonde einem zu hohen Abrieb durch fallendes Messgut ausgesetzt ist (z.B. bei Koks),
- das Messgut direkt auf das Tauchrohr fallen könnte,
- durch ein Tauchrohr Störungen im Materialfluss zu befürchten sind,
- der Bunker zu Revisionszwecken begangen werden muss.



Die Oberflächen-Feuchtesonde LB 7410 wird direkt an den Behälter montiert. Die Stahlwand des Behälters soll dabei nicht stärker als 20 mm sein, damit die Messempfindlichkeit nicht zu sehr geschwächt wird.

i WICHTIG

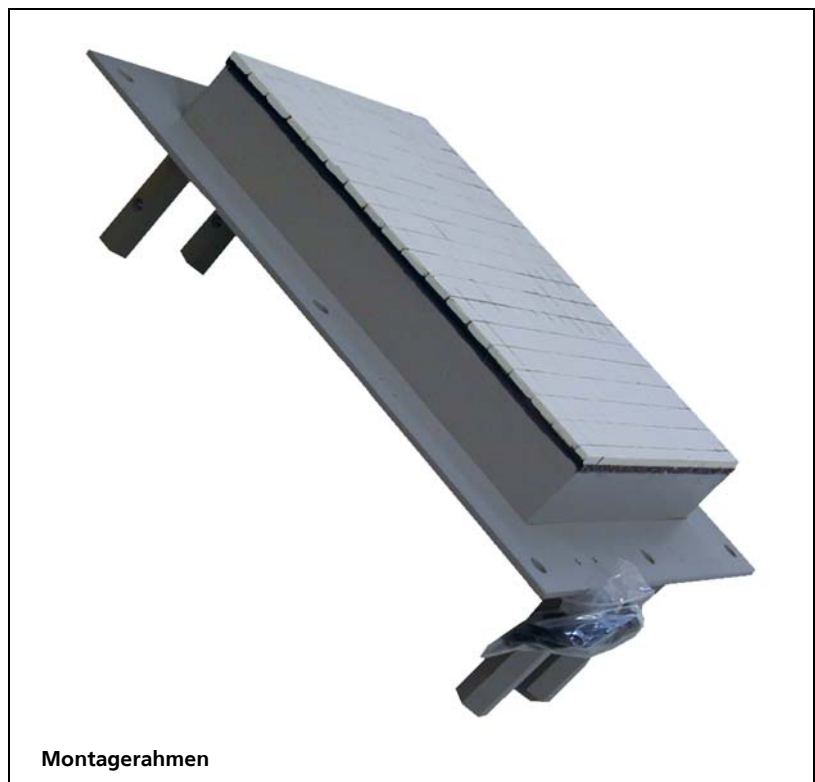
Um eine hohe Messempfindlichkeit zu erreichen empfiehlt sich der Einsatz eines Montagerahmens (siehe Seite 17).

Montagerahmen

Generell empfiehlt sich der Einsatz eines Montagerahmens. Dieser bietet Ihnen:

- genaue Messwerte, da das Messsignal nicht durch die Behälterwand geschwächt wird,
- schnelle Montage, da die Halterung für die Oberflächen-Feuchtesonde auf dem Montagerahmen integriert ist,
- lange Nutzungsdauer durch verschleißfeste Keramikoberfläche.

Der Montagerahmen wird in eine vorbereitete Öffnung in der Behälterwand eingebaut.



Montagerahmen

2.3 Schüttdichte-Kompensation

Die Schüttdichte-Kompensation erhöht die Genauigkeit der Feuchtemessung wenn die Schüttdichte des Produktes schwankt.

Die Schüttdichte-Kompensation besteht aus einem Szintillationsdetektor und einer abgeschirmten Gamma-Strahlenquelle. Ein zusätzlicher Messverstärker ermittelt die Schüttdichte um die Feuchtemessung zu kompensieren.

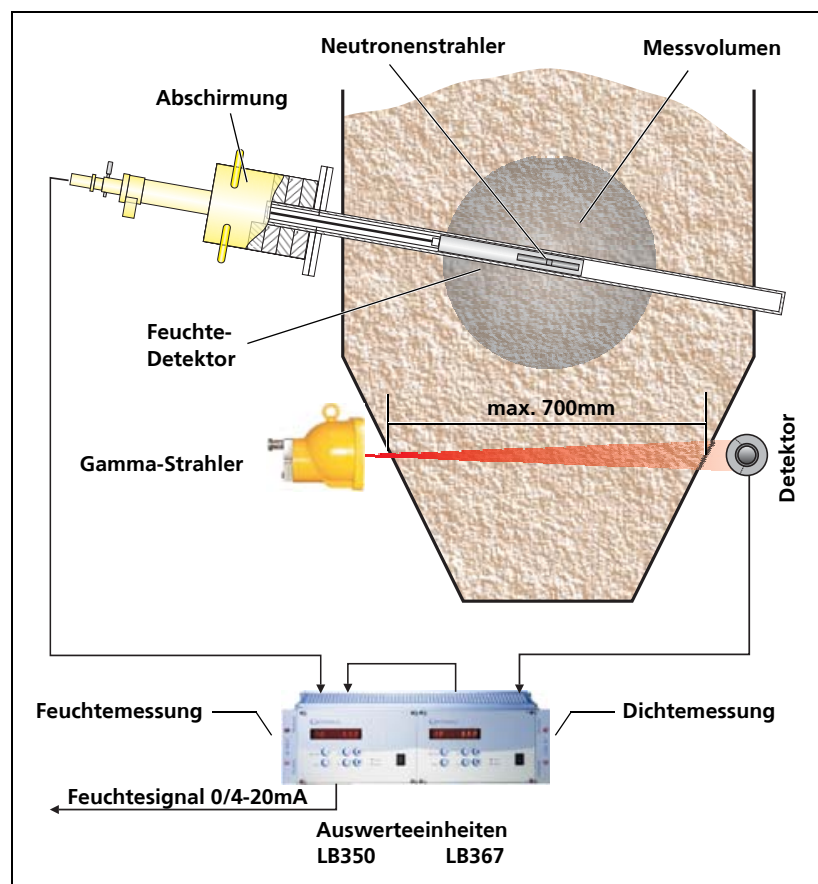
Abhängig vom Messweg durch den Behälter empfehlen sich unterschiedliche Messsysteme um die Schüttdichte zu messen:

- Durchstrahlungsmessung (siehe Seite 18)
- Rückstreumessung (siehe Seite 19)

Durchstrahlungsmessung

Die von einem Gammastrahler abgegebene Strahlung wird beim Durchgang durch Materie geschwächt. Verändert sich die Schüttdichte so verändert sich auch die Schwächung.

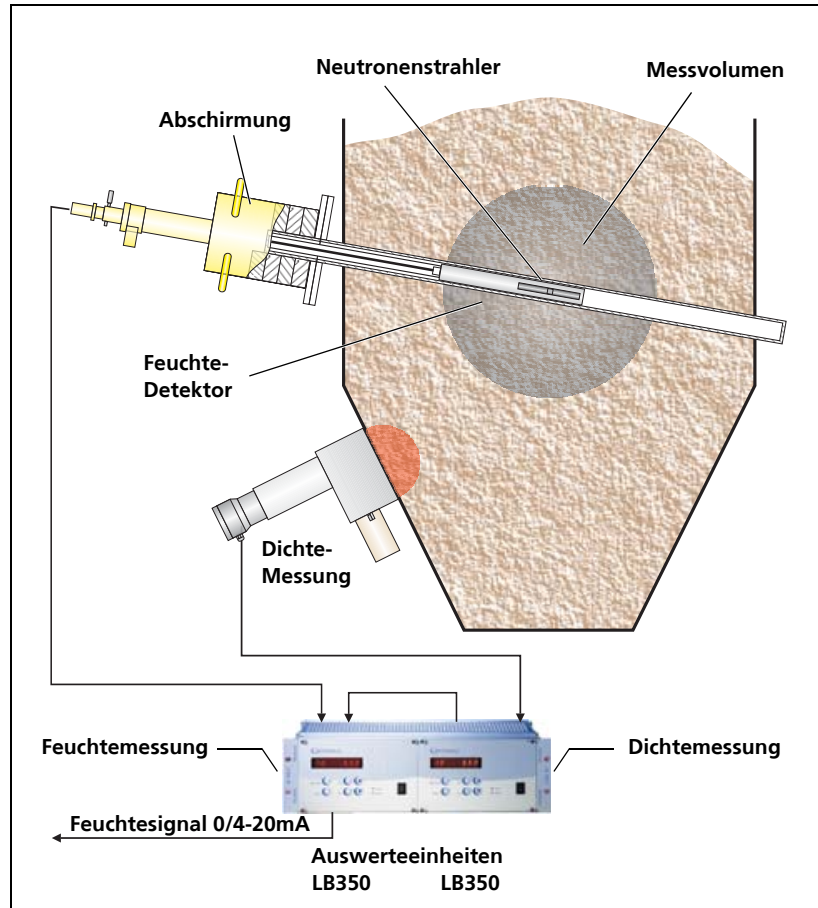
Die Durchstrahlungsmessung ist nur bei Durchstrahlungswegen von max. 700 mm möglich, bietet jedoch einen entscheidenden Vorteil gegenüber der Rückstreumessung: Da ein größeres Messvolumen erfasst wird, ist diese Anzeige repräsentativer.



Rückstreumessung

Die von einem Gammastrahler abgegebene Strahlung wird vom Messprodukt rückgestreut. Die Intensität der zurückgestreuten Strahlung ist ein Maß für die Schüttdichte.

Wird anstatt einer Bunkersonde eine Oberflächensonde verwendet, dann kann die Rückstreumessung einfach mit in den Montagerahmen eingebaut werden.



3

Mechanische Installation

3.1 Lieferumfang

Je nach bestellter Messanordnung sind folgende Komponenten im Lieferumfang enthalten:

Feuchtesonde

- Feuchte-Bunkersonde LB 6666 bzw. LB 6669 mit Vorverstärker LB 2018, Abschirmbehälter

alternativ

- Oberflächen-Feuchtesonde LB 7410, Montagerahmen (optional)

Auswerteeinheit

- LB 350-1 im Wandgehäuse
- LB 350-2 im 19" Rahmen
- LB 350-3 im 19" Rahmen mit Dichtekompensation LB 350 bzw. LB 367

Zubehör

- Klemmkasten (IP 65), Verbindungskabel (7-adrig, geschirmt), Strahlenwarnschild

Schüttdichte-Kompensation

Für eine Kompensation der Schüttdichte wird zusätzlich geliefert:

- Für Durchstrahlungsmessung:
Strahler CS-137 oder Co-60,
Detektor Sz5 D1 50/50, Abschirmung LB 7440 oder LB 7442
Auswerteeinheit LB 367
- Für Rückstreumessung:
Rückstreukammer, Strahler Cs-137
Detektor Sz AR 1 44/5
zweite Auswerteeinheit LB 350

**WICHTIG**

Bitte kontrollieren Sie die Vollständigkeit der Lieferung anhand des Lieferscheins.

**ACHTUNG**

Lagerung und Transport nur in nicht korrosiver Umgebung. Beachten Sie auch die technischen Daten auf Seite 105.

3.2 Einbau der Bunkersonde

Die Bunkersonde LB 6666 oder LB 6669 wird mit dem Strahler geliefert. Der Strahler befindet sich in der Sonde und die Sonde befindet sich in der Abschirmung LB 7409. Die Sonde sollte solange abgeschirmt bleiben, bis das Tauchrohr montiert ist.

Erst wenn das Tauchrohr installiert ist und die Messung in Betrieb genommen wird, sollte die Sonde in das Tauchrohr eingeführt werden.

Wenn Arbeiten im Bunker in der Nähe des Tauchrohrs in dem die Sonde montiert ist, ausgeführt werden müssen, ist die Sonde in die Abschirmung zu bringen.

Die Sonde darf nur von, oder unter Aufsicht einer autorisierten Fachkraft, im Regelfall dem Strahlenschutzbeauftragten oder dem Berthold Servicetechniker, aus der Abschirmung entnommen und in das Tauchrohr eingeführt werden, bzw. aus dem Tauchrohr wieder entnommen werden.

Siehe auch die technischen Zeichnungen zu den Sonden und den Abschirmungen im Anhang ab Seite 106.

Optimaler Einbauort und Vorbereitung

- Bei niedriger Feuchte ist mit einem Messvolumen von ca. 60cm Radius zu rechnen. Das bedeutet, dass auch bei niedrigstem Füllgrad die Sonde mit mindestens 60cm Material bedeckt sein muss. Ist dies nicht der Fall, so kommt es zu Fehlmessungen.
- Desgleichen muss im inneren des Bunkers der Abstand der Messung zur nächsten Wand mindestens 60cm betragen, sonst wird die Kalibrierkennlinie unlinear.
- Einfließendes Material darf nicht direkt auf die Sonde oder das Tauchrohr fallen, da sonst die Sonde durch die Erschütterungen vorzeitig zerstört wird.
- Vor der Montage sind Deckenböden, Halterungen und sonstige Anbauten zu berücksichtigen, die eine Montage verhindern oder stören können.
- Das Material darf sich nicht an der geplanten Messstelle ablagern, sondern muss vollständig abfließen.
- Sofern eine Verschleißerkennung eingeplant ist, ist die dazu notwendige elektrische Installation vorzubereiten.
- Eine repräsentative Probennahme zur Kalibrierung muss ermöglicht werden (Möglichkeiten: z.B. beim Befüllen, beim Entleeren oder im gefüllten Bunker).

Einbaulage

Beim Einbau der Bunkersonde ist darauf zu achten, dass der Materialfluss durch die Sondenordnung möglichst nicht oder nur wenig gestört wird. Eine senkrechte Sondenordnung wäre deshalb vorzuziehen. Bei einem vollkommen waagrecht Einbau des Tauchrohres bilden sich unterhalb des Tauchrohres Auflockerungen oder sogar Hohlräume im Material. Diese Einbauart muss deshalb vermieden werden. Empfohlen wird außer dem senkrechten Einbau noch eine Neigung des Tauchrohres von mindestens 30-35° gegen die Waagerechte.

Dimensionierung des Tauchrohres

Der Innendurchmesser des Tauchrohres sollte dem Außendurchmesser der Bunkersonde so gut wie möglich angepasst sein. Für die Bunkersonde mit einem Außendurchmesser von 70 mm ist ein Innendurchmesser für das Tauchrohr zwischen 72 und 76 mm (ca. 3") zu wählen. Dabei ist zu beachten, dass eventuelle Schweißnähte im/am Tauchrohr das Einführen der Bunkersonde nicht behindern. Da die thermische Neutronenintensität pro mm Stahlwandung etwa um 5% reduziert wird, sollte die Wandstärke der Tauchrohre möglichst zwischen 4 und 6 mm betragen. Maximal zulässig sind in Sonderfällen 8 mm Wandstärke des Tauchrohres. Sollten stark abrasive Materialien wie Koks gemessen werden, so muss verschleißfester Edelstahl (z. B. Werkstoff Nr. 1.4571) als Werkstoff für die Tauchrohre verwendet werden.

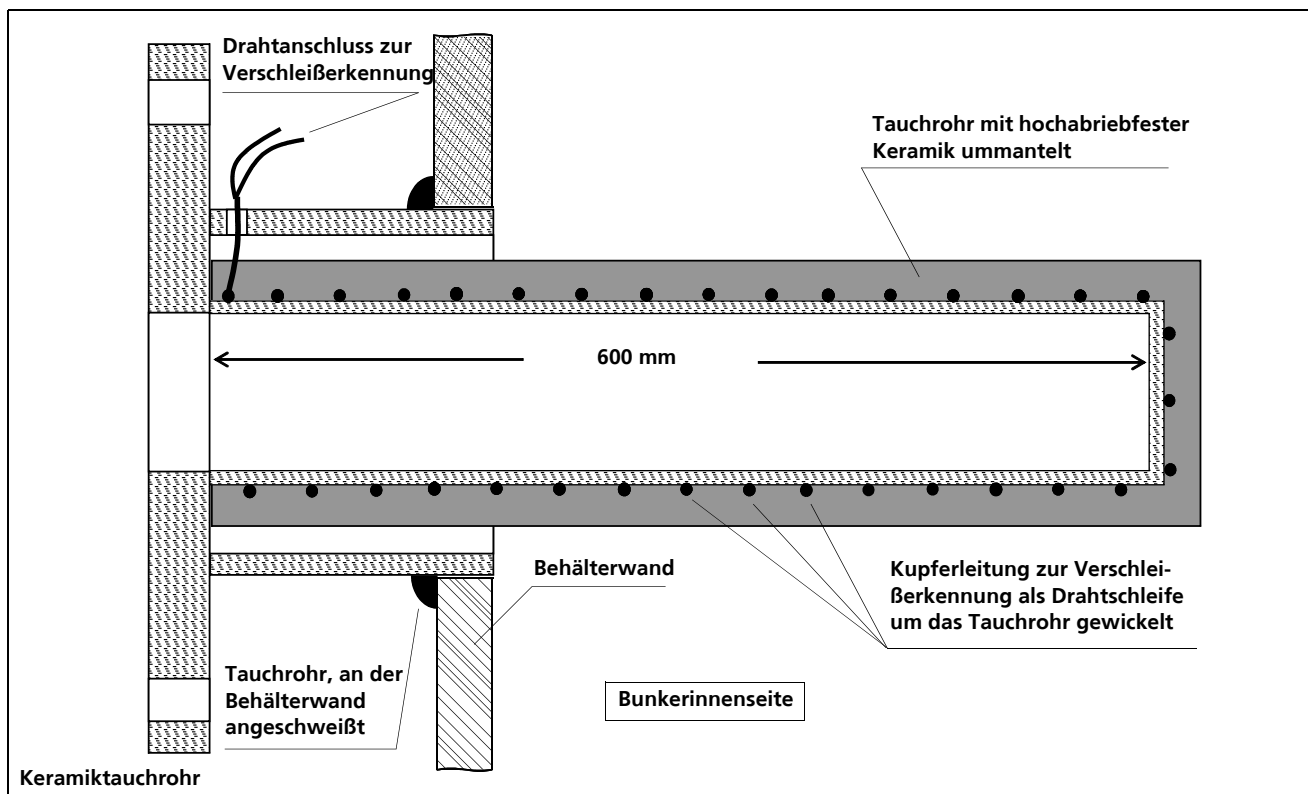
Keramiktauchrohr

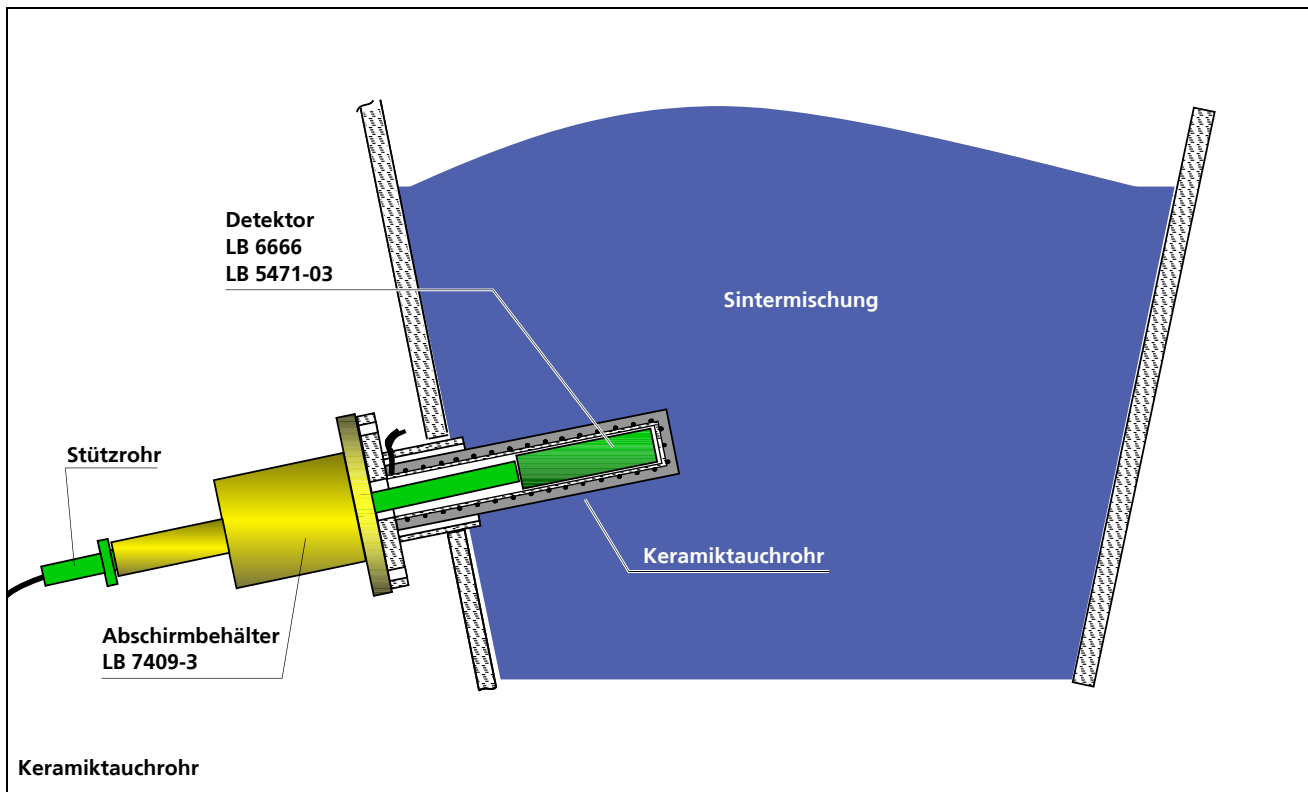
Bei abrasiven Materialien wie Sintermischungen, Feinkoks oder Quarzsand würde das Tauchrohr aus Stahl innerhalb kürzester Zeit durchgeschliffen werden. Aus diesem Grunde muss hier ein Tauchrohr mit Keramikummantelung verwendet werden.

Dieses Tauchrohr ist bis Temperaturen von 120°C einsetzbar (ab 70°C muss ein Spezialkabel am Detektor eingesetzt werden) und beinhaltet eine Verschleißerkennung über eine Drahtschleife. Es ist in drei Längen erhältlich: 600 mm, 900 mm, 1200 mm.

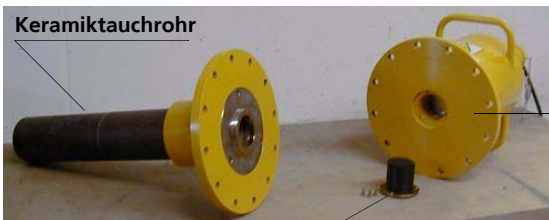
i WICHTIG

Material, dass aus großer Höhe auf das Tauchrohr fällt, kann die Keramik zerstören. Aus diesem Grunde sind Koksapplikationen im Hochofenbetrieb ausgeschlossen.





Keramiktauchrohr, montiert auf Abschirmung LB 7409-03



Keramiktauchrohr

Abschirmung
LB 7409-02
oder
LB 7409-03

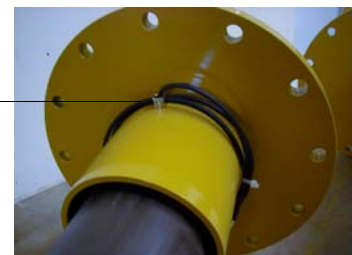
Stopfen aus der Abschirmung vor der Montage mit dem Tauchrohr entfernen. Dazu die drei Inbus-schrauben heraus-drehen.



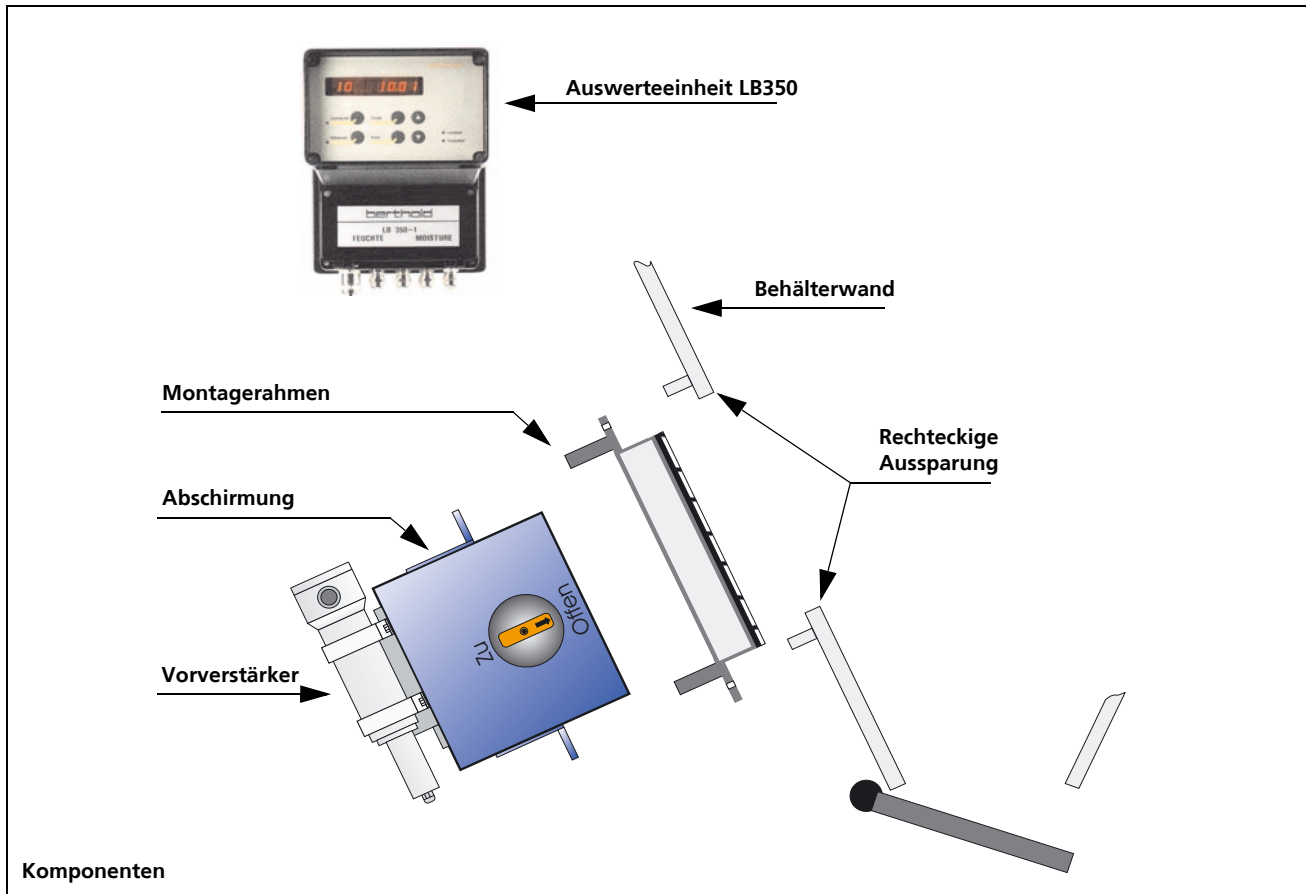
Stützrohr

Das Stützrohr positioniert die Feuchtesonde. Es wird in der Länge der jeweiligen Einbausituation angepasst.

Kabelausgang für die Verschleißerkennung



3.3 Einbau der Oberflächen-Feuchtesonde



Die Abschirmung LB 7410 wird mit dem Strahler geliefert. Der Strahler ist dabei in abgeschirmter Position. Der Strahler sollte abgeschirmt bleiben, solange die Abschirmung montiert wird oder wenn Arbeiten im Bunker in der Nähe des Strahlenkanals ausgeführt werden müssen.

Erst wenn die Messung in Betrieb genommen wird, sollte der Strahler geöffnet werden.

Der Strahler kann in abgeschirmter Position als auch in geöffneter Position mit einem Steckschloss verriegelt werden.

Das Vorhängeschloss an der Seite der Abschirmung verhindert den Zugriff auf den Strahler.

Der Strahler darf nur von einer autorisierten Fachkraft, im Regelfall der Strahlenschutzbeauftragte, oder dem Berthold Servicetechniker entnommen bzw. ausgetauscht werden.

Montage mit Montagerahmen

Wird ein Montagerahmen verwendet dann muss ein Fenster mit folgender Größe ausgespart werden:

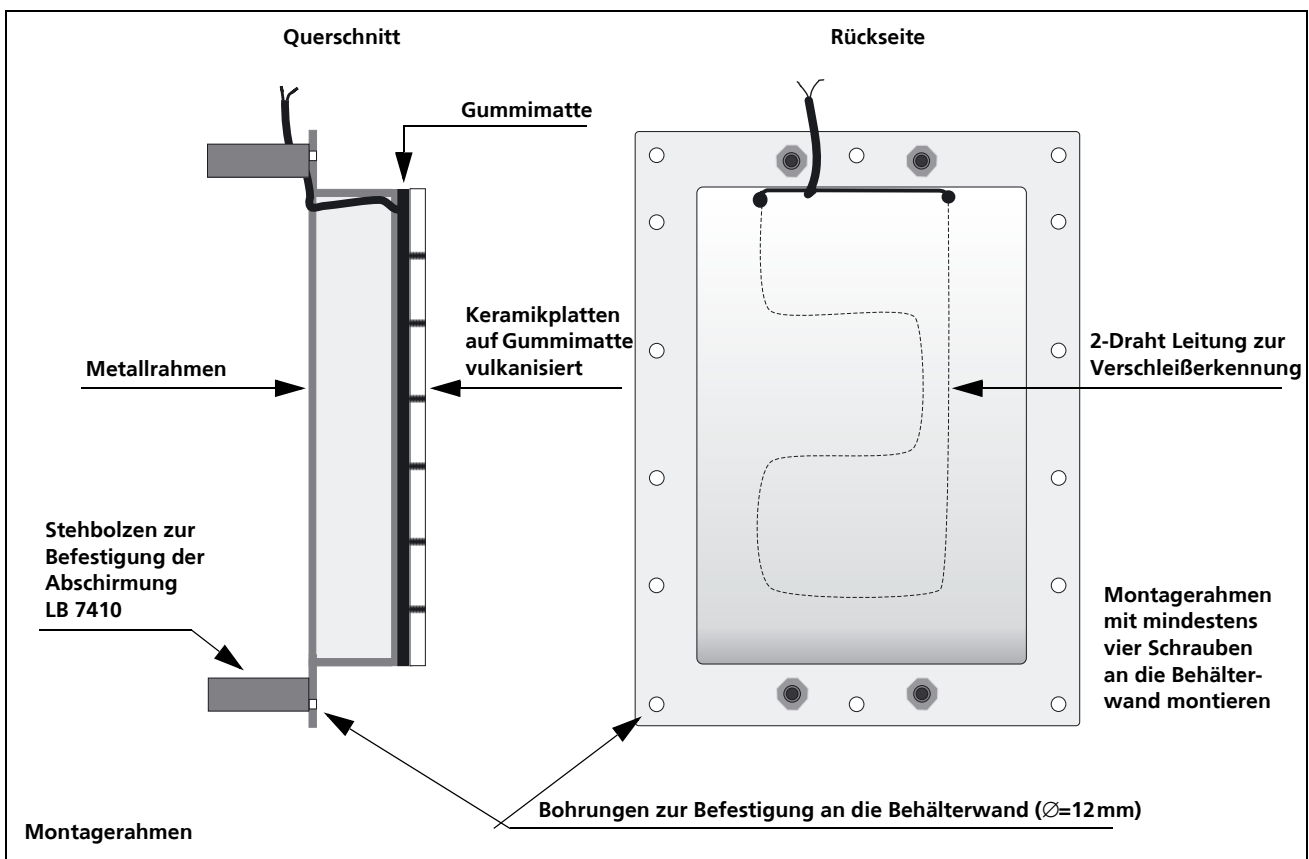
für Feuchtemessung ohne Dichtekompensation: 280 x 360 mm
für Feuchtemessung mit Dichtekompensation: 360 x 460 mm

Zum Befestigen des Montagerahmens sind 8 Löcher mit einem Durchmesser von 12 mm vorgesehen. Mit Bolzen oder Schrauben kann damit der Montagerahmen an die Behälterwand befestigt werden.

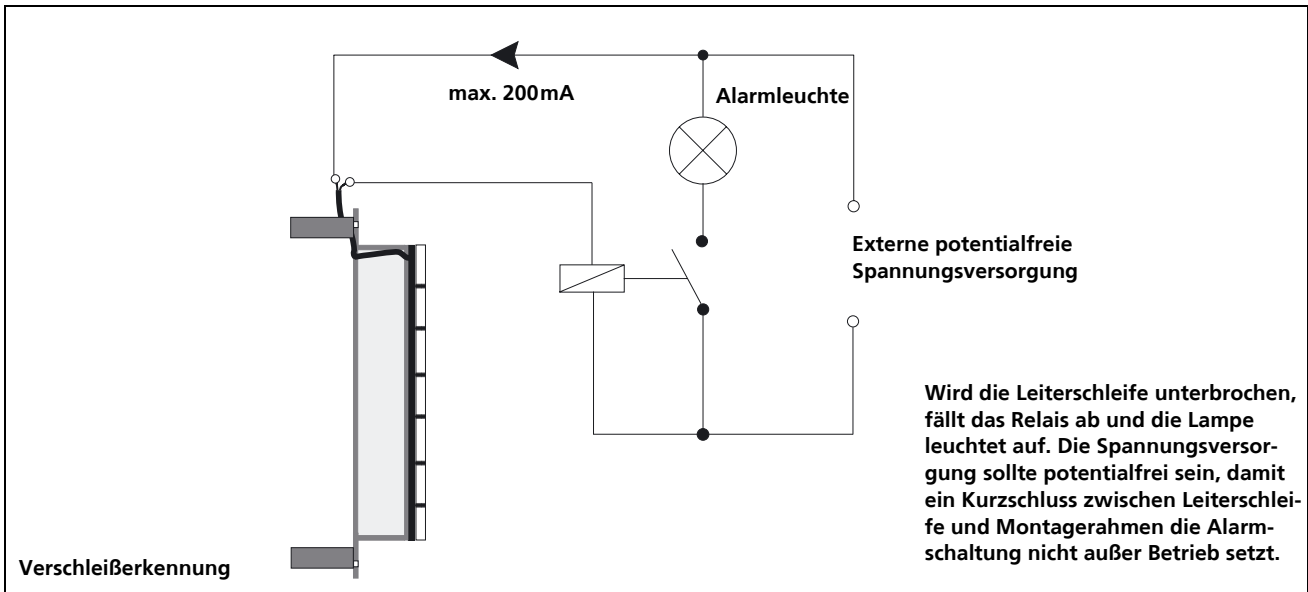
Siehe auch die technischen Zeichnungen zum Montagerahmen ab Seite 106.

Der Montagerahmen wird in eine vorbereitete Öffnung in der Behälterwand eingebaut.

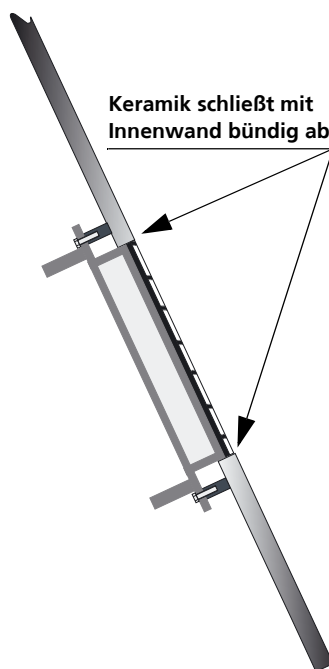
Nach einer Betriebszeit von mehreren Jahren alarmiert eine integrierte Leiterschleife durch Drahtbruch, dass die Keramikoberfläche abgetragen ist.



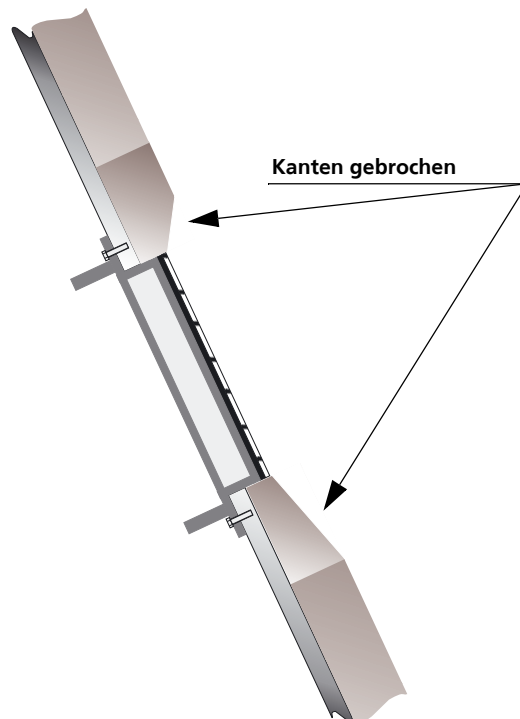
Das folgende Bild zeigt ein Schaltungsbeispiel. Alternativ dazu kann die Leiterschleife zur Erzeugung einer Meldung direkt an den Eingang einer Steuerung angeschlossen werden.



Die Keramik-Oberfläche des Montagerahmens wird bündig mit der Innenwand montiert.



Bei starker Auskleidung der Behälterinnenseite müssen die Kanten der Auskleidung gebrochen werden. Beim Entleeren muss das Material an der Messstelle sicher abfließen können.



Montage ohne Montagerahmen

Bei einer Behälterwandstärke geringer als 8 mm kann die Messung auch direkt außen an die Oberfläche des Behälters, ohne Aussparung und ohne Montagerahmen, montiert werden.

Dadurch ist eine einfache und schnelle Montage auch ohne Produktionsstopp möglich.

3.4 Montage der Dichtekompensation als Transmissionsmessung

3.4.1 Abschirmung montieren

Die Abschirmung LB 7440 wird mit dem Strahler geliefert. Der Strahler ist dabei in abgeschirmter Position. Der Strahler sollte abgeschirmt bleiben, solange die Abschirmung montiert wird oder wenn Arbeiten im Bunker in der Nähe des Strahlenkanals ausgeführt werden müssen.

Erst wenn die Messung in Betrieb genommen wird, sollte der Strahler geöffnet werden.

Der Strahler kann in abgeschirmter Position als auch in geöffneter Position mit einem Vorhängeschloss verriegelt werden.

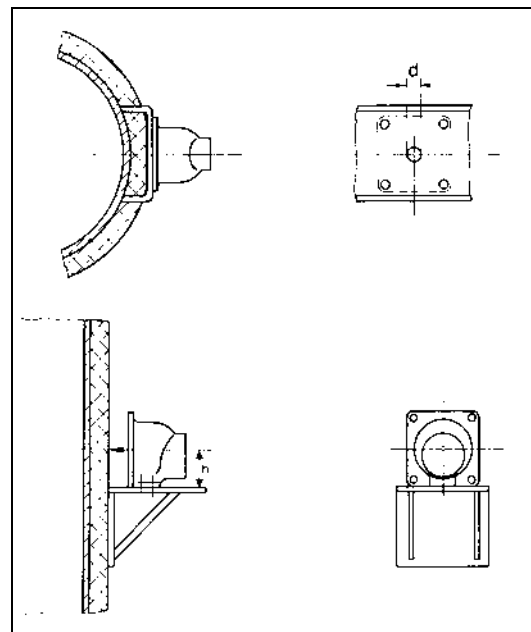
Der Strahler darf nur von einer autorisierten Fachkraft, im Regelfall der Strahlenschutzbeauftragte, oder dem Berthold Servicetechniker entnommen bzw. ausgetauscht werden.

Technische Daten und Abmaße siehe ab Seite 105.



	LB 7440	LB 7442
h	90	120
d	~ 30	~ 30

Montagevorschlag für Abschirmung LB 744x am Behälter



3.4.2 Detektor montieren

Markieren Sie Überwachungshöhe für den Füllstand am Behälter. Positionieren Sie dort den Detektor in einer horizontalen Linie zum Strahler.

Die horizontale Linie ist gleichzeitig der Grenzstand an dem das Gerät schaltet. Achten Sie darauf, dass das Strahlenfenster des Detektors nicht von der Halterung abgedeckt wird.

Der Abstand zur Oberfläche des Behälters bzw. der Wärmeisolation sollte ca. 20 mm betragen.



ACHTUNG

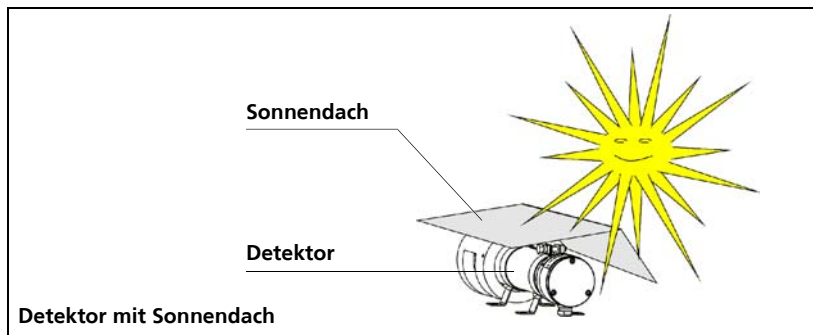
Beschädigungsgefahr!

Der Detektor kann durch starke mechanische Belastungen, Vibrationen und hohe Temperaturen beschädigt werden. Der Detektor muss erschütterungsfrei montiert werden.

Bei der Montage und im Betrieb darf der Detektor keinen mechanischen Belastungen ausgesetzt sein.

Die Umgebungstemperatur darf die in den technischen Daten angegebenen Werte nicht überschreiten. Bei höheren Umgebungstemperaturen muss der Detektor gekühlt werden. Entsprechende Wasserkühlmäntel sind als Zubehör lieferbar.

Direkte Sonnenbestrahlung ist nicht zulässig, da hierdurch die Oberflächentemperatur unzulässig erhöht werden kann. In diesen Fällen ist ein Sonnendach zu montieren (siehe Abb.).





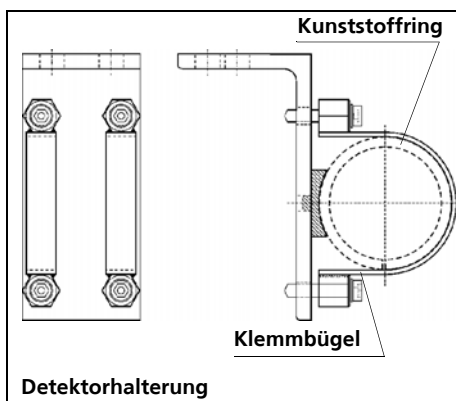
3.4.3 Befestigungsschellen für GM- und NaI-Detektoren

Für die Montage des Detektors sind Edelstahl-Schellen erhältlich. Die Dimensionen der Schellen sind in den technischen Zeichnungen im Anhang abgebildet. Die technische Zeichnung mit Dimensionen ist auf Seite 119 abgebildet.

Schellen für Detektor ohne Wasserkühlung	Schellen für Detektor mit Wasserkühlung
IDTNR 31346 (1 Satz= 2 Schellen)	IDTNR 31347 (1 Satz = 2 Schellen)

3.4.4 Edelstahl-Detektorhalterung (alternativ zu den Schellen)

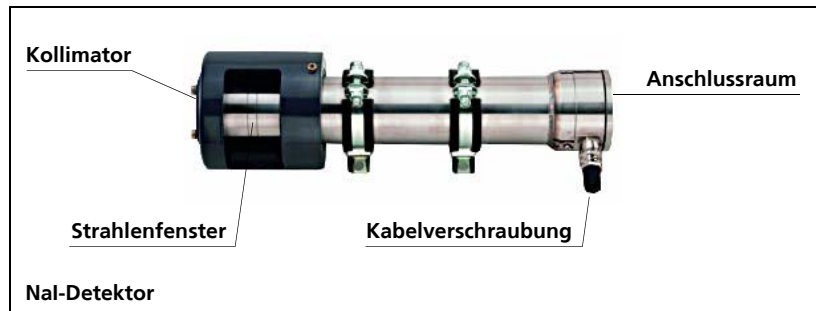
Anstatt der Schellen ist auch eine robuste Edelstahl-Halterung erhältlich.



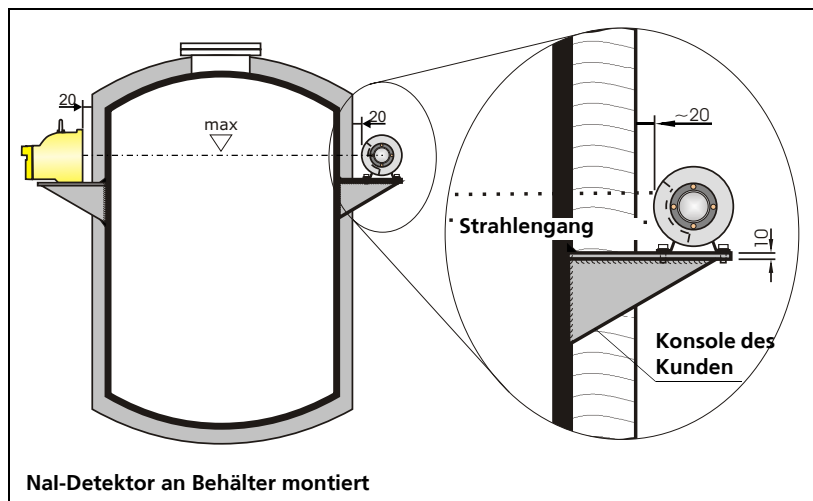
Die Halterung besteht aus einem Winkel, auf dem bereits zwei Schellen montiert sind. Sie können die Halterung auf eine Konsole verschrauben oder aufschweißen. Durch die Kunststoffringe in den Klemmbügel kann dieselbe Halterung universell für Detektoren mit und ohne Wasserkühlung verwendet werden. Alle Metallteile dieser Halterung sind aus Edelstahl gefertigt. Die technische Zeichnung mit Dimensionen ist auf Seite 119 abgebildet.

Halterung für Detektor kpl.
IDTNR 39246

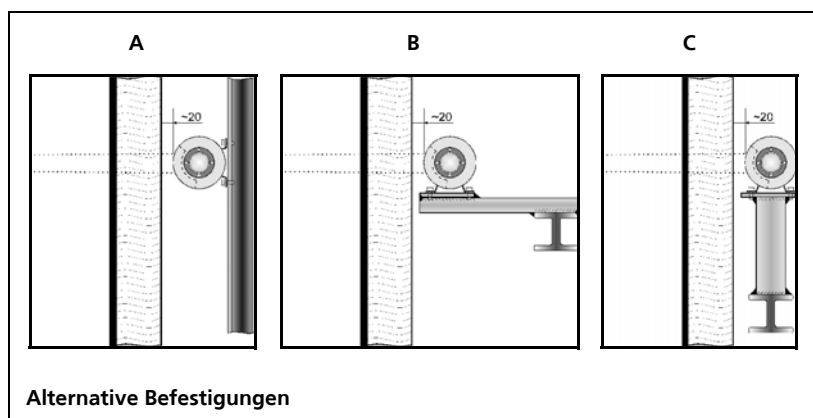
3.4.5 Montage des NaI-Detektors



Die seitliche Öffnung (Strahlenfenster) im Kollimator gibt den empfindlichen Bereich des Detektors frei und muss zum Strahler gerichtet sein. Abmessungen des Detektors siehe Seite 118.

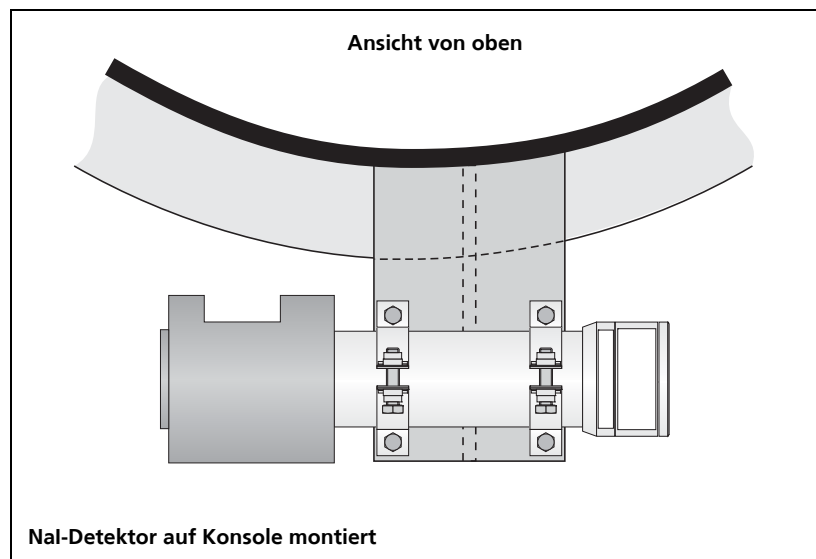
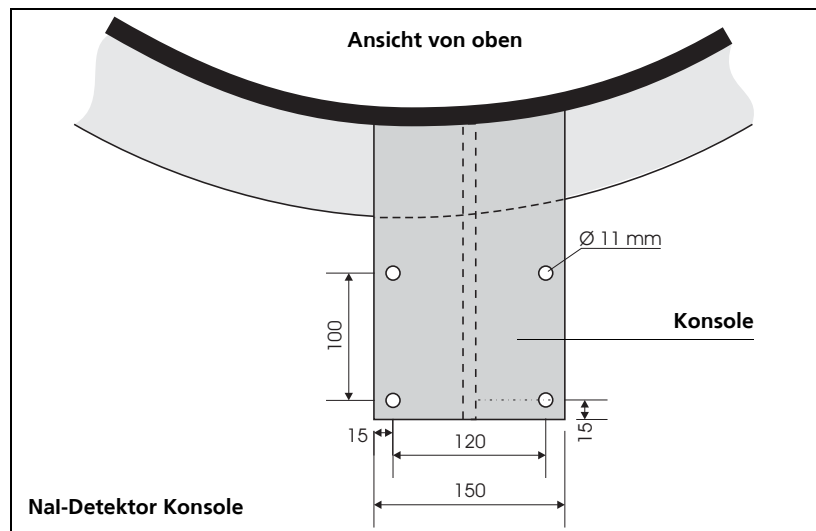


Kann die Konsole nicht an dem Behälter befestigt werden, dann ist sie an einen in der Nähe befindlichen Träger zu montieren. Die folgende Abbildung zeigt drei weitere alternative Vorschläge (A,B,C) den Detektor zu befestigen.



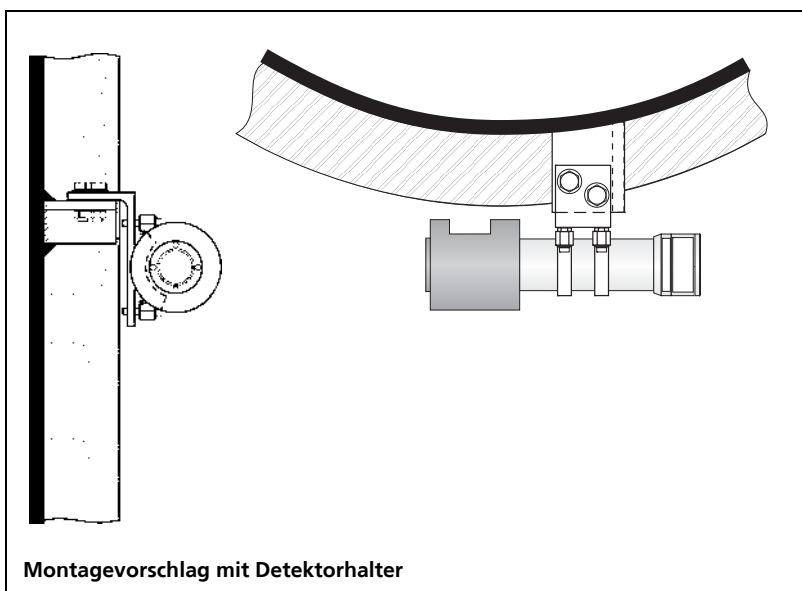
Montageablauf mit Schellen

- ▶ Fertigen Sie eine passende Konsole für den Behälter.
- ▶ Bohren Sie, nach unten stehender Zeichnung, 4 Löcher ($d = 11 \text{ mm}$) für die Schellen in die Konsole.
- ▶ Montieren Sie die Konsole entweder direkt am Behälter oder an einem stabilen Träger.
- ▶ Montieren Sie den Detektor mit den Schellen auf die Konsole.



**Montageablauf mit
Detektorhalterung**

- ▶ Fertigen Sie eine passende Konsole für den Behälter.
- ▶ Sofern der Halter nicht auf die Konsole geschweißt wird, bohren Sie nach unten stehender Zeichnung, 2 Löcher ($d = 17\text{ mm}$) für den Halter in die Konsole.
- ▶ Montieren Sie die Konsole entweder direkt am Behälter oder an einem stabilen Träger.
- ▶ Montieren Sie den Halter mit dem Detektor auf die Konsole.

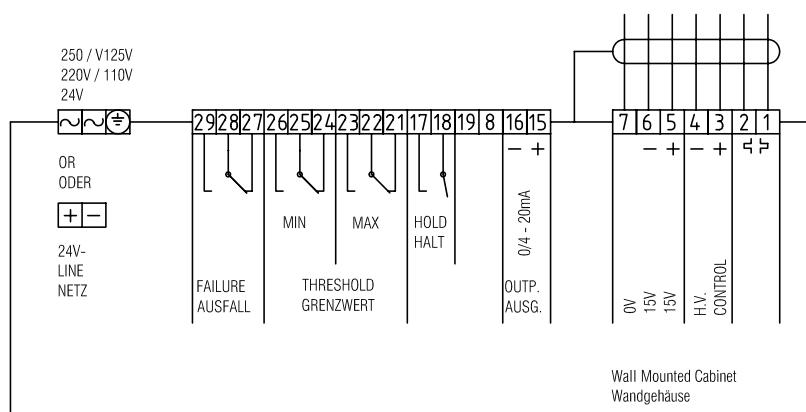
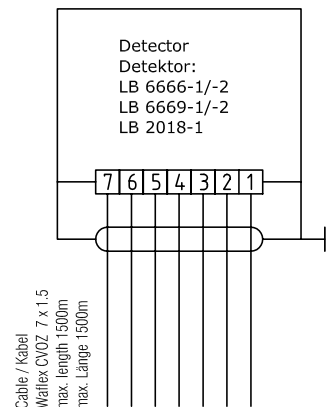
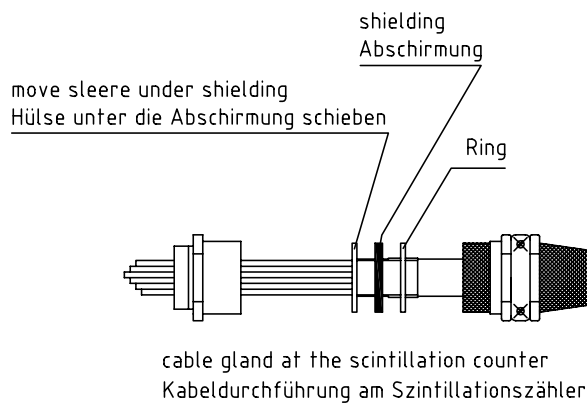


Die mechanischen Abmessungen der Schellen und der Detektorhalterung finden Sie auf der Seite 119.

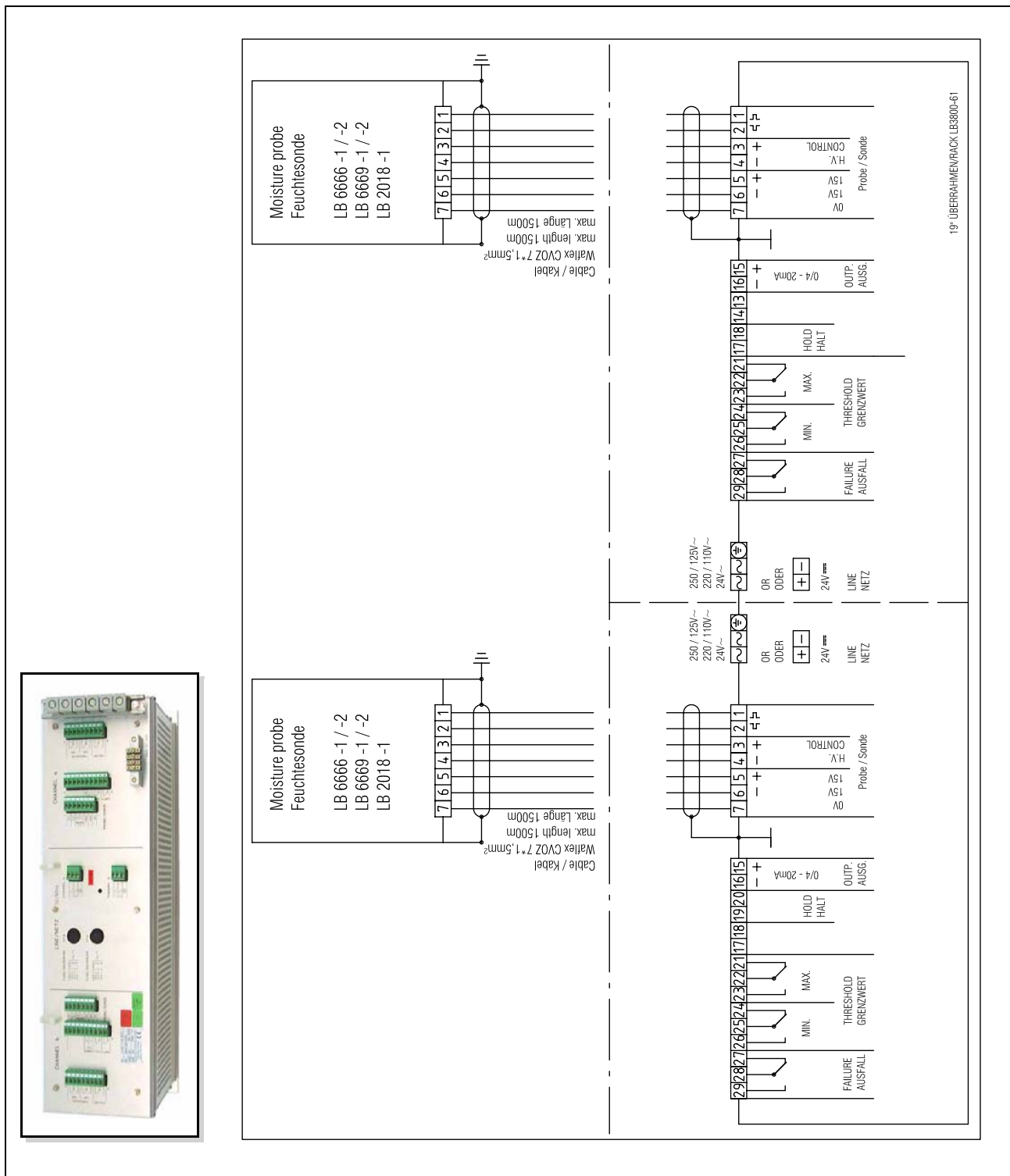
4

Elektrischer Anschluss

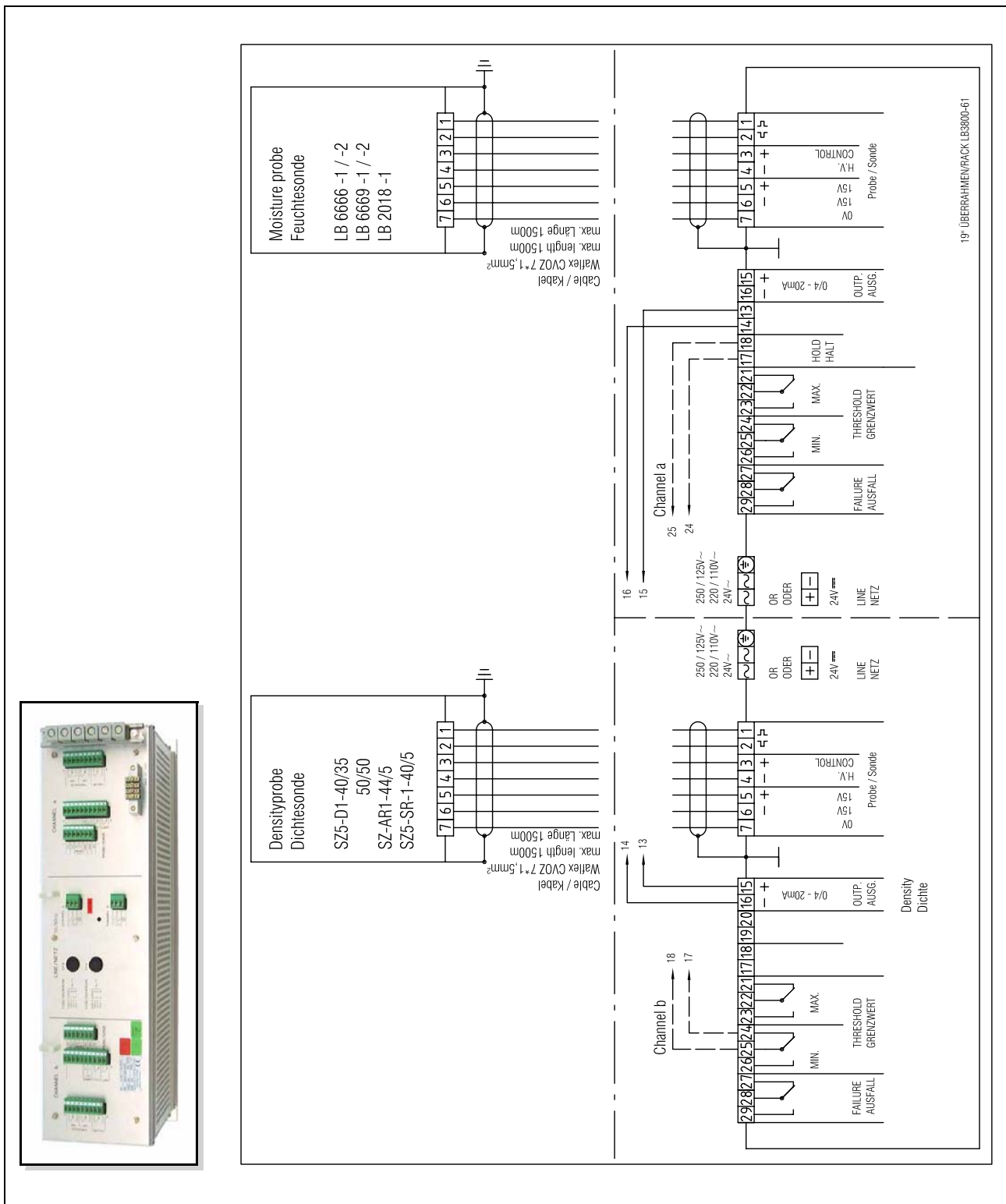
4.1 Anschlussplan Wandgehäuse LB 350-1



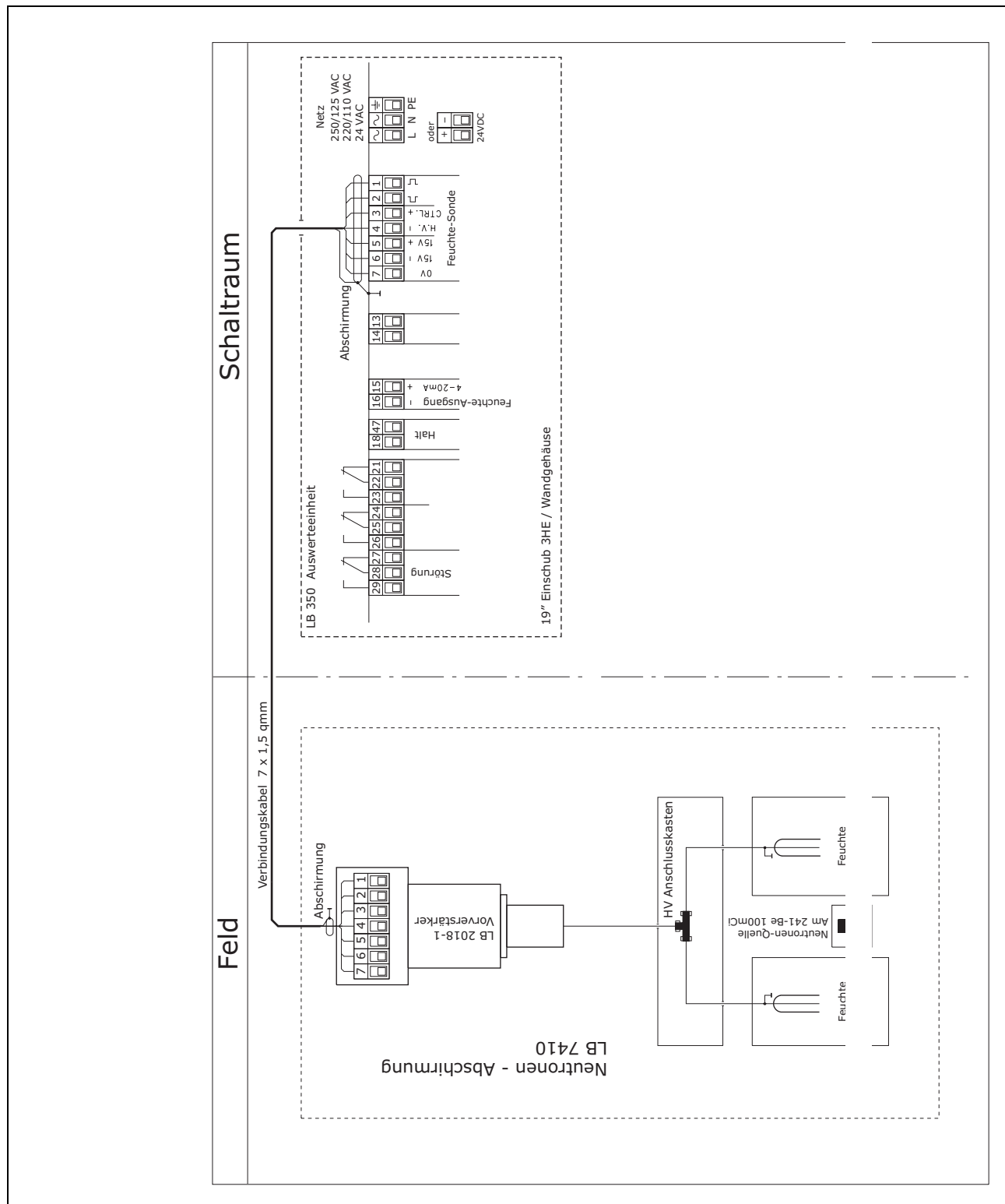
4.2 Anschlussplan 19"-Rahmen LB 350-2



4.3 Anschlussplan 19"-Rahmen LB 350-3



4.4 Anschlussplan LB 7410 mit LB 350-1/2



5

Messverstärker LB 350

Das Messverstärkersystem LB 350 ist ein microprozessorgesteuertes Auswertegerät für die Feuchtemessung mit Bunker- bzw. Oberflächensonden. Neben seiner Funktion als Auswertegerät liefert es auch die erforderlichen Betriebs- und Steuerspannungen für den Anschluss der Sonden, Detektoren und Szintillationszähler.

Je nach Messaufgabe bzw. -anordnung steht das Messverstärkersystem LB 350 im kompakten Wandgehäuse oder im 19"-Baugruppenträger (1- oder 2-kanalig) zur Verfügung.



Wandgehäuse



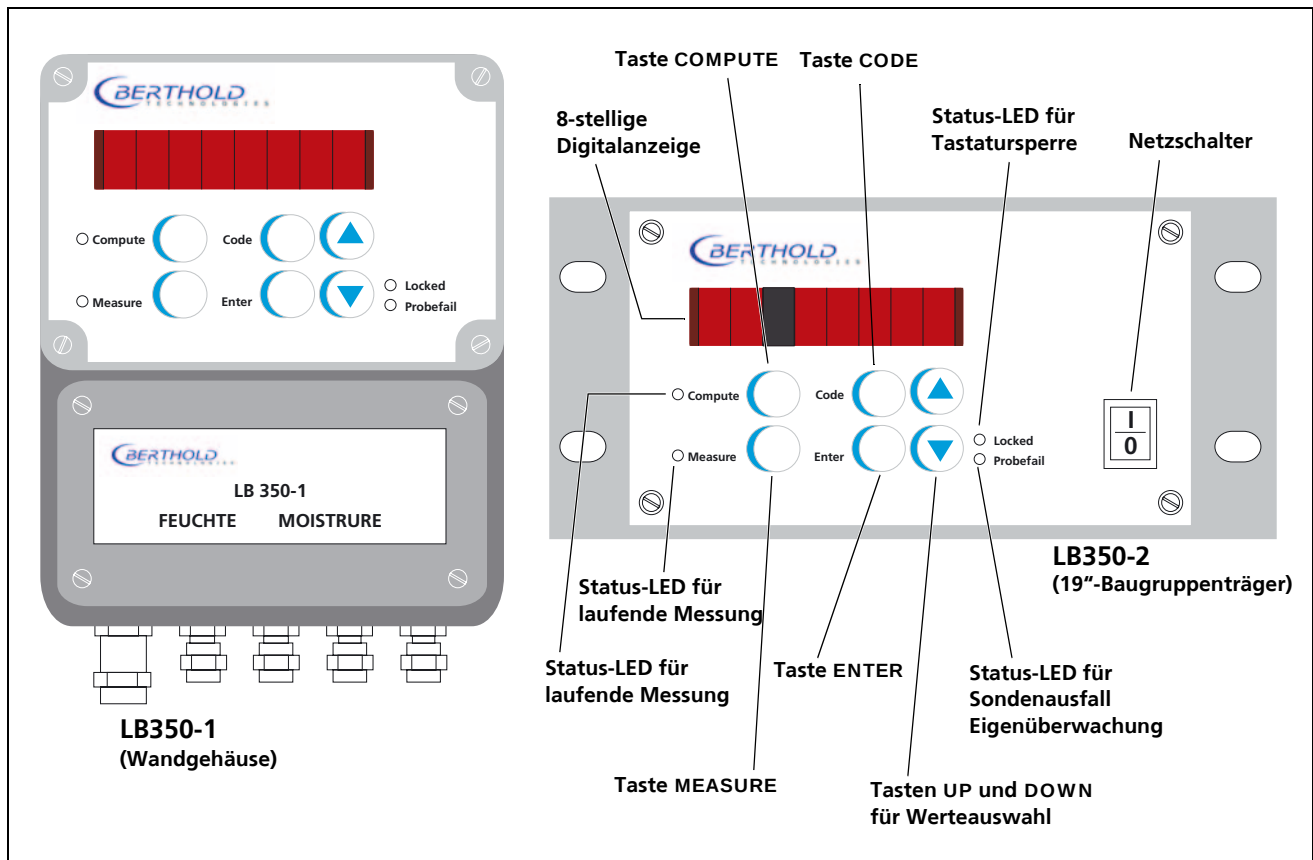
19"-Gehäuse

Alle Standardparameter sind bereits werkseitig vorgegeben, was die Inbetriebnahme und die Kalibrierung des Gerätes vereinfacht.

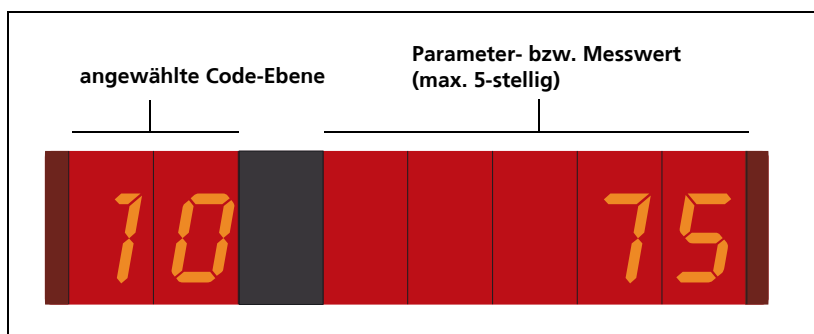
Für spezielle Messaufgaben lassen sich alle wichtigen Parameter jedoch in weiten Grenzen beliebig verändern und optimal anpassen.

Die verschiedenen Parameter sind im Gerät in Code-Ebenen abgelegt, die auf einfache Weise angewählt werden können (siehe Seite 45).

5.1 Bedien- und Anzeigeelemente



5.1.1 Anzeige



Das Gerät verfügt über eine 7-stellige Digitalanzeige. Die ersten zwei Ziffern zeigen die angewählte Code-Ebene an, die letzten 1-5 Ziffern den eingestellten Funktionswert bzw. den aktuellen Messwert.

5.1.2 Tastenfunktionen

Die Bedienung des Gerätes erfolgt über eine übersichtliche Folientastatur mit sechs Drucktasten.



CODE: Auswahl der Code-Ebene

Alle Parameter sind in Code-Ebenen gespeichert, die über die **CODE**-Taste angewählt werden können.

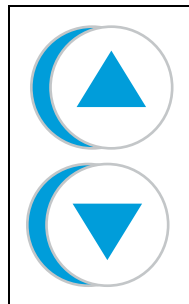
Die angewählte Code-Ebene wird über die ersten zwei Ziffern der Digitalanzeige angezeigt.

Bei kurzer Betätigung der Taste wird die nächsthöhere Ebene angewählt. Wird die Taste gedrückt gehalten, werden alle Ebenen aufsteigend und mit größer werdender Geschwindigkeit durchgeschaltet, wobei nach der letzten Ebene wieder bei Null angefangen wird.

Rückwärtszählen ist möglich, wenn die **CODE**-Taste zusammen mit der **DOWN**-Taste  gedrückt wird.

Die Code-Ebene wird permanent angezeigt, damit Fehlinterpretationen vermieden werden. Die Funktion der **CODE**-Taste ist sowohl bei eingeschaltetem als auch bei ausgeschaltetem Messmodus aktiviert.

Die Beschreibung der Code-Ebenen finden Sie im Kapitel 5.2.



UP und DOWN: Parameterwert einstellen

Kurzes Betätigen der **UP**-Taste  erhöht (inkrement) und der **DOWN**-Taste  erniedrigt (dekrement) den Wert in der Anzeige jeweils um eins.

Wird eine der Tasten gedrückt gehalten, so verändert sich der Wert fortlaufend mit steigender Geschwindigkeit. Dabei wird, beginnend bei der letzten Dekade, jeweils bis zur vollen Dekade gezählt und dann automatisch auf die nächste Dekade übergewechselt und der gleiche Vorgang wiederholt.



ENTER: Verschiedene Funktionen

Mit der Taste **ENTER** werden folgende Funktionen ausgeführt:

- Übernehmen von geänderten Parameter-Werten. Danach automatisches Weiterschalten in die nächsthöhere Code-Ebene.
- Starten der Impulseinlesung zusammen mit **MEASURE**-Taste.
- Quittieren und Löschen von Fehlermeldungen.



COMPUTE: Kalibrieren des Gerätes

Die Kalibrierkennlinie wird durch die Wertepaare in den 20-er und 30-er Code-Ebenen ermittelt:

Während der Kalibrierung leuchtet die Compute-LED.

**MEASURE: Messung starten und stoppen**

Mit der Taste **MEASURE** werden folgende Funktionen ausgeführt:

- Ein- und Ausschalten des Messmodus.
- Starten der Impulseinlesung zusammen mit **ENTER**-Taste.

Wird nach der letzten Eingabe die Taste **MEASURE** alleine betätigt, schaltet das Gerät automatisch direkt in den Mess- und Anzeigemodus um.

**WICHTIG**

Die Funktionen der Tasten **ENTER**, **COMPUTE** und **MEASURE** sind nur bei entriegelter Tastatur freigegeben (siehe Kapitel 6.3). Die Änderung aller Parameter ist auch im Messmodus möglich.

Netzschalter: Aus- und Einschalten des Gerätes**ACHTUNG**

Das Gerät muss vor dem An- und Abklemmen der Sonden unbedingt ausgeschaltet werden!

Obwohl alle Geräteparameter in einem EE-PROM gespeichert werden und auch die Uhr batteriegepuffert ist, sollte das Gerät nicht für längere Zeit ausgeschaltet werden.

Nach einer Betriebsspannungsunterbrechung von länger als einem Monat muss die Uhr neu eingestellt werden und nach mehr als einem Jahr sind alle Parameter zu prüfen und gegebenenfalls neu einzugeben.

Nach jedem Einschalten vergehen einige Sekunden bis zur Betriebsbereitschaft, da in dieser Zeit ein Prüfprogramm durchlaufen wird. Ein eventuell auftretender Fehler wird angezeigt (siehe Kapitel 12).

Bei der Geräteausführung in 19"-Baugruppenträger befindet sich der Netzschalter auf der Gerätefrontseite und bei dem Kompaktsystem hinter dem Deckel des Anschlussraumes am Wandgehäuse.

5.2 Beschreibung der Code-Ebenen

- Passwort (00)* Es kann eine beliebige Zahl bis max. 6 Stellen gewählt werden, mit deren Hilfe das Gerät gegen unbefugte Veränderung von Parametern geschützt wird.
- Jahr (01)* Es werden die beiden letzten Ziffern (JJ) des aktuellen Jahres berücksichtigt. Die richtige Jahreszahl ist wichtig für die automatische Korrektur des Aktivitätsabfalls des Strahlers.
- Datum (02)* Das aktuelle Datum wird in dem Format Monat/Tag (MM.TT) dargestellt. Der richtige Monat ist wichtig für die automatische Korrektur des Aktivitätsabfalls des Strahlers.
- Uhrzeit (03)* Die aktuelle Zeitangabe bestätigt die korrekte Funktion der Uhr. Zeitabweichungen haben jedoch praktisch keinen Einfluss auf die richtige Korrektur des Aktivitätsabfalls des Strahlers.
- Füllstand (10)* Im Messmodus wird die aktuelle Feuchte angezeigt.
- Impulsrate (11)* Die augenblicklich vom Detektor gezählte Impulsrate wird zur Funktionskontrolle angezeigt. Als Zeitkonstante ist der in *Code 12* eingestellte Wert wirksam. Durch das statistische Auftreffen der Strahlenquanten sind Anzeigeschwankungen vorhanden, deren Größe von der Impulsrate und der Zeitkonstante abhängig sind.
- Zeitkonstante (12)* Hier wird die Zeitkonstante für die gleitende Mittelwertbildung vorgegeben. Es sollte die größte noch zulässige Zeitkonstante verwendet werden, damit die Anzeige möglichst ruhig ist.
- Ergänzender Hinweis:** Die natürlichen statistischen Schwankungen des Ausgangssignales I um einen Mittelwert sind abhängig von der eingestellten Zeitkonstante τ und der gemessenen Impulsrate n . Die mittleren Anzeigeschwankungen (ΔI) entsprechen dem 1-Sigma-Wert und errechnen sich nach folgender Formel:

$$\Delta I / I = \pm \frac{1}{\sqrt{2 \times n \times \tau}}$$

Der 2-Sigma-Wert entspricht dem statistischen Fehler und die maximalen statistischen Schwankungen werden mit dem 3-Sigma-Wert angegeben.

Siehe hierzu auch „Zeitkonstante und Reaktion vom Messwert“ auf Seite 12.

- Schnellumschaltung (13)* Bei der Standardeingabe "0" ist die automatische Schnellumschaltung nicht wirksam. Die Nutzung der Funktion "Schnellumschaltung" ist nur für Sonderanwendungen sinnvoll. Ändert sich die Feuchte plötzlich und stark, so wechselt die Zeitkonstante den Wert auf 1/10.
- Beispiel: Ist die Zeitkonstante auf 20s eingestellt, dann wird bei einer starken Feuchteänderung die Zeitkonstante vorübergehend auf 2s verkürzt. Damit folgt der Messwert sehr schnell dem Endwert. Hat der Messwert den Endwert erreicht, schaltet das Gerät automatisch wieder auf 20s zurück.
- Wird die Schnellumschaltung genutzt, so sollte die in Code 13 eingegebene Zahl - die etwa dem Vielfachen des Sigma-Wertes entspricht - so groß sein, dass die statistischen Schwankungen nicht bereits zu häufig die Zeitkonstante umschalten. Deshalb sollte mindestens die Zahl "3" oder besser "4" eingegeben werden. Es ist sinnvoll, die optimale Eingabe im praktischen Betrieb zu ermitteln.
- 0/4 mA (14)* Anfangspunkt des Stromausgangs, üblicherweise 0 für den Messbereichsanfang von 0% Feuchte.
- 20 mA (15)* Endpunkt des Stromausgangs, üblicherweise 15 mA für das Messbereichsende von 15% Feuchte.
- Stromausgang (16)* Umschaltung des Stromsignals von 0 ... 20 mA auf 4 ... 20 mA.
Eingabewert 0 für 0 ... 20 mA
Eingabewert 1 für 4 ... 20 mA.
- Min.-Alarm (17)* Schaltpunkt für "Grenzwert min".
Wird der hier eingestellte Feuchtwert unterschritten, dann gibt das Relais "Grenzwert min" Alarm.
- Max.-Alarm (18)* Schaltpunkt für "Grenzwert max."
Wird der hier eingestellte Feuchtwert überschritten, dann gibt das Relais "Grenzwert max" Alarm.
- Schalthysterese (19)* Das Zurückschalten der Relais erfolgt erst nach einer Änderung des Messwertes entsprechend der eingegebenen Hysterese in %, bezogen auf die Differenz zwischen den eingestellten Grenzwerten (MAX/MIN). Die Hysterese sollte nicht zu klein gewählt werden, da andernfalls während einer langsamen Feuchteänderung ein durch die statistischen Schwankungen bedingtes mehrfaches Schalten der Relais möglich ist. Ein Wert von 2% ist in den meisten Fällen sinnvoll.

(20) bis (29) In Code 20 bis 29 werden Feuchte-Vergleichswerte eingegeben bei der die Zählraten in Code 30 bis 39 ermittelt wurden. Dabei ist zu beachten, dass Code 20 und Code 30, sowie Code 21 und Code 31, usw. jeweils ein Wertepaar bilden.

Die Vergleichsfeuchten werden eingegeben, nachdem sie vom Labor bestimmt wurden. Die Werte müssen in ihrem Feuchtegehalt aufsteigend in die jeweiligen Code eingegeben werden.

Hinweis: Erst wenn die Taste Compute betätigt wurde, wird anhand der Kalibrierwerte in Code 20 bis 39 eine neue Kennlinie berechnet. Die Steigung und der Offset dieser Kennlinie werden dann in Code 40 und 41 ausgegeben.

(30) bis (39) Die Vergleichszählrate wird ermittelt während eine Probe gezogen wird. Der jeweilige im Labor bestimmte Feuchtwert wird dann in den korrespondierenden Code 20 bis 29 eingegeben.

Beispiel: Wurde eine Zählrate bei der Probe A von 120 Ips in Code 30 ermittelt, dann muss der Feuchtwert von Probe A, z.B. 4%, in Code 20 eingetragen werden. Für Code 31 muss der Laborwert in Code 21 eingetragen werden, usw. Somit ist es möglich, bis zu 10 Laborproben einzutragen.

a 0 (40) Dieser Wert dient zur Information. Er steht für die Lage der Geradenkennlinie und wird nach jedem Betätigen der **COMPUTE**-Taste aus den Kalibrierwerten in Code 20 bis 39 neu errechnet.

$$F_V = a1 \times I + a0$$

a0 = Wert in Code 40

a1 = Wert in Code 41

I = aktuell gemessenen Zählrate

F_V = resultierender Feuchte-Messwert

Anhand dieser Formel wird die jeweilige Feuchte während des Messvorganges berechnet.

Änderungen an den Werten in Code 40 und 41 wirken sich direkt auf den Messwert aus.

a 1 (41) Dieser Wert dient zur Information. Er steht für die Steilheit der Geradenkennlinie und wird nach jedem Betätigen der **COMPUTE**-Taste aus den Kalibrierwerten in Code 20 bis 39 neu errechnet.

Faktor F (42) Für Sonderfälle besteht hier die Eingabemöglichkeit zur gewollten Veränderung der Steilheit der Geraden-Kennlinie. Bei jeder Neukalibrierung wird dieser Wert automatisch auf "1" gesetzt. Wird der Wert z.B. auf 1,1 gesetzt, dann werden alle Messwerte mit 1,1 multipliziert angezeigt.

Konstante K (43) Für Sonderfälle besteht hier die Eingabemöglichkeit zur gewollten Veränderung der Lage der Geraden-Kennlinie (Parallelverschiebung). Bei jeder Neukalibrierung wird dieser Wert automatisch auf "0" gesetzt. Wird hier z.B. 2 eingegeben, dann wird die Anzeige immer um plus 2% erhöht angezeigt.

Testgenerator (45) Zur Funktionskontrolle und zur Simulation kann eine beliebige Impulsrate eingegeben werden, die dann eine entsprechende Feuchte simuliert. Dabei werden die vom Detektor kommenden Impulse unterdrückt und sind unwirksam. Es ist zu beachten, dass auch hier Eingaben erst mit **ENTER** übernommen und nach Drücken von **MEASURE** wirksam werden können.

i WICHTIG

Nach Testende muss der Wert auf "0" zurückgesetzt werden, um das System wieder für die Detektorimpulse freizuschalten.

6

Funktionelle Abläufe

6.1 Code auswählen



- ▶ Drücken Sie die Taste **CODE** solange, bis die gewünschte Codenummer in den ersten beiden Stellen der Digitalanzeige angezeigt wird (siehe auch Seite 39).

6.2 Eingeben von Parametern



- ▶ Wählen Sie zunächst die gewünschte Codenummer über die Taste **CODE** aus.



- ▶ Geben Sie über die Tasten **UP** und **DOWN** den gewünschten Parameterwert ein (siehe auch Seite 39).



- ▶ Schließen Sie die Eingabe mit der Taste **ENTER** ab.
Nach Drücken von **ENTER** springt die Anzeige auf *Code 0*.

i WICHTIG

Wenn die Tastatur gesperrt ist, ist keine Eingabe, außer in Code 0 (Passwort), möglich. D. h. die Tasten UP und DOWN haben keine Wirkung.

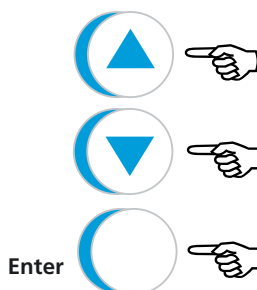
6.3 Passwort

Die Tastatur kann über ein Passwort gegen unbefugte Benutzung geschützt werden. Wenn die Tastatur gesperrt ist, sind alle Eingaben, bis auf die Eingabe des Passwortes gesperrt und die LED **LOCKED** leuchtet auf. Die Tasten **ENTER**, **COMPUTE** und **MEASURE** sind ebenfalls gesperrt.

Das Sperren bzw. Freigeben der Tastatur geschieht durch Eingabe des Passwortes. D.h. Tastatur gesperrt, nochmaliges Eingeben des Passwortes Tastatur wieder frei.

6.3.1 Passwort(zahl) ändern

Erstmalige Eingabe



- ▶ Geben Sie über die **UP** und **DOWN** das gewünschte Passwort ein (siehe auch Seite 39).
- ▶ Schließen Sie die Eingabe mit **ENTER** ab.
Das Passwort ist jetzt gespeichert und die Anzeige springt auf **Code 1**.

Passwort ändern

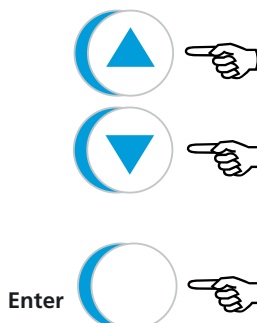


- ▶ Wählen Sie über die Taste **CODE** den **Code 0** (Passwort) an.

i WICHTIG

Zum Ändern des Passwortes muss die Tastatur über das aktuelle Passwort entsperrt sein.

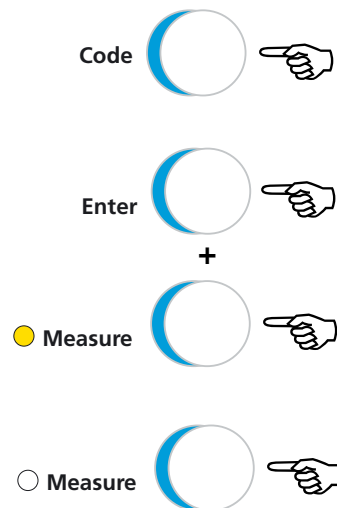
Haben Sie das Passwort vergessen und können das Gerät deshalb nicht mehr bedienen, dann kontaktieren Sie Berthold oder Ihren zuständigen Vertriebspartner. Im Notfall können Sie das Gerät auch mit einem Reset zurückzusetzen. Danach ist das Passwort ebenfalls deaktiviert.



- ▶ Geben Sie das neue Passwort über die Tasten **UP** und **DOWN** ein (siehe auch Seite 39).
- ▶ Schließen Sie die Eingabe mit **ENTER** ab.
Das neue Passwort ist nun gespeichert und die Anzeige springt in die nächsthöhere Code-Ebene.
- ▶ Um die Tastatur jetzt zu sperren, wählen Sie erneut **Code 0** an und geben Sie das neue Passwort ein (siehe oben).

6.4 Zählraten einlesen

In die 30-er Code-Ebenen können Zählraten eingelesen werden. Dazu gehen Sie bitte vor wie folgt:

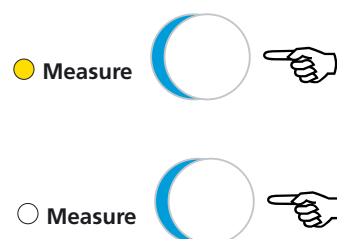


- ▶ Wählen Sie zunächst die Code-Ebene über die Taste **CODE** aus (z. B. Code 31).
- ▶ Drücken Sie *gleichzeitig* die Tasten **ENTER** und **MEASURE**. Die Measure-LED leuchtet als Indikator, dass Zählraten eingelesen werden. Während des Einlesens wird das arithmetische Mittel der eingelesenen Zählraten gebildet.
- ▶ Wenn die Zählrate in der Anzeige stabil ist (nach ca. 30s), beenden Sie das Einlesen durch nochmaliges Drücken der Taste **MEASURE**. Die Measure-LED erlischt.

6.5 Kalibrierung

Siehe ab Kapitel 7.

6.6 Starten der Messung



- ▶ Drücken Sie die Taste **MEASURE**. Während der Messung leuchtet die Measure-LED und die Anzeige springt auf Code 10 (aktueller Messwert).
- ▶ Drücken Sie erneut **MEASURE** um die Messung wieder zu stoppen. Die Measure-LED erlischt.

i WICHTIG

Starten und Stoppen der Messung ist jedoch nur bei entriegelter Tastatur möglich.

6.7 Testimpulsrate eingeben

In *Code 45* kann eine Testimpulsrate eingegeben werden. Wenn in *Code 45* ein Zahlenwert größer Null steht, arbeitet das Messprogramm mit dieser Zählrate als Eingangsimpulsrate. Das gibt Ihnen die Möglichkeit, das Gerät zu Testzwecken auf einen bestimmten Messwert zu fahren.



- ▶ Wählen Sie *Code 45* über die Taste **CODE** aus.



- ▶ Geben Sie über die Tasten **UP** und **DOWN** die gewünschte Testimpulsrate ein (siehe auch Seite 39).



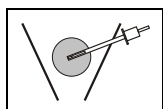
- ▶ Schließen Sie die Eingabe mit der Taste **ENTER** ab.

i WICHTIG

Nach Testende ist in Code 45 wieder Null einzugeben. Wird der Wert nicht auf 0 zurückgesetzt, wird konstant immer der gleiche Messwert angezeigt.

7

Inbetriebnahme der Feuchtemessung mit Bunkersonde



7.1 Voreinstellung

Angenommene Applikationswerte

Um die Anleitung verständlicher zu gestalten, wird von folgendem Beispiel ausgegangen:

Material:	Grobkoks
Schüttdichte:	ca. 0,5 - 0,8
Absorptionskoeffizient für Cs137:	0,066
Feuchtemessbereich:	0 - 15%
Messgerät für die Feuchtemessung:	LB 350
Bei Einsatz des Messverfahrens mit Dichtekompensation:	
Messgerät für die Dichtemessung:	LB 350 od. LB 376 bei Dichtetransmissionsmessung

Davon abweichende Zahlenwerte müssen bei der Parametrierung entsprechend berücksichtigt werden (Tabelle 10.4.1 und 10.4.2).

- ▶ Parametrieren Sie die Dichtemessung laut der beiliegenden Codeliste 5.2. Es müssen dabei lediglich die Parameter eingegeben werden, die in der Spalte Feuchteparameter notiert sind. Die mit einem Fragezeichen versehenen Werte sind an Ihre Gegebenheiten anzupassen.
- ▶ Deaktivieren Sie zunächst die Dichtekompensation. Setzen Sie dazu *Code 50* in der Feuchtemessung auf "0".

7.2 Kalibrierung

Für eine Voreinstellung genügen ein leerer Bunker um den Nullpunkt einzustellen und ein mit Koks gefüllter Bunker, dessen Koksfeuchte bestimmt wurde.

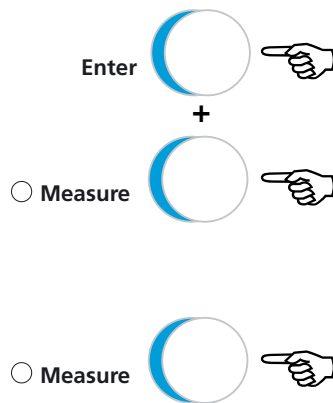
- Geben Sie jeweils die Zählrate in *Code 30 und 31* und die entsprechenden Feuchtwerte des Produktes (z.B. Koks) in *Code 20 und 21* ein.

Beispiel: Bei leerem Bunker werden 50 Ips in *Code 30* eingelesen. Damit wird in *Code 20* eine 0 (für 0% Feuchte) eingegeben.

Bei dem mit Koks gefülltem Bunker wird eine Zählrate von 200 Ips in *Code 31* eingelesen.

Eine Laborprobe von diesem Koks ergab 5%. Damit wird in *Code 21* eine 5 eingegeben.

Zählrate einlesen:



Wählen Sie *Code 30* (oder *31*) in der Feuchtemessung an.

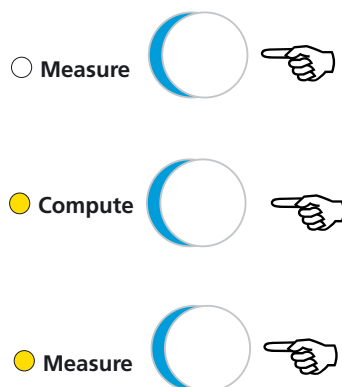
- Halten Sie die Taste **ENTER** gedrückt und betätigen Sie dazu die Taste **MEASURE**. Lassen Sie dann beide Tasten wieder los.

Auf dem Display erscheint die momentan anliegende Zählrate von *Code 30* (*31*).

Diese schwankt anfangs stark und beruhigt sich im Laufe von ca. 30 Sekunden.

- Betätigen Sie nach ca. 30 Sekunden (max. 60s) die Taste **MEASURE**. Damit wird die Ermittlung der Zählrate abgeschlossen.

Berechnung der Feuchtekalibrierkennlinie auslösen



Mit der Taste **COMPUTE** wird anhand der Wertepaare in *Code 20* bis *29* und *30* bis *39* eine Kalibrierkennlinie berechnet, die sich in den Werten von *Code 40* und *Code 41* ausdrückt.

- Vergewissern Sie sich, dass alle nicht verwendeten Wertepaare auf den Wert 0 gesetzt sind. In unserem Beispiel die *Code 22* bis *29* und die *Code 32* bis *39*.

- Zur nachfolgenden Berechnung der Kennlinie müssen Sie die Messung mit der Taste **MEASURE** anhalten, so dass die Measure-LED nicht mehr leuchtet.

- Betätigen Sie die Taste **COMPUTE**. Dadurch errechnet sich die Auswerteeinheit die Koeffizienten a_0 und a_1 . Das Feuchtemessgerät wird dadurch betriebsbereit.

- Mit der Taste **MEASURE** können Sie nun das Messgerät starten, die Messung wird aktiviert. Die leuchtende LED zeigt die aktive Messung an.

Die Feuchtemessung arbeitet nun nach folgender Funktion:

$$F_V = a_1 \times I + a_0$$

a_0 = Wert in Code 40

a_1 = Wert in Code 41

I = aktuell gemessenen Zählrate

F_V = resultierender Feuchte-Messwert

(bei der Feuchtemessung immer negativ)

Erste Messwerte der Feuchtemessung

Das Messgerät ist nun messbereit und misst die aktuelle Feuchte. Wurde der Kalibriervorgang ordnungsgemäß durchgeführt, so muss nun auf der Anzeige ein sinnvoller Wert angezeigt werden. Ist dies nicht der Fall, überprüfen Sie bitte nochmals die Parameter.

7.3 Feinabgleich

Für die Kalibrierung müssen mehrere Proben gezogen werden, die repräsentativ den Feuchtemesswert an der Messstelle widerspiegeln. Gleichzeitig zu jeder Probennahme wird jeweils der Zählratenwert der Feuchte- und der Dichtemessung eingelesen (Verfahren siehe oben). Die Zahlenwerte tragen Sie bitte in die beigegefügte Tabelle im Kapitel 10.5 ein.

Probennahme

Um Kalibrierfehler zu vermeiden sollten etwa 5 bis 15 Proben gezogen werden. Jede Probe muss an einer neuen Bunkerfüllung vorgenommen werden. Die Laborfeuchten müssen hierbei einen möglichst großen Feuchtebereich (mindestens 3%) überdecken. Die Laborwerte tragen Sie bitte ebenfalls in das Tabellenblatt im Kapitel 10.5 ein.



WICHTIG

Die Proben sind nutzlos, wenn sie bei gleichbleibender Feuchte ermittelt werden.

Künstliche Befeuchtung

Um unterschiedliche Feuchten zu erhalten, kann das Produkt, vor dem Einfüllen in den Bunker, mit Wasser befeuchtet werden. Die Befeuchtung kann gegebenenfalls auf einem, dem Bunker vorgelagerten Förderband, durchgeführt werden. Um Feuchtenester zu vermeiden ist es hilfreich, wenn mehrere Übergabestellen vorhanden sind, in denen das Produkt nochmals gut durchmischt wird. Eine Übergabestelle ist z.B., wenn das Material von einem Förderband auf ein anderes fällt.

Das Entnehmen der Proben kann bei folgenden Situationen erfolgen:

- beim Füllvorgang
- bei gefülltem Behälter
- beim Entleeren

Achten Sie darauf, dass möglichst Proben von dem Material entnommen werden, welches auch von der Messung gemessen wird bzw. gemessen wurde.

Probennahme

Bei der Probennahme während des Füll- oder Entleervorganges sollten die Proben so lange rhythmisch in kleinen Mengen (üblicherweise 5 kg) gezogen werden, solange das Produkt aus der Umgebung des Messvolumens stammt.

Dies ist im Regelfall grob abschätzbar. Die Probenmenge sollte dabei insgesamt ca. 30 kg betragen.

Es ist zu empfehlen, aus diesen ca. 30 kg, Doppel- oder gar Vierfachproben zu entnehmen, um Ausreißer zu erkennen und einen besseren Mittelwert der Laboranalyse zu erhalten. Dies geschieht durch mehrfaches Teilen der Probe.

Die Proben müssen in Plastiksäcken abgepackt werden um Feuchteverluste vor dem Analysieren zu vermeiden.

Das Labor selbst wird dann aus diesen Proben im Regelfall nur kleine Teilmengen zur Analyse entnehmen.

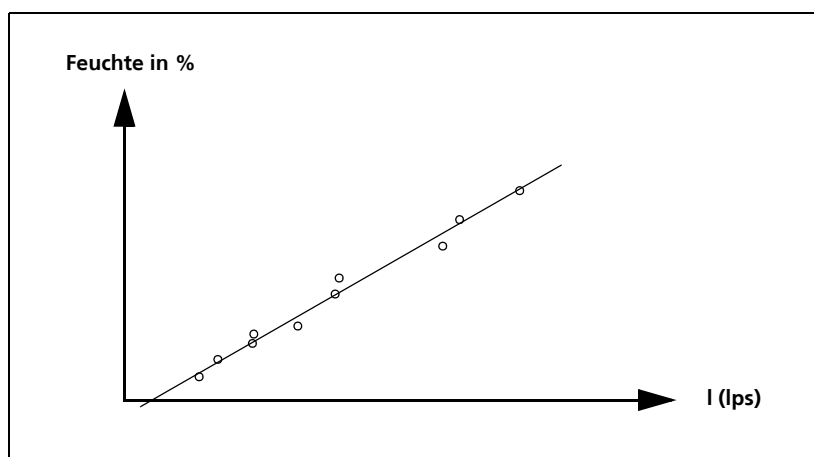
Es ist nicht ungewöhnlich, dass mehrere Analysewerte von derselben Probe stark schwanken können. Daher ist es immer sinnvoll, einen Mittelwert aus diesen Analysen zu bestimmen.

Einzelanalysenwerte, die stark vom Mittelwert abweichen, sogenannte Ausreißer, können verworfen werden. In solchen Fällen kann man davon ausgehen, dass entweder die jeweilige Probe nicht repräsentativ war (z.B. Feuchtenest), oder dass ein Analysefehler vorliegt.

Berechnung der Feuchtekalibrierkoeffizienten

Anhand der Tabellenwerte können Sie nun eine x/y Graphik erstellen.

- ▶ Tragen Sie auf der y-Achse den Feuchtelaborwert auf, und
- ▶ auf der x-Achse die Zählraten.
- ▶ Fügen Sie nun eine Trendlinie von Hand oder mittels eines PCs mit einer Regressionsgeraden in die Graphik ein. Diese Trendlinie ist dann die Kennlinie der Messung.



Anhand der Kennlinie können Sie die Zählrate bei 0% Feuchte ablesen.

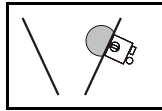


- ▶ Tragen Sie die Zählrate für 0% in *Code 30* der Feuchtemessung ein und setzen Sie *Code 20* auf den Wert 0 (= 0% Feuchte).
- ▶ Für *Code 21* tragen Sie einen hohen Feuchtwert ein (z.B. 10%). Die bei diesem Feuchtwert in der Kennlinie ermittelte Zählrate geben Sie nun in *Code 31* ein.
- ▶ Stellen Sie sicher, dass *Code 32* bis *39* und *Code 22* bis *29* auf "0" stehen.
- ▶ Zur Berechnung der Kennlinie für die Feuchtemessung betätigen Sie nun die Taste **COMPUTE**.

Das Messgerät ist damit vollständig kalibriert.

8

Inbetriebnahme der Feuchtemessung mit Oberflächensonde



8.1 Mechanische Installation

8.1.1 Optimaler Einbauort und Vorbereitung

- Bei niedriger Feuchte ist mit einem Messvolumen von ca. 60cm Radius zu rechnen. Das bedeutet, dass auch bei niedrigstem Füllgrad die Sonde mit mindestens 60cm Material bedeckt sein muss. Ist dies nicht der Fall, so kommt es zu Fehlmessungen.
- Desgleichen muss im inneren des Bunkers der Abstand der Messung zur nächsten Wand mindestens 60cm betragen, sonst wird die Kalibrierkennlinie unlinear.
- Einfließendes Material darf nicht direkt auf die Messstelle fallen, da sonst die Schutzkeramik des Montagerahmens vorzeitig zerstört wird.
- Das Material darf sich nicht an der geplanten Messstelle ablagern, sondern muss vollständig abfließen.
- Vor der Montage sind Deckenböden, Halterungen und sonstige Anbauten zu berücksichtigen, die eine Montage verhindern oder stören können.
- Die elektrische Installation der Verschleißerkennung muss eingeplant sein.
- Eine repräsentative Probennahme zur Kalibrierung muss ermöglicht werden (Möglichkeiten: z.B. beim Befüllen, beim Entleeren oder im gefüllten Bunker).

8.1.2 Montagerahmen

- Beim Einbau des Montagerahmens in den Bunker ist immer anzustreben, dass die Oberfläche der Schleißplatte und die Bunkerinnenauskleidung eine ebene Fläche darstellt.
- Sofern die Bunkerwand innen weiter hervorspringt als die Schleißplatte, müssen überstehende Wandteile (Stein- Gummi oder Keramikauskleidungen) im inneren des Bunkers und um die Schleißplatte herum, abgeschrägt werden. Damit wird verhindert, dass sich Hohlräume um die Messstelle bilden können oder dass sich die Messstelle mit feinkörnigem Material zusetzt.
- Ein Vorstehen der Schleißplatte im inneren des Bunkers ist zu vermeiden, da sonst die Keramik an den Kanten beschädigt werden kann (siehe Seite 26).

8.1.3 Optimierung der Messanzeige

Sollte die Verweilzeit des Produktes im Bunker vom Füllen bis zum Entleeren zu kurz sein, oder ist eine genauere Anzeige (Minimierung der Statistik) gewünscht, so ist die Messung nur bei gefülltem Behälter freizugeben. Die Zeitkonstante der Feuchte und, insofern vorgesehen, der Dichtekompensation ist ebenso anzuheben. Die Freigabe wird durch Öffnen des HALT-Kontaktes erreicht. Dieser HALT-Kontakt muss potentialfrei sein und als Signal aus der Steuerung des Bunkers kommen (siehe auch unter *Wiegetasche* auf Seite 12).

Ohne diese Steuerung ist bei einer Zeitkonstanten von 20s eine Verweilzeit von mindestens 1,5 Minuten erforderlich. Verweilzeit bedeutet auch, dass in dieser Zeit die Messstelle voll mit Produkt bedeckt ist.

Das bedeutet im Umkehrschluss, solange die Messstelle nicht voll mit Material bedeckt ist, muss die Messung mit Schließen des HALT-Kontaktes angehalten (eingefroren) werden.

8.2 Voreinstellung

Angenommene Applikationswerte

Um die Anleitung verständlicher zu gestalten, wird von folgenden dem Beispiel ausgegangen:

Material:	Grobkoks
Schüttdichte:	ca. 0,5 - 0,8
Feuchtemessbereich:	0 - 10%
Messgerät für die Feuchtemessung:	LB 350

Davon abweichende Zahlenwerte müssen bei der Parametrierung entsprechend berücksichtigt werden (Tabelle 10.4.1 und 10.4.2).

- Parametrieren Sie die Dichte- und, falls installiert, die Feuchtemessung laut der beiliegenden Codeliste 5.2. Es müssen dabei lediglich die Parameter eingegeben werden, die in der Spalte Feuchteparameter notiert sind. Die mit einem Fragezeichen versehenen Werte sind an Ihre jeweiligen Gegebenheiten anzupassen
- Deaktivieren Sie zunächst die Dichtekompensation. Setzen Sie dazu *Code 50* in der Feuchtemessung auf "0".

8.3 Kalibrierung

Für eine Voreinstellung genügen ein leerer Bunker um den Nullpunkt einzustellen und ein mit Koks gefüllter Bunker, dessen Koksfeuchte bestimmt wurde.

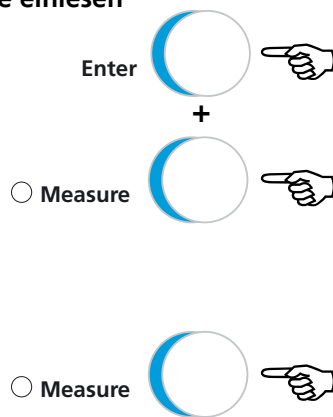
- Geben Sie jeweils die Zählrate in *Code 30 und 31* und den entsprechenden Feuchtwert des Produktes (z.B. Koks) in *Code 20 und 21* ein.

Beispiel: Bei leerem Bunker werden 150 Ips in *Code 30* eingelesen. Damit wird in *Code 20* eine 0 (für 0% Feuchte) eingegeben.

Bei dem mit Koks gefülltem Bunker wird eine Zählrate von 250 Ips in *Code 31* eingelesen.

Eine Laborprobe von diesem Koks ergab 5%. Damit wird in *Code 21* eine 5 eingegeben.

Zählrate einlesen



Wählen Sie *Code 30* (oder *31*) in der Feuchtemessung an.

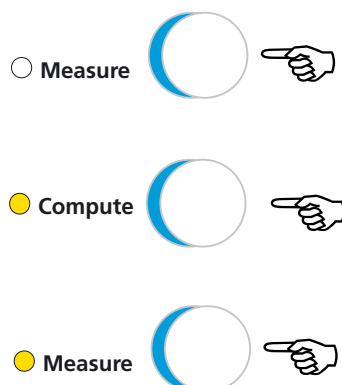
- Halten Sie die Taste **ENTER** gedrückt und betätigen Sie dazu die Taste **MEASURE**. Lassen Sie dann beide Tasten wieder los.

Auf dem Display erscheint die momentan anliegende Zählrate von *Code 30 (31)*.

Diese schwankt anfangs stark und beruhigt sich im Laufe von ca. 30 Sekunden.

- Betätigen Sie nach ca. 30 Sekunden (max. 60s) die Taste **MEASURE**. Damit wird die Ermittlung der Zählrate abgeschlossen.

Berechnung der Feuchtekalkibrierkennlinie



Mit der Taste **COMPUTE** wird das Messgerät kalibriert.

- Überprüfen Sie vor Betätigen der Taste **COMPUTE**, ob in *Code 32 bis 39* alle Werte = 0 sind. Setzen Sie von 0 abweichende Werte auf 0.

- Zur nachfolgenden Berechnung der Kennlinie müssen Sie die Messung mit der Taste **MEASURE** anhalten, so dass die Measure-LED nicht mehr leuchtet.

- Betätigen Sie die Taste **COMPUTE**. Dadurch errechnet sich die Auswerteeinheit die Koeffizienten a_0 und a_1 . Das Feuchtemessgerät wird dadurch betriebsbereit.

- Mit der Taste **MEASURE** können Sie nun das Messgerät starten, die Messung wird aktiviert. Die leuchtende LED zeigt die aktive Messung an.

Die Feuchtemessung arbeitet nun nach folgender Funktion:

$$f_v = I \times a_1 + a_0$$

f_v = Volumenfeuchte

I = Zählrate vom Detektor

a_1 = Koeffizient in *Code 41*

a_0 = Koeffizient in *Code 40*

Erste Messwerte der Feuchtemessung

Das Messgerät ist nun messbereit und liefert die ersten Messergebnisse. Wurde der Kalibriervorgang ordnungsgemäß durchgeführt, so muss nun auf der Anzeige ein sinnvoller Wert angezeigt werden. Ist dies nicht der Fall, überprüfen Sie bitte nochmals die Parameter.

8.4 Feinabgleich

Für die Kalibrierung müssen mehrere Proben gezogen werden, die repräsentativ den Feuchtemesswert an der Messstelle widerspiegeln. Gleichzeitig zu jeder Probennahme wird jeweils der Zählratenwert der Feuchte- und der Dichtemessung eingelesen (Verfahren siehe oben). Die Zahlenwerte tragen Sie bitte in die beigefügte Tabelle im Kapitel 10.5 ein.

Probennahme

Um Kalibrierfehler zu vermeiden sollten etwa 5 bis 15 Proben gezogen werden. Jede Probe muss an einer neuen Bunkerfüllung vorgenommen werden. Die Laborfeuchten müssen hierbei einen möglichst großen Feuchtebereich (mindestens 3%) überdecken. Die Laborwerte tragen Sie bitte ebenfalls in das Tabellenblatt im Kapitel 10.5 ein.



WICHTIG

Die Proben sind nutzlos, wenn sie mit gleichbleibender Feuchte ermittelt werden.

Künstliche Befeuchtung

Um unterschiedliche Feuchten zu erhalten, kann das Produkt, vor dem Einfüllen in den Bunker, mit Wasser befeuchtet werden. Die Befeuchtung kann gegebenenfalls auf einem, dem Bunker vorgelagerten Förderband, durchgeführt werden. Um Feuchtenester zu vermeiden ist es hilfreich, wenn mehrere Übergabestellen vorhanden sind, in denen das Produkt nochmals gut durchmischt wird. Eine Übergabestelle ist z.B., wenn das Material von einem Förderband auf ein anderes fällt.

Das entnehmen der Proben kann bei folgenden Situationen erfolgen:

- beim Füllvorgang
- bei gefülltem Behälter
- beim Entleeren

Achten Sie darauf, dass möglichst Proben von dem Material entnommen werden, welches auch von der Messung gemessen wird bzw. gemessen wurde.

Probennahme

Bei der Probennahme während des Füll- oder Entleervorganges sollten die Proben so lange rhythmisch in kleinen Mengen (üblicherweise 5 kg) gezogen werden, solange das Produkt aus der Umgebung des Messvolumens stammt.

Dies ist im Regelfall grob abschätzbar. Die Probenmenge sollte dabei insgesamt ca. 30 kg betragen.

Es ist zu empfehlen, aus diesen ca. 30 kg, Doppel- oder gar Vierfachproben zu entnehmen, um Ausreißer zu erkennen und einen besseren Mittelwert der Laboranalyse zu erhalten. Dies geschieht durch mehrfaches Teilen der Probe.

Die Proben müssen in Plastiksäcken abgepackt werden um Feuchteverluste vor dem Analysieren zu vermeiden.

Das Labor selbst wird dann aus diesen Proben im Regelfall nur kleine Teilmengen zur Analyse entnehmen.

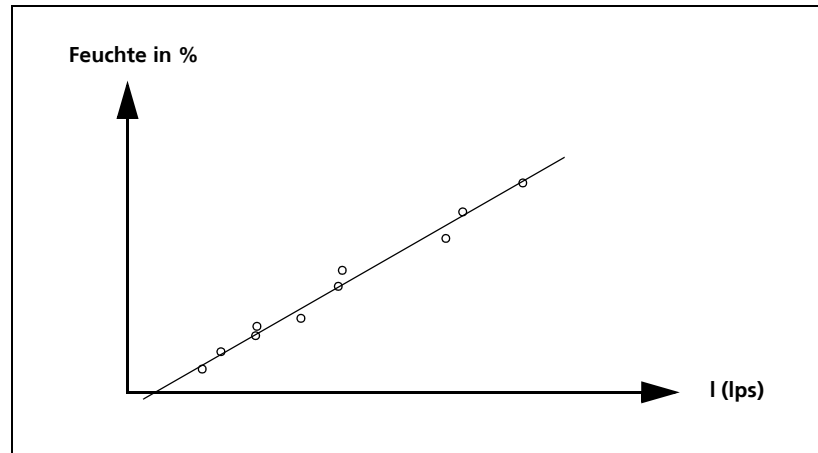
Es ist nicht ungewöhnlich, dass mehrere Analysewerte von derselben Probe stark schwanken können. Daher ist es immer sinnvoll, einen Mittelwert aus diesen Analysen zu bestimmen.

Einzelanalysenwerte, die stark vom Mittelwert abweichen, sogenannte Ausreiser, können verworfen werden. In solchen Fällen kann man davon ausgehen, dass entweder die jeweilige Probe nicht repräsentativ war (z.B. Feuchtenest), oder dass ein Analysefehler vorliegt.

Berechnung der Feuchtekalibrierkoeffizienten

Anhand der Tabellenwerte können Sie nun eine x/y Graphik erstellen.

- ▶ Tragen Sie auf der y-Achse den Feuchtelaborwert auf, und
- ▶ auf der x-Achse die Zählraten.
- ▶ Fügen Sie nun eine Trendlinie von Hand oder mittels eines PCs mit einer Regressionsgeraden in die Graphik ein.



Anhand der Trendlinie können Sie die Zählrate bei 0% Feuchte ablesen.

- ▶ Tragen Sie die Zählrate für 0% in *Code 30* der Feuchtemessung ein und setzen Sie *Code 20* auf den Wert 0 (= 0% Feuchte).
- ▶ Für *Code 21* tragen Sie einen hohen Feuchtwert ein (z.B. 10%). Die bei diesem Feuchtwert in der Graphik ermittelte Zählrate geben Sie nun in *Code 31* ein.
- ▶ Stellen Sie sicher, dass *Code 32* bis *39* und *Code 22* bis *29* auf "0" stehen.
- ▶ Zur Berechnung der Kennlinie für die Feuchtemessung betätigen Sie nun die Taste **COMPUTE**.

Dabei wird jetzt die Nullzählrate in *Code 30* errechnet.

Das Messgerät ist damit vollständig kalibriert.



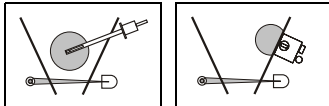
9

Dichtekompensation mit Transmission

Angenommene Applikationswerte

Messgerät für die Dichtemessung: LB 350

Absorptionskoeffizient für Cs137: 0,066



9.1 Voreinstellung

- ▶ Lesen Sie bei vollem Bunker und einer mittleren Schüttdichte eine Zählrate in *Code 40* ein.
- ▶ Geben Sie in *Code 50* den Mittelwert des Dichtemessbereiches ein. Ausgehend von unseren Ausgangswerten, ergibt sich bei einem Messbereich von $0,5$ bis $0,8\text{g/cm}^3$ ein mittlerer Wert von $0,65\text{g/cm}^3$.
- ▶ Geben Sie in *Code 36* den Messweg ein (in cm), den die Strahlung durch das Material erfährt. Dieser Wert muss für diese Art der Vorkalibrierung möglichst auf den Zentimeter genau angegeben werden.

i WICHTIG

In *Code 41 bis 49* dürfen für diese Kalibrierung keine weiteren Zählraten eingetragen sein.



- ▶ Betätigen Sie die Taste **COMPUTE**. Dadurch errechnet sich die Auswerteeinheit die Nullzählrate in *Code 30*.

Damit ist die Messung betriebsbereit und kann mit der Taste **MEASURE** gestartet werden (LED leuchtet wenn Messung aktiv).

9.2 Kalibrierung

Der folgende Schritt ist an der Auswerteeinheit der Dichtemessung LB 367 auszuführen. Die Voreinstellung der Dichtemessung ist hierbei schon ausgeführt.

In diesem Schritt ermitteln Sie die Zählrate für die mittlere Schüttdichte.

Die Zählrate der Dichtemessung wird in *Code 40* eingelesen.

Da im Regelfall nicht bekannt ist, ob es sich um eine mittlere Dichte handelt, muss dieser Vorgang mit jeder neuen Füllung wiederholt werden. Dies kann parallel zur Aufnahme der Feuchtezahlraten erfolgen. Aus den dabei ermittelten Zählraten ist dann der Mittelwert zu errechnen.

- ▶ Überschreiben Sie mit diesem gewonnenen Mittelwert den *Code 40*.

i WICHTIG

In Code 41 bis 49 dürfen für diese Art der Kalibrierung keine weiteren Zählraten eingetragen sein, es sei denn, es wird eine andere Art der Kalibrierung durchgeführt, als die hier erläuterte.



- ▶ Zur Berechnung der Kennlinie für die Dichtemessung betätigen Sie die Taste **COMPUTE**.
Dadurch wird die Nullzählrate in Code 30 errechnet.

i WICHTIG

Nach der Kalibrierung sollten Sie die Werte aller Parameter notieren und archivieren.

Aktivierung der Dichtekompensation

- ▶ Setzen Sie zur Aktivierung der Dichtekompensation den Code 50 der Feuchtemessung auf "1".

9.3 Feinabgleich

Eine weitere Optimierung der Dichtekompensation erreicht man durch Trendauswertung der Feuchte im Vergleich zur Dichteanzeige. Ideal ist, wenn trotz schwankender Dichte, keine Auswirkungen auf die Feuchte zu sehen sind.

Eine Nacheichung erreichen Sie durch Neigung der Dichtekalibrierkennlinie um den Mittelpunkt. Dies können Sie durch Veränderung des Dichteabsorptionskoeffizienten erreichen und einer darauf folgenden Einpunktkalibrierung im Dichtebereichsmittelwert (in unserem Beispiel bei Schüttdichte $0,65 \text{ g/cm}^3$).

Je kleiner der Betrag des Koeffizienten, desto geringer wird der Einfluss der Dichtekompensation.

Damit anschließend diese Veränderung im Gerät wirksam wird, müssen Sie die Taste **COMPUTE** betätigen.

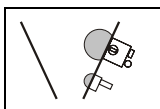


10

Dichtekompensation mit Rückstreuammer

Angenommene Applikationswerte

Messgerät für die Dichtemessung: LB 350



10.1 Voreinstellung

Die folgende Prozedur ist gültig, wenn der Dichte-Messbereich zwischen 0 und 1g/cm^3 liegt. Für eine Schüttdichte über 1g/cm^3 beachten Sie bitte die unten angegebene Voreinstellung.



- ▶ Lesen Sie bei leerem Bunker die Zählrate in *Code 30* und einen Dichtewert von 0 in *Code 20* ein.
- ▶ Lesen Sie bei vollem Bunker und einer mittleren Schüttdichte die Zählrate in *Code 31* ein.
In *Code 21* geben Sie den Mittelwert des Dichtemessbereiches ein. Ausgehend von unseren Ausgangswerten ergibt sich bei einem Messbereich von 0,5 bis $0,8\text{g/cm}^3$ ein mittlerer Wert von $0,65\text{g/cm}^3$.
- ▶ Betätigen Sie die Taste **COMPUTE**. Dadurch errechnet sich die Auswerteeinheit die Koeffizienten a_0 und a_1 automatisch.

Damit ist die Messung betriebsbereit und kann mit der Taste **MEASURE** gestartet werden (LED leuchte wenn Messung aktiv).

i WICHTIG

Durch die Kalibrierung mit diesen Werten, kommt ein recht kleiner Koeffizient a_1 in *Code 41* zustande, der in einer Größenordnung von etwa 0,0001 liegt. Damit ist die Auflösung dieses Koeffizienten gering. Eine verbesserte Auflösung erreicht man durch multiplizieren aller Dichteparameter in der Dichtemessung mit 100. Dadurch rückt der Dezimalpunkt für Koeff. a_1 um 2 Stellen nach rechts und erlaubt dadurch eine höhere Auflösung.

Bsp.:

Messbereich:	0,5 – 0,8g/cm ³
Eingabe in Code 14:	50
Eingabe in Code 15:	80
Dichte Kalibrierpunkte 20 + 21:	Schüttdichte x 100

Wenn die Schüttdichte über 1g/cm^3 beträgt, z. B. bei Sinter $1,5\text{--}2\text{g/cm}^3$, dann sollten Sie, abweichend von obiger Einstellung, folgende Grundeinstellung vornehmen:

- ▶ *Code 14*: 15
- ▶ *Code 15*: 20
- ▶ *Code 20*: 15 (für $1,5\text{g/cm}^3$)
- ▶ *Code 21*: 20 (für $2,0\text{g/cm}^3$)
- ▶ *Code 30*: 47000
- ▶ *Code 31*: 39370
- ▶ betätigen Sie abschließend die Taste **COMPUTE**.

i WICHTIG

In diesem Fall können Sie den Dichtewert nur mit 10 multiplizieren um die Anzeigeauflösung zu erhöhen, da der Eingabebereich der Dichte in Code 20 bis 29 auf den Wert von maximal 100 beschränkt ist.

10.2 Kalibrierung

Der folgende Schritt ist an der Auswerteeinheit der Dichtemessung LB 350 auszuführen. Die Voreinstellung der Dichtemessung ist hierbei schon ausgeführt.

In diesem Schritt ermitteln Sie die Zählrate für die mittlere Schüttdichte.

Die Zählrate der Dichtemessung wird in *Code 31* eingelesen.

Da im Regelfall nicht bekannt ist, ob es sich um eine mittlere Dichte handelt, muss dieser Vorgang mit jeder neuen Füllung, parallel zur Ermittlung der Feuchtezahlrate, wiederholt werden. Aus den dabei ermittelten Zählraten ist dann der Mittelwert zu errechnen.

- Überschreiben Sie mit diesem gewonnenen Mittelwert den *Code 31*.

i WICHTIG

In Code 32 bis 39 dürfen für diese Art der Kalibrierung keine weiteren Zählraten eingetragen sein, es sei denn, es wird eine andere Art der Kalibrierung durchgeführt, als die hier erläuterte.

Bei Schüttdichten über 1g/cm^3 ist auch die Zählrate in *Code 30* anzupassen. Der Wert in *Code 30* ergibt sich aus der Multiplikation von der Zählrate in *Code 31* mit dem Faktor 1,2.

Beispiel: Ist in *Code 31* eine Zählrate von 36000 Ips, dann ist in *Code 30* der Wert 43200 einzugeben.



- Zur Berechnung der Kennlinie für die Dichtemessung betätigen Sie die Taste **COMPUTE**.

Dadurch errechnet sich die Auswerteeinheit die Koeffizienten a_0 und a_1 automatisch.

Damit ist die Messung betriebsbereit und kann mit der Taste **MEASURE** gestartet werden (LED leuchtet wenn Messung aktiv).

i WICHTIG

Nach der Kalibrierung sollten Sie die Werte aller Parameter notieren und archivieren.

Aktivierung der Dichtekompensation

Setzen Sie dazu *Code 50* der Feuchtemessung auf "1".

10.3 Feinabgleich

Eine weitere Optimierung der Dichtekompensation erreicht man durch Trendauswertung der Feuchte im Vergleich zur Dichteanzeige. Ideal ist, wenn trotz schwankender Dichte, keine Auswirkungen auf die Feuchte zu sehen sind.

Eine Nacheichung erreichen Sie durch Neigung der Dichtekalibrierkennlinie um den Mittelpunkt. Dies können Sie durch Veränderung der Zählrate (*Code 30*) für den Dichtewert 0 erreichen.

Beispiel:

Je größer der Abstand *Zählrate bei Dichte 0* und *Zählrate bei mittlerer Dichte* wird, desto geringer ist der Kompensationseinfluss der Dichtemessung.

Folgende Einstellung verursacht einen größeren Kompensationseinfluss:

Code 30: 41000

Code 31: 44000

gegenüber folgender Einstellung, die einen geringeren Kompensationseinfluss bewirkt:

Code 30: 38000

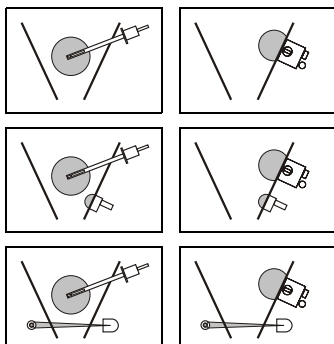
Code 31: 44000

Voraussetzung: Bei beiden Einstellungen ist *Code 20* und *21* unverändert.



Damit anschließend diese Veränderung im Gerät wirksam wird, müssen Sie die Taste **COMPUTE** betätigen.

10.4 Code-Tabelle

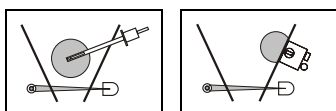


10.4.1 Startwerte für Feuchtemessung mit Bunkersonde

Berthold Feuchtemessung LB 350 mit Dichtekompensation

Messstelle:		Produkt:	
Code	Bezeichnung	Bereich	Feuchteparameter
00	Passwort	0-999999	
01	Jahr	JJ	aktuelles Jahr
02	Monat / Tag	MM.TT	aktuelles Datum
03	Stunde / Minute	SS.MM	aktuelle Zeit
10	Feuchteanzeige		
11	aktuelle Zählrate		
12	Messzeit	s	20
13	Schnellumschaltung	0/1	0
14	unteres Messbereichslimit	0-100	0
15	oberes Messbereichslimit	0-100	10*
16	0-20 mA / 4-20 mA	0/1	0*
17	unterer Grenzwert	0-100	
18	oberer Grenzwert	0-100	
19	Hysterese	0-10	
20	Feuchte 0	0-100	0
21	Feuchte 1	0-100	
22	Feuchte 2	0-100	
23	Feuchte 3	0-100	
24	Feuchte 4	0-100	
25	Feuchte 5	0-100	
26	Feuchte 6	0-100	
27	Feuchte 7	0-100	
28	Feuchte 8	0-100	
29	Feuchte 9	0-100	
30	Zählrate 0	0-99999	
31	Zählrate 1	0-99999	
32	Zählrate 2	0-99999	
33	Zählrate 3	0-99999	
34	Zählrate 4	0-99999	
35	Zählrate 5	0-99999	
36	Zählrate 6	0-99999	
37	Zählrate 7	0-99999	
38	Zählrate 8	0-99999	
39	Zählrate 9	0-99999	
40	Koeffizient a0	0-99999	-25
41	Koeffizient a1	± 1,9999	0,1
42	Faktor	0-10	1
43	Offset	-10 bis +10	0
44	(nicht verwendet)		
45	Testzählrate	0-99999	0
50	Dichtekompensation?	0 / 1	0
51	Messbereichsuntergrenze		0,5*
52	Messbereichsobergrenze		0,8*
53	Dichtemesswert		

* Diese Werte sind nur Richtwerte und müssen an die jeweilige Messsituation angepasst werden.

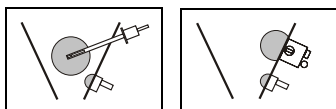


10.4.2 Startwerte für Dichtekompensation mit Transmissionsverfahren

Berthold Dichtemessung LB 367

Messstelle:		Produkt:	
Code	Bezeichnung	Bereich	Feuchteparameter
00	Passwort	0-999999	
01	Jahr	JJ	
02	Monat / Tag	MM.TT	
03	Stunde / Minute	SS.MM	
04	0-20 mA / 4-20 mA	0/1	0
06	Messeinheit	0-3	0
09	Programmversion		
10	Dichteanzeige		
11	aktuelle Zählrate		
20	Zeitkonstante	s	20
21	Schnellumschaltung	0/1	0
22	unteres Messbereichslimit		0,5*
23	oberes Messbereichslimit		0,8*
24	unterer Grenzwert		
25	oberer Grenzwert		
26	Hysterese		
27	Dichte der Trägerflüssigkeit		
28	Feststoffdichte		
29	Fehlerroutine	0	0
30	Nullzählrate		14000
31	Absorptionskoeffizient		Cs: -0,066 / Co: 0,044
32	Faktor		1
33	Offset		0
34	Isotop Am=0 / Cs=1 / Co=2	1 / 2 / 3	
35	Testimpulsrate	0-99999	0
36	Messweg	cm	?
40	Zählrate 0	0-99999	0
41	Zählrate 1	0-99999	
42	Zählrate 2	0-99999	
43	Zählrate 3	0-99999	
44	Zählrate 4	0-99999	
45	Zählrate 5	0-99999	
46	Zählrate 6	0-99999	
47	Zählrate 7	0-99999	
48	Zählrate 8	0-99999	
49	Zählrate 9	0-99999	
50	Schüttdichte 0	0,000-5,000	0,65
51	Schüttdichte 1		
52	Schüttdichte 2		
53	Schüttdichte 3		
54	Schüttdichte 4		
55	Schüttdichte 5		
56	Schüttdichte 6		
57	Schüttdichte 7		
58	Schüttdichte 8		
59	Schüttdichte 9		

* Diese Werte sind nur Richtwerte und müssen an die jeweilige Messsituation angepasst werden.



10.4.3 Startwerte für Dichtemessung mit Rückstreuverfahren

Berthold Dichtemessung LB 350

Messstelle:		Produkt:	
Code	Bezeichnung	Bereich	Feuchteparameter
00	Passwort	0-999999	
01	Jahr	JJ	aktuelles Jahr
02	Monat / Tag	MM.TT	aktuelles Datum
03	Stunde / Minute	SS.MM	aktuelle Zeit
10	Feuchteanzeige		
11	aktuelle Zählrate		
12	Messzeit	s	20
13	Schnellumschaltung	0/1	0
14	unteres Messbereichslimit	0-100	0,5 *
15	oberes Messbereichslimit	0-100	0,8 *
16	0-20 mA / 4-20 mA	0/1	0
17	unterer Grenzwert	0-100	
18	oberer Grenzwert	0-100	
19	Hysterese	0-10	
20	Feuchte 0	0-100	0
21	Feuchte 1	0-100	0,65 *
22	Feuchte 2	0-100	
23	Feuchte 3	0-100	
24	Feuchte 4	0-100	
25	Feuchte 5	0-100	
26	Feuchte 6	0-100	
27	Feuchte 7	0-100	
28	Feuchte 8	0-100	
29	Feuchte 9	0-100	
30	Zählrate 0	0-99999	0
31	Zählrate 1	0-99999	
32	Zählrate 2	0-99999	
33	Zählrate 3	0-99999	
34	Zählrate 4	0-99999	
35	Zählrate 5	0-99999	
36	Zählrate 6	0-99999	
37	Zählrate 7	0-99999	
38	Zählrate 8	0-99999	
39	Zählrate 9	0-99999	
40	Koeffizient a0	0-99999	
41	Koeffizient a1	±1,9999	
42	Faktor	0-10	1
43	Offset	-10 bis +10	0
44	(nicht verwendet)		
45	Testzählrate	0-99999	0
50	Dichtekompensation?	0/1	0
51	Messbereichsuntergrenze		
52	Messbereichsobergrenze		
53	Dichtemesswert		

* Diese Werte sind nur Richtwerte und müssen an die jeweilige Messsituation angepasst werden.

10.5 Datentabelle der Laborwerte zur Ermittlung der Kalibrierparameter

Proben- nummer	Datum	Laborfeuchte	Zählraten der Feuchtemessung	Anzeige der Feuchtemessung	Zählraten der Dichtemessung

11

Strahlenschutz

11.1 Hinweise zum Strahlenschutz

Das Neutronen-Feuchte-Messsystem LB 350 verwendet *radioaktive Strahlenquellen*.

Die Strahlenschutzhinweise in dieser Betriebsanleitung und die diesbezüglichen gesetzlichen Vorschriften sind streng zu beachten.

Installations-, Abbau-, Umzugs-, Wartungs- und Prüfarbeiten, welche die radioaktiven Strahler und ihre Abschirmung betreffen können, dürfen nur unter Aufsicht entsprechend geschulter und lizenzierter Personen durchgeführt werden.

11.1.1 Strahler

Die Strahler sind Bestandteil des Neutronen-Feuchte-Messsystems. Sie befinden sich je nach Ausführung in der:

- Neutronen-Sonde LB 6666 (*AmBe-241*)
- Neutronen-Sonde LB 6669 (*AmBe-241*)
- Abschirmung LB 7410 für Oberflächen-Feuchtemessung (*AmBe-241*)
- Abschirmung Rückstreuammer für die Dichtekompensation (*Cs-137*)
- Abschirmung LB 744x für die Dichtekompensation (*Cs-137* oder *Co-60*)

Radioaktive Strahler für industrielle Anwendungen sind grundsätzlich "umschlossene radioaktive Stoffe", die in eine stabile Kapsel aus Edelstahl dicht eingeschweißt sind, so dass die radioaktive Substanz nicht austreten kann. Kontaminationen sind dadurch ausgeschlossen. Außerdem ist bei den hier verwendeten Strahlern eine Aktivierung des Messgutes aus physikalischen Gründen nicht möglich.

Folgende Strahlenquellen werden zur Feuchtemessung eingesetzt:

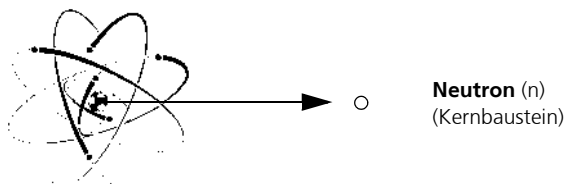
AmBe-241 emittiert Neutronen und Gammastrahlung. Es wird als punktförmige Quelle geliefert. Die Halbwertszeit beträgt rund 432 Jahre.

Co-60 emittiert Gammastrahlung mit einer Energie von 1,17 bzw. 1,33 MeV. Es wird als punktförmige Quelle geliefert. Die Halbwertszeit beträgt 5,27 Jahre.

Cs-137 emittiert Gammastrahlung mit einer Energie von 0,660 MeV. Es wird als punktförmige Quelle geliefert. Die Halbwertszeit liegt bei rund 30 Jahren.

11.1.2 Neutronen-Strahlung (n)

ist wie α - und β -Strahlung eine Teilchenstrahlung. Bei den hier verwendeten Strahlern werden die schnellen Neutronen durch Beschuss leichter Kerne (Beryllium) mit α -Strahlen (aus Am-241) erzeugt und die Anfangsenergie kann bis zu 12 MeV betragen. Da es sich außerdem um elektrisch neutrale Kernbausteine handelt, ist die Wechselwirkung auf andere Stoffe geringer und die Strahlung ist durchdringender und schwerer abschirmbar.



Die Wechselwirkung mit Materie hängt in erster Linie von der Energie (das entspricht der Geschwindigkeit) ab und beruht auf Streuung an Atomkernen und auf Einfang durch Absorption. Bei schnellen Neutronen überwiegen die Streuprozesse, die entsprechend den Gesetzen des elastischen Stoßes in der Mechanik verlaufen. Die Ionisationsprozesse finden nicht unmittelbar statt, sondern erfolgen erst durch Anregungszustände und Austauschprozesse.

Da das Neutron etwa die gleiche Masse eines Wasserstoffkerns besitzt, wird es an schweren Elementen stark gestreut, ohne dabei einen wesentlichen Energieverlust zu erfahren.

Dagegen werden Neutronen bei einem Zusammenstoß mit den leichten Wasserstoffkernen jeweils etwa die Hälfte ihrer Energie abgeben und dadurch schon nach kurzer Zeit (nach ca. 18 Stößen) auf langsame (thermische) Geschwindigkeit abgebremst, die der Braun'schen Molekularbewegung entspricht.

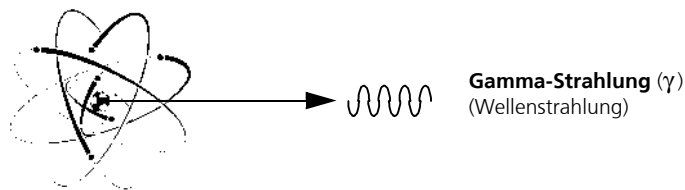
Als Abschirmmaterial werden Stoffe mit hohem Wasserstoffgehalt benötigt, wie z.B. Wasser, Paraffin oder Kunststoffe, zusammen mit Materialien mit hohem Einfangquerschnitt für Neutronen, wie z.B. Bor oder Lithium.

Die schädigende Wirkung auf lebende Körperzellen kann bei der Neutronen-Strahlung sowohl durch äußere Bestrahlung, als auch durch innere Bestrahlung nach Inkorporationen hervorgerufen werden.

11.1.3 Gamma-Strahlung (γ)

ist keine Teilchenstrahlung, sondern es handelt sich um energiereiche Photonen-, also eine elektromagnetische Wellenstrahlung sehr hoher Frequenz. Sie wird ebenso wie die Radio- und Mikrowellen oder das Licht in Energie-Quanten ausgesandt und besitzen die gleiche Ausbreitungsgeschwindigkeit und unterliegen den gleichen Ausbreitungsgesetzen.

Im Gegensatz zur Teilchenstrahlung kann man bei der elektromagnetischen Wellenstrahlung keine maximale Reichweite angeben. Da die Photonen keine Ladung und keine Ruhemasse besitzen, treten sie mit einem anderen Material nicht so stark in Wechselwirkung. Sie haben deshalb eine relativ große Durchdringungsfähigkeit.



Die Wechselwirkungen mit anderen Materialien sind um so größer, je höher die Atommasse ist, so dass besonders Stoffe mit hohem spezifischen Gewicht als Abschirmmaterial geeignet sind. Als Abschirmmaterial für γ -Strahlung wird deshalb bevorzugt Schwermetall, wie z.B. Blei, verwendet.

Die Wechselwirkung wird durch die Überlagerung von drei Effekten hervorgerufen:

Fotoeffekt

Der Fotoeffekt tritt besonders bei niedrigen Energien unter 0,1 MeV auf. Dabei absorbiert ein Atom das Photon indem alle Energie auf ein Hüllenelektron übertragen wird, das seine kinetische Energie wiederum durch Anregung und Ionisation verliert.

Paarbildungseffekt

Der Paarbildungseffekt tritt im höheren Energiebereich bei über 1 MeV auf und vernichtet das Photon im elektrischen Feld des Atomkerns. Seine Energie wird dabei an das Absorbermaterial abgegeben.

Comptoneffekt

Der Comptoneffekt tritt insbesondere im mittleren Energiespektrum auf und streut das Photon an der äußeren Elektronenhülle bei gleichzeitigem Energieverlust. Der Vorgang wiederholt sich mehrfach, bis in niedrigeren Energiebereichen die Energie durch den Fotoeffekt abgegeben wird. Die Wechselwirkungen durch den Comptoneffekt sind bei den für technische Anwendungen üblichen γ -Strahlern hauptsächlich maßgebend für die Berechnung von Abschirmwirkungen.

Beim Durchgang durch Materie überlagern sich der Foto-, der Compton- und der Paarbildungseffekt. Die γ -Strahlung wird insgesamt absorbiert oder gestreut und es kann ein zusammengefasster Schwächungskoeffizient (ϕ) angegeben werden, der bei einer Absorberdicke (d) das allgemeine Schwächungsgesetz wie folgt darstellt:

$$\phi = \phi_0 \times e^{-\mu \times d}$$

Dabei ist das ursprüngliche und das geschwächte Strahlenfeld. Die Zusammenhänge aus diesem Schwächungsgesetz sind die Grundlage für alle Berechnungen der Absorption von Strahlen.

Die schädigende Wirkung auf lebende Körperzellen kann bei der γ -Strahlung wegen ihrer relativ hohen Durchdringungsfähigkeit sowohl durch äußere Bestrahlung, als auch durch innere Bestrahlung bei eventuellen Inkorporationen hervorgerufen werden.

11.1.4 Montage von Abschirmungen

**VORSICHT**

Sehr wichtig! Beachten sie unbedingt die für Ihr Land geltenden Strahlenschutz-Richtlinien und die in diesem Kapitel gegebenen Strahlenschutz-Hinweise.

**VORSICHT**

Radiometrische Messeinrichtungen verwenden radioaktive Stoffe, die entsprechend den geltenden Vorschriften hergestellt und durch geeignete Abschirmungen geschützt werden. Bei sachgemäßem Umgang ist eine Gefährdung von Personen durch die eingebauten radioaktiven Stoffe ausgeschlossen. Der Umgang mit diesen Messeinrichtungen ist deshalb nur unter Aufsicht des Strahlenschutzbeauftragten erlaubt. Alle weiteren Personen die mit dem Umgang beauftragt sind, müssen zuvor ausreichend belehrt werden.

**VORSICHT**

Die Abschirmung mit dem radioaktiven Strahler wird in einer Verpackung angeliefert, die den Vorschriften für den Transport von radioaktiven Stoffen entspricht. Nehmen Sie die Abschirmung erst kurz vor der Montage aus der Kiste. Bis zu diesem Zeitpunkt muss die Abschirmung an einem vor dem Zugriff von unbefugten Personen geschützten Ort zwischengelagert werden.

**VORSICHT**

*Mit Hilfe der Zeichnungen der Abschirmung und entsprechend den Gegebenheiten an der Messstelle sind die Montagekonsolen und -befestigungen sorgfältig auszuführen. Dabei ist sicherzustellen, dass die mechanische Stabilität der Befestigungsvorrichtungen dem Gewicht der Abschirmung angepasst ist. Beschädigungen an der Abschirmung müssen vermieden werden.
Die Abschirmung ist so nahe als möglich an den Behälter zu montieren. Kontrollbereiche sind, falls vorhanden auszuweisen und ggf. abschränken.*

Die Ermittlung der Strahlenbelastung bei der Montage der Abschirmung ist ab Seite 81 beschrieben.

11.1.5 Strahlerentsorgung

Generell hat jedes Land ein Depot, in dem radioaktives Material angenommen und entsorgt werden kann.

Wenn Sie jedoch, radioaktives Material an uns zur Entsorgung zurücksenden wollen, müssen die internationalen Vorschriften für den Transport, die Beschriftung und der Dosisleistung des radioaktiven Materials beachtet werden, sowie die Vorschriften des jeweiligen Landes. Diese Vorschriften zu erfüllen obliegt der vollen Verantwortlichkeit des Absenders. Bitte beachten Sie folgendes:

- Dosisleistung an der Oberfläche der Verpackung:
< 2000 $\mu\text{Sv/h}$ (für die USA gilt ein Wert von 1000 $\mu\text{Sv/h}$).
- Dosisleistung in einem Abstand von 1 m von der Oberfläche:
< 100 $\mu\text{Sv/h}$ (dieser Wert ist international gültig).
- Kennzeichnung der UN Nummer mit dem Hinweis für Gefahrgut auf jedem Paket
- Beförderungspapiere mit korrekter Beschreibung des Inhalts und Unfallmerkblatt in Übereinstimmung mit den ADR-Vorschriften sind erforderlich.
- Verpackung muss mit den gültigen ADR-Vorschriften übereinstimmen.

Bei allen Fragen zum Strahlertransport oder zur Strahlerentsorgung wenden Sie sich bitte vertrauensvoll an unsere Strahlerentsorgungs- und Reparaturabteilung. Sie erreichen sie im Herstellerwerk in Bad Wildbad unter:

Telefon +49 (0)7081 177 228

Fax +49 (0)7081 177 330

Geben Sie dabei bitte die Strahlernummer an, damit der jeweilige Sachbearbeiter den Strahler schnell identifizieren kann.

Ganz besonders möchten wir Sie auf folgende Punkte hinweisen:

- Radioaktives Material und deren Abschirmungen dürfen in keiner Weise beschädigt sein und müssen eine gültige Dichtheitsprüfbescheinigung haben. Die Dichtheitsprüfbescheinigung vor Ankunft des radioaktiven Materials in Deutschland, darf nicht älter als 6 Monate sein. Eine Ausnahme ist dann möglich wenn eine PTB-Bescheinigung vorhanden ist, in dem bestätigt wird, dass die Gültigkeit der Prüftermine verlängert worden ist.
- Wenn sie radioaktive Quellen mit Isotop Am-241 oder Cm-244 zurückschicken, muss die *Special Form* Bescheinigung beigefügt sein.
- Es ist unumgänglich, dass radioaktives Material, das uns geschickt wird, ausreichend mit Ihrem Namen und Adresse gekennzeichnet ist.
Sofern Ihnen ein Angebot vorliegt ist ebenfalls unsere Angebotsnummer anzugeben.
- Radioaktives Material kann nur zurückgesandt werden, nachdem Sie die Erlaubnis von Berthold Technologies erhalten haben. Wir senden Ihnen gern ein Angebot über die entstehenden Entsorgungskosten zu.

- Das radioaktive Material muss nach Wildbad frei Haus gesendet werden. Berthold Technologies übernimmt keine Kosten für Zollabfertigung oder Transport.
- Vorab ist Berthold Technologies über den Rücktransport in Kenntnis zu setzen. Radioaktives Material, das an Berthold ohne vorherige Nachricht gesandt wurde, wird von Berthold Technologies nicht angenommen. Eventuell dabei entstehende Lagerkosten gehen zu Lasten des Lieferanten.
- Eine Kopie des beiliegenden Mitteilungsformblattes und der Dichtheitsprüfbescheinigung muss an jeder Abschirmung angebracht werden. Das Original ist den Versandpapieren beizulegen. Zuvor müssen die Dokumente per Telefax zu unserer Strahlerentsorgungs- und Reparaturabteilung geschickt werden.

Anbei ein Meldeformular das Sie verwenden können, um Strahler oder Abschirmungen an den Hersteller zurückzuschicken.

Meldeformular

zur Entsorgung von radioaktiven Strahlern

Absender:	verantwortliche Person:
Adresse:	Telefon:
Postfach / Ort:	Land:

Strahler Nummer	Isotop	Aktivität	
		mCi	MBq

- ☐ Strahler wird zur Entsorgung zurückgeschickt
- ☐ Andere Instruktionen (bitte ausfüllen).
-
-
-
- ☐ Abschirmung soll entsorgt werden
- ☐ Die Abschirmung soll mit neuem/neuen Strahler(n) beladen werden
Bestellnummer des Absenders:/ oder unsere Auftragsnummer
- ☐ Abschirmung soll zum Absender zurückgeschickt werden

- ☐ Abschirmung nach Reparatur an Absender zurück
Bestellnummer des Absenders:/ oder unsere Auftragsnummer
- ☐ Rücklieferung einer leihweise erhaltenen Abschirmung
Bestellnummer des Absenders:/ oder unsere Auftragsnummer
- ☐ Andere Instruktionen oder Bemerkungen:

.....

.....

.....

Der Absender bestätigt hiermit:	a) Strahler und Abschirmungen sind nicht kontaminiert.
	b) Kennzeichnung und Verpackung entsprechen den Vorschriften des ADR

<i>Ort und Datum:</i>	<i>Unterschrift und Titel:</i>

11.2 Strahlenschutz

11.2.1 Grundlagen und Richtlinien

Um gesundheitliche Schädigungen beim Umgang mit den hier erforderlichen radioaktiven Stoffen auszuschließen, sind auf internationaler Ebene Grenzwerte für die höchstzulässige Strahlenbelastung des Betriebspersonals festgelegt worden. Durch geeignete Maßnahmen bei Auslegung der Abschirmungen und Anordnung der Messeinrichtung an der Messstelle wird sichergestellt, dass bei sachgemäßem Verhalten die Strahlenbelastung für das Personal unter dem maximal zulässigen Wert von 1 mSv (100 mrem) pro Jahr begrenzt wird.

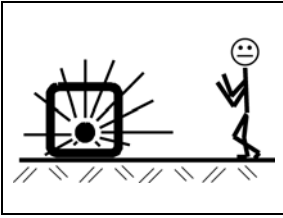
Um den sachgemäßen Umgang und die Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften sicherzustellen, muss das Unternehmen einen Strahlenschutzbeauftragten benennen, der für alle im Zusammenhang mit der Messeinrichtung auftretende Strahlenschutzfragen zuständig ist. Der Strahlenschutzbeauftragte wird den Umgang mit der radiometrischen Messeinrichtung überwachen und, wenn notwendig, auf den Betrieb der Einrichtung zugeschnittene Verhaltensregeln festlegen, die dann in besonderen Fällen auch Grundlage einer Strahlenschutzanweisung sein können. Dies kann z. B. dann notwendig sein, wenn ein Behälter begangen werden kann und deshalb sichergestellt werden muss, dass vorher das Nutzstrahlenbündel an der Abschirmung abgeschirmt wird. Die außerhalb der Abschirmung entstehenden Strahlenschutzbereiche müssen soweit sie begehbar sind - gekennzeichnet und abgeschränkt werden. Weitere Hinweise sollten die Überwachung der Verschlussfunktion der Abschirmung und Maßnahmen bei schweren Betriebsstörungen - wie Brand oder Explosion - betreffen. Besondere Vorkommnisse müssen in jedem Fall sofort dem Strahlenschutzbeauftragten gemeldet werden, der sich dann an Ort und Stelle über die Situation informiert und bei Beschädigungen, die Funktion oder Sicherheit beeinträchtigen können, unverzüglich geeignete Maßnahmen einleiten wird.

Der Strahlenschutzbeauftragte hat auch darüber zu wachen, dass die Vorschriften der Strahlenschutzverordnung eingehalten werden. Besonders wird hier auf die Verpflichtung zur Belehrung anderer Mitarbeiter hingewiesen.

Nicht mehr benötigte oder abgeklungene radioaktive Stoffe müssen an eine staatliche Sammelstelle oder den Lieferanten ordnungsgemäß abgeliefert werden.

Grundsätzlich muss jeder Betriebsangehörige bestrebt sein, durch umsichtiges Verhalten und unter Beachtung der Strahlenschutzregeln die Strahlenbelastung, auch innerhalb der zulässigen Grenzen, so gering wie möglich zu halten.

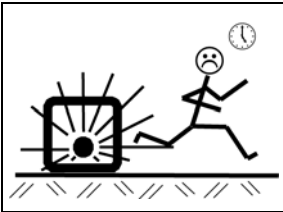
Die Summe der vom Körper aufgenommenen Strahlung wird durch drei Größen bestimmt, aus welchen auch die grundsätzlichen Strahlenschutzregeln abgeleitet werden können:

1. Abstand

Damit ist der Abstand zwischen radioaktivem Strahler und menschlichem Körper gemeint. Die Strahlungsintensität (Dosisleistung) folgt - genau wie Licht - einem quadratischen Abstandsgesetz. Das bedeutet, bei Verdoppeln des Abstandes zum Strahler, dass sich die Dosisleistung auf ein Viertel verringert.

Folgerung:

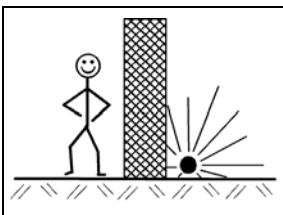
Bei notwendigen Arbeiten in der Nähe von Einrichtungen die radioaktive Stoffe enthalten ist immer der größtmögliche Abstand zu halten. Dies gilt insbesondere für Personen, die nicht unmittelbar an dieser Arbeit beteiligt sind.

2. Zeit

Hiermit ist die Aufenthaltszeit in der Nähe einer radiometrischen Messeinrichtung gemeint, während der die Strahlung auf den Körper einwirken kann. Dieser Wert addiert sich und wird deshalb um so größer, je länger die Strahlenbelastung andauert.

Folgerung:

Erforderliche Arbeiten in der Nähe von radiometrischen Messeinrichtungen sind sorgfältig vorzubereiten und so zu organisieren, dass sie in kürzestmöglicher Zeit durchgeführt werden können. Die Bereitstellung der richtigen Werkzeuge und Hilfsmittel ist hierbei besonders wichtig.

3. Abschirmung

Die Abschirmwirkung wird durch das den Strahler umgebende Abschirmmaterial erreicht. Da die Abschirmwirkung in einem exponentiellen Verhältnis zum Produkt aus Dicke und Dichte des Abschirmmaterials steht, sind Abschirmmaterialien mit hohem spezifischen Gewicht erforderlich. Eine ausreichend große Dimensionierung der Abschirmungen erfolgt bereits durch die Lieferfirma.

Folgerung:

Bei An- und Abbau der Abschirmung ist vorher sicherzustellen, dass der Strahlenaustrittskanal *verschlossen* ist.

**GEFAHR**

Der Strahler darf nicht aus seiner Abschirmung ausgebaut werden und unabgeschirmt bleiben!

11.2.2 Montage der Abschirmung

Sicherheitsinformationen

Um die Strahlenbelastung des Montagepersonals so gering wie möglich zu halten darf die Abschirmung mit dem Strahler nur durch dazu autorisiertes Personal montiert bzw. demontiert werden, das vorher über alle Verhaltensregeln beim Umgang mit radioaktiven Stoffen unterwiesen worden ist. Die Ausführung der Arbeiten erfolgt unter Anleitung und Aufsicht des Strahlenschutzbeauftragten. Dabei ist sicherzustellen, dass der Verschluss der Abschirmung geschlossen und gesichert ist, damit unabgeschirmte Strahlung nicht austreten kann. Veränderungen oder Beschädigungen an der Abschirmung müssen absolut vermieden werden.



WICHTIG

Je nach Betriebsbedingungen ist die Funktionsprüfung in angemessenen Zeiträumen, jedoch spätestens alle sechs Monate zu wiederholen.

Strahlenbelastung während der Montage der Abschirmung

Für Messeinrichtungen werden die Abschirmungen im allgemeinen so ausgelegt, dass unabhängig davon, ob es sich um Punkt- oder Stabstrahler handelt und wie groß die Aktivität ist, die Grenze des Kontrollbereich in einem vorgegebenen Abstand (in den meisten Fällen weniger als ein Meter) um die Abschirmung verläuft. Eine vereinfachte Berechnung der Strahlenbelastung während der Montage der Abschirmung ist mit ausreichender Genauigkeit möglich mit Hilfe des auf dem Typenschild angegebenen Wertes der Dosisleistung, gemessen in 1 m Abstand von der Abschirmung. Die Strahlenbelastung D kann nach folgender Formel errechnet werden:

$$D (\mu\text{Sv}) = DL (\mu\text{Sv/h}) \times t(\text{h}) \times 4$$

D = akkumulierte Dosis während der Montage

DL = Dosisleistung auf dem Typenschild der Abschirmung

t = Zeitaufwand für die Montage mit der Abschirmung

4 = Sicherheitsfaktor

Für die Durchführung der Arbeiten wie Montage der Abschirmung oder Betätigen des Verschlusses kann bei exakter Vorbereitung von einer Arbeitszeit mit weniger als 20 Minuten ausgegangen werden.

Berechnungsbeispiel

$$DL = 3 \mu\text{Sv/h}$$

$$t = 20 \text{ min } (1/3\text{h})$$

$$D = 3 \mu\text{Sv/h} \times 1/3\text{h} \times 4 = 4 \mu\text{Sv}$$

Wird diese Dosis mit der zulässigen Jahresdosis von 1 mSv für beruflich nicht Strahlenexponierten Personen verglichen, so dürfen diese Arbeiten 250 mal pro Jahr von ein und derselben Person ausgeführt werden.

Siehe auch Kapitel 14 (Dosisleistungskurven).

11.2.3 Berechnung der Strahlenbelastung

Bei der Vorbereitung von Arbeiten an radiometrischen Messeinrichtungen ist eine Vorausberechnung der wahrscheinlich zu erwartenden Strahlenbelastung wichtig, da davon die erforderliche Verhaltensweise und notwendige Vorsichtsmaßnahmen abhängig gemacht werden.

Die Berechnungen sind einfach und mit ausreichender Genauigkeit durchzuführen, wenn das Nuklid und die Aktivität des verwendeten Strahlers bekannt sind. Diese Angaben können der zum Strahler gehörenden Dokumentation entnommen oder vom Typenschild auf der Abschirmung abgelesen werden.

11.2.4 Berechnung der Strahlenbelastung bei Gamma-Strahlern (Cs-137, Co-60)

Die genaue Berechnung der zu erwartenden Strahlenbelastung für einen abgeschirmten Strahler erfolgt nach folgender Gleichung:

Formel

$$\text{Dosis } D = \frac{A \times k \times T}{r^2 \times s}$$

Für A wird die Aktivität des Strahlers und für k die zugehörige spezifische Gammastrahlen-Konstante aus der nachstehenden Tabelle eingesetzt. Der Abstand zwischen Messpunkt und Strahler wird mit r eingegeben und die Aufenthaltszeit an dieser Stelle ist T. Für s gilt der Abschirmfaktor der verwendeten Abschirmung, welcher aus dem Informationsblatt der Abschirmung hervorgeht oder berechnet werden kann. Zur Berechnung der Dosisleistung beim Umgang mit einem unabgeschirmten Strahler wird $s = 1$ gesetzt.

Nuklid	k	Dimensionen
Co-60	0.35	$\frac{\mu\text{Sv} \times \text{m}^2}{\text{h} \times \text{MBq}}$
Cs-137	0.09	

Berechnungsbeispiel

Die Dosis in einem Abstand von 50 cm von einem Co-60-Strahler mit einer Aktivität von 350 MBq und einer Zeitspanne von 30 min. ist zu ermitteln. Der Strahler ist in eine Abschirmung eingebaut, die den Abschirmfaktor 30 aufweist:

$$D = \frac{350 \text{ MBq} \times 0.35 \mu\text{Sv} \times \text{m}^2 \times 0.5 \text{ h}}{(0.5 \text{ m})^2 \times \text{h} \times \text{MBq} \times 30} = 8.2 \mu\text{Sv}$$

11.2.5 Berechnung der Strahlenbelastung bei Neutronen-Strahlern (AmBe-241)

Abschirmung von Neutronenstrahlung

Neutronenstrahlung wird mit wasserstoffhaltigen Produkten wie z.B. Wasser, Paraffin oder Polyethylen abgeschirmt, wobei die schnellen Neutronen durch die elastischen Stöße mit den Wasserkernen bis auf thermische Energie abgebremst werden.

Abzuschirmen sind dann die thermischen Neutronen durch Zusatzstoffe wie Kadmium oder Bor, die einen hohen Einfangquerschnitt für thermische Neutronen besitzen.

Abschirmungs- und Aufbewahrungsbehälter für Neutronensonden sind heute üblicherweise mit boriertem Polyethylen (Borzusatz ca. 2%) gefüllt und werden so bemessen, dass außerhalb der Abschirmung keine begehbaren Strahlenschutzbereiche entstehen.

Berechnung der maximalen Neutronendosisleistung:

Aus der Neutronenemission N_e berechnet sich die Neutronenflussdichte F_D für den Abstand a [cm] wie folgt:

$$F_D = \frac{N_e}{4\pi \times a^2} \quad [\text{n/cm}^2 \times \text{sec}]$$

Wird davon ausgegangen, dass für alle aus einer Am-241-Be-Quelle emittierten Neutronen die höchste relative biologische Wirksamkeit angenommen werden muss, so kann aus abgeleiteten Messungen für eine Dosisleistung von $1 \mu\text{Sv/h}$ die folgende Neutronenflussdichte F_d angegeben werden:

$$F_D = 0,44 \left[\frac{\text{n/cm}^2 \times \text{sec}}{\mu\text{Sv/h}} \right]$$

Damit wird die max. mögliche Dosisleistung D_I einer AmBe-241 Quelle:

$$D_I = \frac{F_D}{F_d} \quad [\mu\text{Sv/h}]$$

Beispiel:

Neutronenquelle: AmBe-241

Aktivität: 3,7 GBq

Neutronenemission: $2,2 \times 10^5$ n/sec

Gesuchte Dosisleistung in 1 m Abstand (100 cm)

$$F_D = \frac{2,2 \times 10^5}{4\pi \times 100^2} = \frac{2,2}{1,257} = 1,75 \quad [\text{n/cm}^2 \times \text{sec}]$$

$$D_L = \frac{F_D}{F_d} = \frac{1,75}{0,44} = 4 \mu\text{Sv/h}$$

Die Kontrollbereichsgrenze ($3 \mu\text{Sv/h}$) würde demnach in einem Abstand von 115cm um den *unabgeschirmten* und frei angebrachten Strahler verlaufen.

11.2.6 Test des Verschleißmechanismus

Dieser Test stellt sicher, dass der Verschleißmechanismus korrekt funktioniert, der Verschluss geschlossen und der Strahler vollständig abgeschirmt ist, wenn Gerätegriff bzw. Zylinder "Geschlossen" anzeigen. Dies ist sehr wichtig, um Strahlenbelastung zu vermeiden, wenn aus irgendeinem Grund (z. B. wegen gebrochener Welle in einer Punktstrahlerabschirmung) "Geschlossen" angezeigt wird, obwohl der Verschluss noch immer geöffnet ist. Die Strahlenschutzbehörde schreibt zwingend vor, dass dieser Test in Abständen von nicht mehr als 6 Monaten durchgeführt wird. Möglicherweise werden Sie aufgefordert, entsprechende Unterlagen über die in der Vergangenheit durchgeführten Tests sowie einen Zeitplan für die nächsten Tests vorzulegen.

- ▶ Vergewissern Sie sich, dass die Leitwarte informiert ist, dass während eines Tests keine Prozessdaten geliefert werden.
- ▶ Ermitteln Sie die Zählrate (über die Auswerteeinheit LB 350).
- ▶ Notieren Sie diese Daten.
- ▶ Bewegen Sie den Verschluss in die Position *Geschlossen*. Notieren Sie diese Daten.
- ▶ Wiederholen Sie diesen Vorgang 5 Mal und notieren Sie jeweils die Ergebnisse.
- ▶ Stellen Sie sicher, dass der Verschluss frei beweglich ist.
- ▶ Ist alles in Ordnung, dann archivieren Sie diese Prüfung.
- ▶ Sollten Sie einen Fehler bemerkt oder Zweifel haben, wenden Sie sich bitte an die Serviceabteilung von BERTHOLD TECHNOLOGIES.
- ▶ Dokumentieren Sie den Test, einschließlich Datum, Gerätemodell und Seriennummer, Testergebnisse sowie Ihrem Namen. Die Aufsichtsbehörde kann eine Vorlage dieser Unterlagen verlangen.

11.2.7 Dichtheitsprüfung

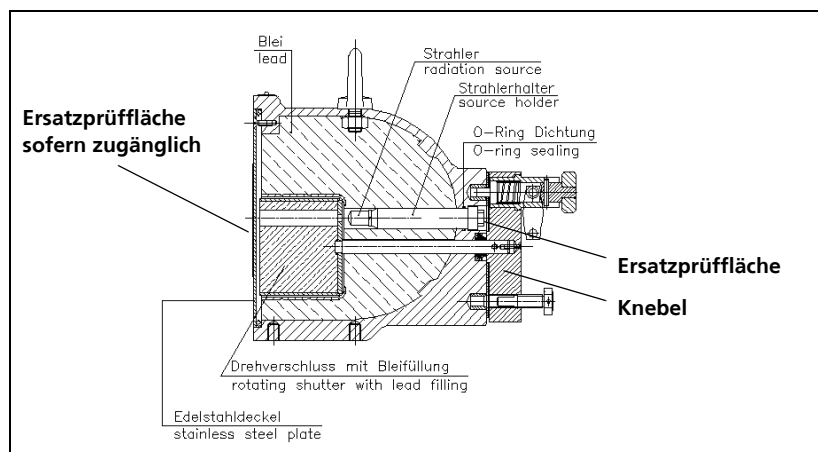
Abhängig von der jeweiligen Aufsichtsbehörde in deren Gebiet der Strahler eingesetzt wurde, müssen regelmäßig wiederkehrende Dichtheitsprüfungen durchgeführt werden. Diese Prüfungen werden im Allgemeinen vom TÜV durchgeführt. Zur Durchführung dieser Prüfung sind die entsprechenden Strahler-Unterlagen bereitzustellen.

Erforderliche Unterlagen

- Bestandsverzeichnis der zu prüfenden Strahler mit Angabe der bisherigen Dichtheitsprüfungen
- Strahler- Zertifikat mit folgenden Angaben:
 - Nuklid, Aktivität, Bezugsdatum, physikal.-chemische Form
 - Beschreibung der Umhüllung und Art der Abdichtung
 - Beanspruchbarkeit gegen mech. und thermische Einwirkungen bzw. Klassifikation der Strahlerbauart
- Angaben über Ort, Verwendungszweck sowie über die betriebsüblichen maximalen mechanischen und thermischen Beanspruchungen.
- Ist der Strahler in einer Vorrichtung eingebaut, so ist eine Zeichnung beizufügen, aus der die Lage des Strahlers und aller zum Schutz gegen äußere Einflüsse dienenden Teile eindeutig hervorgehen. Es sollten Vorschläge für das günstigste Prüfverfahren vorliegen, z. B. durch Angaben von Ersatzprüfflächen und ggf. der notwendigen Manipulationen, wie die Prüfung ohne Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit der Anlage oder Vorrichtung zur erreichen ist.
- Bescheinigung einer Abnahmeprüfung durch den Hersteller

Wischtest an LB 744X

Als Ersatzprüfflächen dienen der Kopf des Strahlerhalters und, sofern zugänglich, die vordere Blechabdeckung.



Kopf des Strahlerhalters wischen:

- ▶ Knebel in waagerechte Position drehen.
- ▶ - Die Ersatzprüffläche ist der Kopf bzw. der sichtbare Rand des Strahler-Halters.

Blechabdeckung wischen:

- ▶ Bei der Blechabdeckung ist an den Senkkopfschrauben und um den Rand der Platte zu wischen.

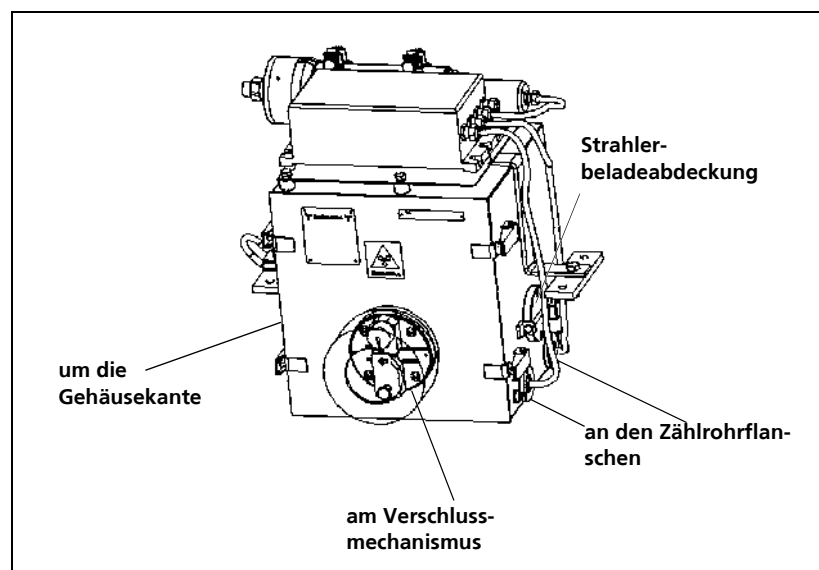
Wischtest an verschließbarer Neutronenabschirmung LB 7410

Als Ersatzprüfflächen dienen die jeweils „unterbrochenen“ Gehäusekanten und Gehäusedurchbrüche. Diese sind ringsherum zu wischen.

Dies ist gültig bei den Modellen die bis zum Jahr 2005 geliefert wurden.

Bei neueren Modellen, die über eine Strahlerbeladung verfügen, ist direkt am Strahler bzw. an dessen Abdeckung zu Wischen. Dazu ist die Strahlerbeladeabdeckung wie folgt abzunehmen:

- ▶ Drehen Sie den Knebel für den Verschlussmechanismus in Stellung geschlossen.
- ▶ Öffnen Sie den Verschluss der Strahlerbeladung. Die Strahlerbeladung befindet sich an der Außenseite oberhalb der beiden Zählrohre.
 - Vorhängeschloss öffnen und abnehmen.
 - Sperrstift seitlich herausnehmen.
 - 2 Stk. Inbusschrauben M5 am Verschlussstopfen heraus-schrauben.
 - Verschlussstopfen herausziehen
- ▶ Drehen Sie den Knebel um 90 Grad in Uhrzeigerrichtung. Im Inneren der Abschirmung wird die runde Metallabdeckung des Strahlers sichtbar.
- ▶ Wischen sie um den äußeren Rand dieser Metallabdeckung.
- ▶ Nach dem Wischen ist der Knebel wieder in Stellung *geschlossen* zu drehen und die Strahlerabdeckung wieder zu verschließen.



Wischtest an Neutronensonde LB 6666 und LB 6669

Als Ersatzprüfflächen dienen der Verschlussring am Gehäuse und die Kabeldurchführung.



11.2.8 Sicherheitsvorkehrungen

Bereits bei der Planung für den Einsatz von radiometrischen Messeinrichtungen sind, wenn notwendig, bautechnische Maßnahmen vorzusehen, die den vorbeugenden Brandschutz gewährleisten. Hierbei ist z. B. zu berücksichtigen, dass sich keine leicht brennbaren Stoffe in der Nähe befinden sollten oder diese so abgedeckt oder geschützt werden, dass ein leichtes Übergreifen auf die radioaktiven Stoffe verhindert wird. § 52 schreibt vor, dass mit den für den Brandschutz zuständigen örtlichen Behörden alle erforderlichen Maßnahmen zu planen sind. Hier ist in erster Linie an die Feuerwehr gedacht, die über die Art und den Umfang der verwendeten radioaktiven Stoffe sowie den Verwendungsort informiert sein muss, damit sie im Brandfalle entsprechend vorbereitet eingreifen kann.

Bei der Aufstellung von Alarmplänen ist neben deutlichen Hinweisen auf eventuelle Besonderheiten der radiometrischen Messsysteme anzugeben, welches Fachpersonal (Strahlenschutzbeauftragter) zu benachrichtigen ist, sowie Adresse und Rufnummer der zuständigen Behörde.

11.2.9 Diebstahlsicherung

Radioaktive Stoffe oder Anlagen, die radioaktive Stoffe enthalten, müssen so gesichert sein, dass sie gegen den Zugriff von Unbefugten geschützt sind. Bei fest installierten Anlagen, die radioaktive Stoffe enthalten, ist die Sicherung gegen den Zugriff von Unbefugten im Allgemeinen bereits durch die fest angebaute Installation gegeben.

Werden Betriebsanlagen, in welche auch radiometrische Messeinrichtungen im Einsatz sind, für längere oder auch unbestimmte Zeit außer Betrieb genommen, so sollten unbedingt die radioaktiven Strahler zusammen mit ihrer Abschirmung demontiert und bis zur Wiederverwendung sichergestellt werden.

Bei tragbaren Messeinrichtungen ist besonders darauf zu achten, dass die Anlage niemals ohne Aufsicht gelassen werden darf oder bei Nichtbenutzung in einem Raum oder einem Behälter aufbewahrt wird, das verschlossen werden kann und somit dem Zugriff von Unbefugten entzogen ist.

Dies gilt auch für Prüfstrahler mit geringen Aktivitäten, wie sie z. B. zur Funktionskontrolle von Dosisleistungsmessgeräten verwendet werden können.

Wird festgestellt, dass radioaktive Stoffe abhanden gekommen sind, so ist unverzüglich der Strahlenschutzverantwortliche und die zuständige Aufsichtsbehörde davon in Kenntnis zu setzen.

Bei Diebstahl ist grundsätzlich sofort neben der Aufsichtsbehörde auch die Polizei einzuschalten (§ 71).

11.2.10 Unfälle, Verlust, Schaden, Feuer, Diebstahl

Beachten Sie in diesen Situationen folgende Grundprinzipien, die für Ihre Gesundheit und Sicherheit unerlässlich sind: Zeit, Abstand und Abschirmung. Sollte einer der oben erwähnten Vorfälle eintreten, dann ergreifen Sie bitte folgende Maßnahmen:

- Begrenzen Sie den Zugang zu diesem Bereich
- Melden Sie den Vorfall an BERTHOLD TECHNOLOGIES; Sie werden dann umgehend darüber informiert, welche Sofortmaßnahmen zu ergreifen sind.

Im Falle eines Verlustes oder Diebstahls sind die staatlichen Aufsichtsbehörden zu benachrichtigen.

Sind die versiegelten radioaktiven Substanzen im schlimmsten Falle undicht, so ist die zuständige Behörden umgehend zu benachrichtigen; außerdem sind Maßnahmen zu ergreifen, die sicherstellen, dass eine Kontamination sich nicht ausbreiten kann.

Ordnungsgemäßer Umgang mit und Entsorgung der möglicherweise undichten radioaktiven Strahler oder kontaminierten Ausrüstungsteile müssen mit den Aufsichtsbehörden abgestimmt werden.

11.2.11 Verhalten bei Stör- und Unfällen

Die Strahlenschutzverordnung definiert einen Störfall als einen Ereignisablauf, bei dessen Eintreten der Betrieb einer Anlage aus sicherheitstechnischen Gründen nicht fortgeführt werden kann.

Unter Störfall ist zu verstehen, dass eine für den sicheren Betrieb der Einrichtung notwendige Vorrichtung, wie z. B. der Verschluss des Nutzstrahlenbündels, nicht mehr wie vorgesehen funktioniert.

Ein Unfall ist dagegen ein Ereignisablauf, bei welchem Personen einer die Grenzwerte übersteigenden Strahlenexposition ausgesetzt werden könnten oder sogar Kontaminationen und Inkorporationen von radioaktiven Stoffen möglich wären.

Störfälle und Unfälle sind sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse, bei welchen unverzüglich geeignete Maßnahmen eingeleitet werden müssen, mit dem Ziel, Gefahren von Personen und Sachgütern abzuwenden oder auf ein Mindestmaß zu beschränken.

Wichtig ist deshalb, dass für den jeweiligen Umgang entsprechende Überlegungen angestellt und mit dem betroffenen Betriebspersonal durchgesprochen werden, damit es auf mögliche Störfälle oder Unfälle so vorbereitet ist, dass durch richtiges Verhalten die schädlichen Auswirkungen so gering wie möglich gehalten werden.

Besteht der Verdacht auf einen Unfall oder Störfall, so ist sofort der Strahlenschutzbeauftragte zu verständigen, der dann an Ort und Stelle die Situation überprüft und alle weiteren Maßnahmen trifft, um jede unnötige Strahlenbelastung des Betriebspersonals zu verhindern.

Der Strahlenschutzbeauftragte wird dann abgestufte Maßnahmen einleiten und gegebenenfalls Mitteilung an die zuständige Behörde machen und sich unter Umständen auch Informationen bei dem Hersteller einholen.

Es wäre denkbar, bei den Sofortmaßnahmen zweckmäßigerweise in folgender Reihenfolge vorzugehen:

- ▶ Lokalisieren Sie den Strahler.
- ▶ Überprüfung Sie die Funktion der Abschirmung
- ▶ Überprüfung Sie die Wirksamkeit der Abschirmung durch Messung der Dosisleistung.
- ▶ Kennzeichnen Sie die Kontrollbereiche und sichern Sie diese durch Abschränkung.
- ▶ Schirmen Sie den Strahler ab.
- ▶ Protokollieren Sie den Vorfall und schätzen Sie eventuell vorgekommene Strahlenbelastung beteiligter Personen ab.

Bei Verdacht auf Beschädigung der Strahlerkapsel wären darüber hinaus noch folgende Punkte zu berücksichtigen:

- ▶ Vermeiden Sie eine Kontamination.

- ▶ Fassen Sie den Strahler mit dem Werkzeug (z. B. Zange oder Pinzette) und wickeln Sie beides (Strahler und Werkzeug) in Plastiktüte ein.
- ▶ Schirmen Sie den Strahler über Betonwand, Stahl- oder Bleiplatte ab.
- ▶ Prüfen Sie die Umgebung auf Kontaminationsfreiheit.
- ▶ Sorgen Sie für vorschriftsmäßige Sicherstellung des radioaktiven Abfalls (durch Landessammelstelle).

Bei einer festgestellten Undichtheit eines Strahlers und auch bei dem Verdacht auf Dosisüberschreitungen ist unbedingt die zuständige Behörde (z. B. Gewerbeaufsichtsamt) zu verständigen.

Der Eintritt eines Unfalls, eines Störfalls oder eines sonstigen sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignisses ist der Aufsichtsbehörde mitzuteilen und falls dies erforderlich sein sollte, auch der für die öffentliche Sicherheit und Ordnung zuständigen Behörde. Die Vorgehensweise kann mit der Firma BERTHOLD abgesprochen werden.

12

Wartung / Service

**VORSICHT**

Während der Installation und Servicearbeiten am Feuchte-Messsystem LB 350, sind System und Relais-Kontakte stromlos zu schalten, um Berührungen mit spannungsführenden Teilen zu vermeiden.

**VORSICHT**

Das Feuchte-Messsystem LB 350 darf ausschließlich von geschultem Personal installiert, gewartet und repariert werden. Es dürfen nur Sicherungen verwendet werden, die den von BERTHOLD TECHNOLOGIES GmbH & Co. KG angegebenen Werten entsprechen.

Die Feuchtemessgerät LB 350 hat keine Bestandteile, welche spezielle Wartung erfordern. Lediglich die Blendenverschlusseinheit an der Abschirmung der radioaktiven Neutronquelle muss auf korrekte Funktion überprüft werden.

12.1 Überprüfung des Blendenverschlussmechanismus

Um kontinuierlichen Strahlenschutz sicherzustellen ist es sehr wichtig, mindestens halbjährlich den allgemeinen Zustand der Abschirmung und des Blendenverschlussmechanismus zu überprüfen (siehe auch Kapitel 11.2.6 auf Seite 83).

**VORSICHT**

Ein verklemmter Blendenverschluss oder sonstige Beschädigungen an der Abschirmung, welche die sinngemäße Funktion verhindern, müssen den Strahlenschutzbeauftragte sofort berichtet werden.

12.2 Überprüfung der Auswerteeinheit LB 350

12.2.1 Fehlermeldungen

Beim Netzeinschalten läuft automatisch ein Selbsttest ab. Bei einer Fehlererkennung, sind folgenden Meldungen möglich:

- Fehler A ROM Fehler
- Fehler b RAM Fehler
- Fehler C RAM Decoder Fehler
- Fehler 5 Detektor Fehler
- Fehler 8 Uhr Fehler

Nach einer Störungsanzeige werden alle Eingänge blockiert, bis Sie die **ENTER**-Taste betätigt haben.

STÖRUNG A, b, C

ROM- oder RAM-Störungen erfordern ein Austausch der CPU-Karte LB 3940. Diese Fehlermeldungen lassen sich auch mit der **ENTER**-Taste nicht zurücksetzen.

ERROR 5

Detektorfehler

Diese Meldung erscheint, falls:

- kein Zählrate vorhanden, oder
- falscher HV-Referenzwert angezeigt werden.

Das Störungsrelais ist in beiden Fällen angesteuert.

Wird die Fehlermeldung quittiert, aber der Fehler nicht behoben, dann erscheint die Fehlermeldung nach einer Minute erneut.

ERROR 8

Wenn ERROR 8 angezeigt wird, wird die Messung abgebrochen. Überprüfen Sie die Pufferbatterie und ersetzen Sie diese ggf. Diese Störung kann auch signalisiert werden, wenn das Datum in *Code 02* über die Tastatur eingegeben wird und es um mehr als ein Jahr vom vorhergehenden abweicht.

Bei dieser Störung muss das Gerät mit einem Reset zurückgesetzt und die Parameter-Daten müssen überprüft und ggf. neu eingegeben werden.

12.2.2 Sonstige Fehler

Netzausfall Wenn das System beim Spannungseinschalten nicht reagiert, dann überprüfen Sie die Spannungsversorgung und die Hauptsicherung. Beim 19"-Rahmen befindet sich die Sicherung an der Rückwand. Bei den kompakten Systemen befindet sie sich im Anschlussgehäuse.

Überprüfen Sie die Spannungsversorgung am Netzteil. Die Messpunkte sind auf der Frontplatte des Netzteils abgreifbar. Dazu muss beim 19"-Rahmen die Frontplatte mit dem Display aufgeschraubt und heruntergeklappt werden. Beim Wandgehäuse wird die Frontplatte mit dem Display an den 4 Schrauben demontiert und abgenommen.

Folgende Spannungen müssen vorhanden sein:

$0 / +10V_{\text{ref.}} \pm 2\%$

$+5V \pm 5\%$

$+15V \pm 10\%$

Sollte einer dieser Spannungen nicht korrekt sein, müssen Sie das komplette Netzteil ersetzen.

Reset (Zurückstellung) Wenn das Gerät blockiert ist, können Sie auf folgende Weise einen Reset durchzuführen (die Kalibrierungsparameter bleiben dabei erhalten):

- Schalten Sie die Stromversorgung aus und warten Sie ca. 5 Sekunden.
- Schalten Sie bei gedrückter **ENTER**-Taste die Netzversorgung ein. Warten Sie bis in der Anzeige "00" erscheint.

WICHTIG

Einen kompletten Reset erreichen Sie, wenn Sie die Tasten **ENTER** und **CODE** gleichzeitig drücken und dabei die Netzversorgung einschalten.

WICHTIG

Alle Kalibrierungsparameter gehen dabei verloren und müssen erneut eingegeben werden.

12.2.3 Störungen im Vorverstärker oder im Zählrohr beim LB 7410 oder LB 6669

Störungen im Vorverstärker und den Zählrohren können durch übermäßige mechanische oder thermische Belastung verursacht werden. Starke Vibrationen oder Schläge und Temperaturen über 60°C müssen vermieden werden. Falls notwendig sind z. B. Stoßdämpfer bzw. eine Wärmeisolierung zu verwenden.

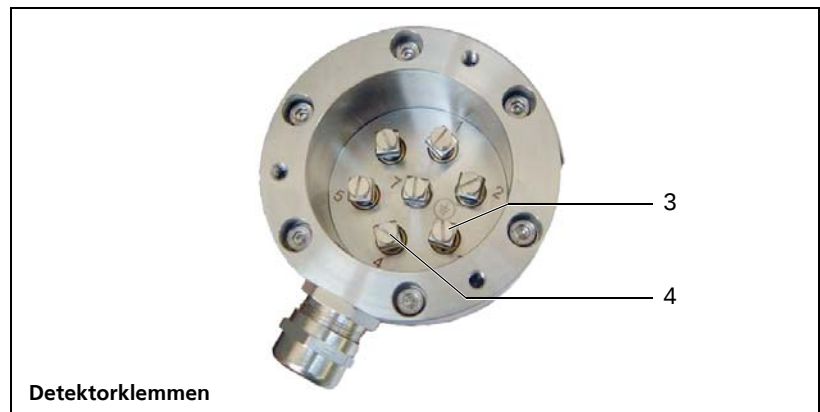
Die folgende Tabelle hilft Ihnen, die Fehler im Vorverstärker oder im Zählrohr zu lokalisieren.

Fehler	Ursache	Ablauf in:
Messwertdrift	Fehler im Vorverstärker oder im Zählrohr	Messung der HV-Referenzspannung auf Seite 93 Plateau-Messung auf Seite 95
Zählrate zu niedrig	Ein Zählrohr ist beschädigt oder eine Leitung hat schlechten Kontakt.	Überprüfung der Zählrate auf Seite 94
Keine Zählrate	Kabel, Vorverstärker oder Zählrohre sind beschädigt	Überprüfung der Vorverstärker und der Zählrohre auf Seite 98

Messung der HV-Referenzspannung

Diese Spannung wird im Vorverstärker LB 2018 bzw. in der Sonde LB 6666 erzeugt. Der Wert liegt außerhalb der Grenzen wenn der Vorverstärker, das Zählrohr oder die HV-Kabel defekt sind. Die Spannung zwischen Detektorklemme 3 und 4 liegt in der Regel zwischen +3,8V und +4,8V.

Die Schwankung darf dabei nicht größer als +/- 0.1V sein.



Überprüfung der Zählrate beim LB 7410

Wenn die Zählrate zu klein ist, kann eines der Zählrohre beschädigt sein, so dass dann lediglich noch ein Zählrohr Impulse bringt. Im Normalfall müssen beiden Detektoren nahezu die gleiche Zählrate liefern. Um herauszufinden welches der Zählrohre defekt ist, müssen Sie die Zählrate jedes einzelnen Zählrohrs überprüfen.

- Trennen Sie dazu eines der Zählrohre vom HV-Teiler, um die Zählrate von nur einem Zählrohr zu erhalten. Dafür öffnen Sie das HV-Teilergehäuse und trennen Sie eines der Zählrohre vom HV-Stecker (die Stecker sind mit einem Bajonettverschluss aufgeschraubt.) Überprüfen Sie, ob die Zählraten beider Zählrohre gleich sind. Um Messfehler durch das Produkt zu vermeiden, versichern Sie sich, dass sich während der Messung der Füllstand im Bunker nicht ändert.

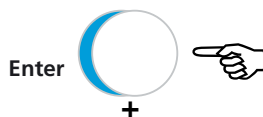


HV-Teiler, nur ein einzelner Detektor ist angeschlossen (siehe auch Abbildung auf Seite 100).

Um die Zählrate zu messen, bedienen Sie die Auswerteeinheit LB 350 wie folgt:

- Wählen sie den *Code 30*.
- Betätigen Sie die Taste **MEASURE**.

Die LED geht aus und das Gerät ist bereit die Zählimpulse zu lesen.



- Betätigen Sie nun gleichzeitig die Tasten **ENTER** und **MEASURE**.

Die LED "Measure" leuchtet und die jeweiligen Zählraten werden gelesen. Warten Sie ca. 60s.

- Halten Sie die Zählratenmessung an, indem Sie die Taste **ENTER** drücken. Lesen Sie nun die Zählrate von der Anzeige ab.
- Wiederhole Sie den Vorgang mit dem zweiten Zählrohr und vergleichen Sie die beiden Zählraten.

Plateaumessung

Wenn die Zählrate noch vorhanden ist aber der Messwert driftet, müssen Sie die Funktion des Vorverstärkers und der Zählrohre durch eine Plateaumessung überprüfen.

Hierzu muss eine Plateau-Kurve aufgenommen werden. Dazu muss die Zählrate bei unterschiedlichen Referenzspannungen aufgenommen werden.

i WICHTIG

Der Füllstand im Bunker darf sich während der Plateaumessung nicht ändern.

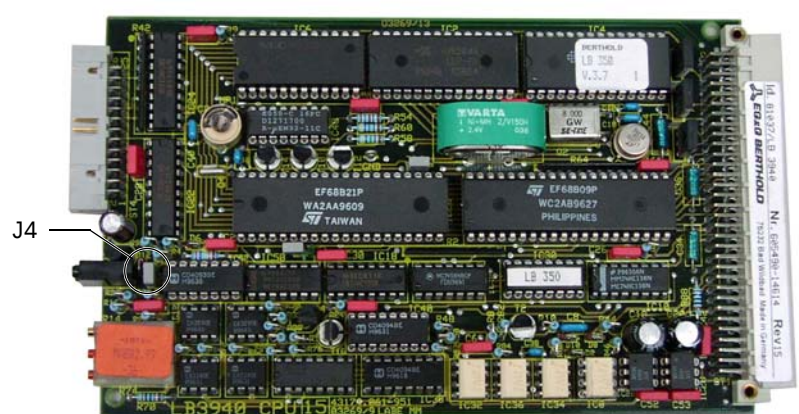
Vorbereitung ► Entfernen Sie die Frontabdeckung der Auswerteeinheit LB 350.



LB 350 mit geöffneter Frontabdeckung

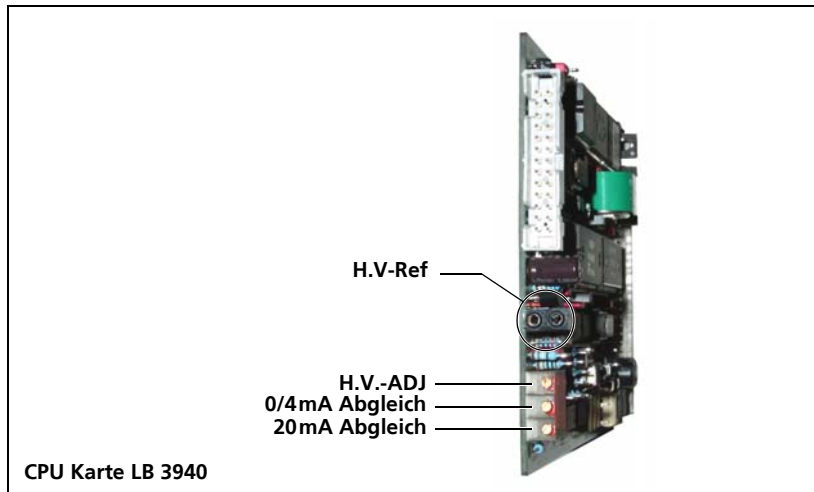


► Schließen Sie die Brücke J4 auf der CPU-Karte LB 3940. Damit wird die HV-Regelung auf manuelle Spannung umgeschaltet.



CPU Karte LB 3940

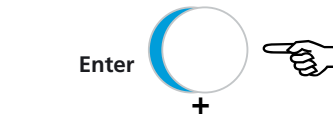
- ▶ Schließen Sie ein DC-Voltmeter an die Testbuchse die im Bild mit H.V-REF gekennzeichnet ist. Sie messen dort eine HV Referenzspannung zwischen 2 bis 5 VDC. Diese HV-Spannung kann durch das Potentiometer H.V.-ADJ geändert werden.
- ▶ Trennen Sie eines der Zählrohre, indem Sie den HV-Anschluss des jeweiligen Zählrohres im HV -Teilergehäuse vom Y-Stecker abtrennen.



Aufzeichnung des Plateaus

- ▶ Schalten Sie das Messgerät auf Code 30.

Aufnahme der Messwerte



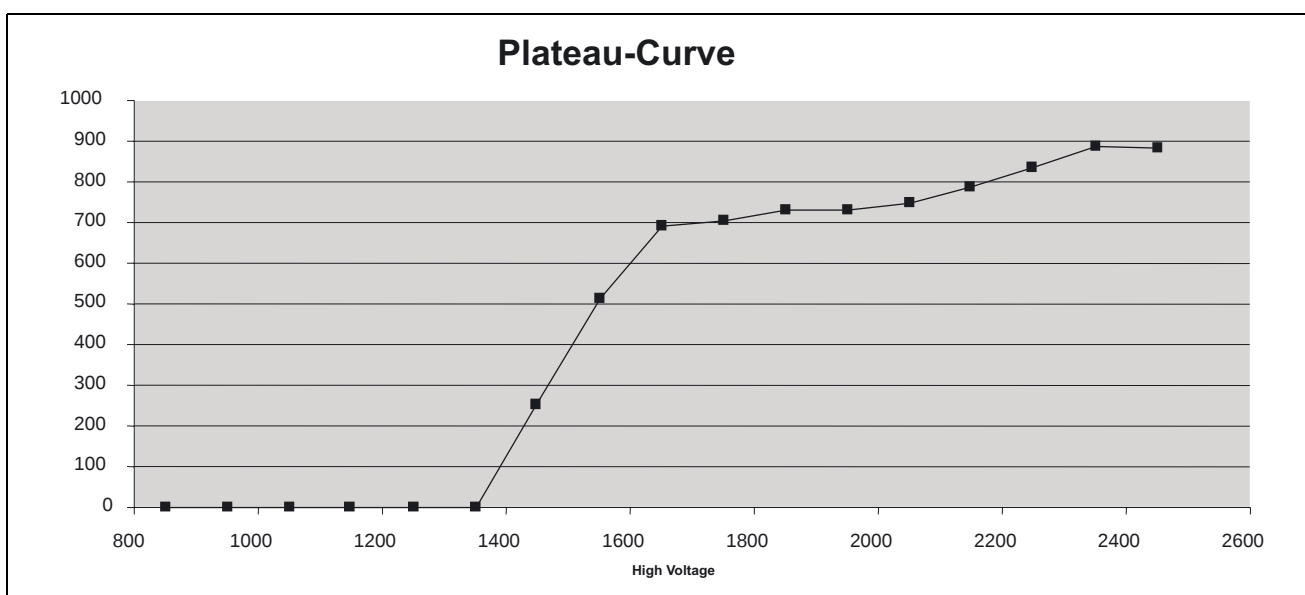
- ▶ Betätigen Sie die Taste **MEASURE**, sodass die LED der Taste ausgeschaltet ist.
- ▶ Ändern Sie nun mit dem Potentiometer H.V.-ADJ. die Referenzspannung auf 3V.
- ▶ Betätigen sie gleichzeitig die Tasten **ENTER** und **MEASURE**. Die LED **MEASURE** leuchtet auf, die Zählrate wird eingelesen und gemittelt. Warten Sie, bis der Messwert beständig geworden ist (ca. 60s).

- ▶ Stoppen Sie dann das Einzählen, indem Sie die Taste **ENTER** drücken.
- ▶ Lesen Sie die Zählrate von der Anzeige ab und zeichnen Sie die Kurve als Funktion der HV-Referenzspannung.
- ▶ Ändern Sie nun mit dem Potentiometer H.V.-ADJ. die Referenzspannung in Schritten von 0,2V (linke Umdrehung bedeutet steigende Spannung).
- ▶ Wiederholen Sie den beschriebenen Vorgang ab „Aufnahme der Messwerte“ so oft, bis Sie 5V erreicht haben.

Die so auf einer x/y Graphik aufgezeichnete Kurve muss ein eindeutiges Plateau haben. Die Zählrate im Plateau darf im Bereich von 0,5V maximal um 5% abweichen. Die Arbeitsspannung im Automatikbetrieb (Brücke J4 offen) muss dann in der Mitte des Plateaus liegen.

Wiederholen Sie dieses Verfahren auch mit dem zweiten ^3He Zählrohr.

Wenn das Plateau entweder zu kurz oder zu steil ist, müssen die Zählrohre oder der Vorverstärker ersetzt werden.



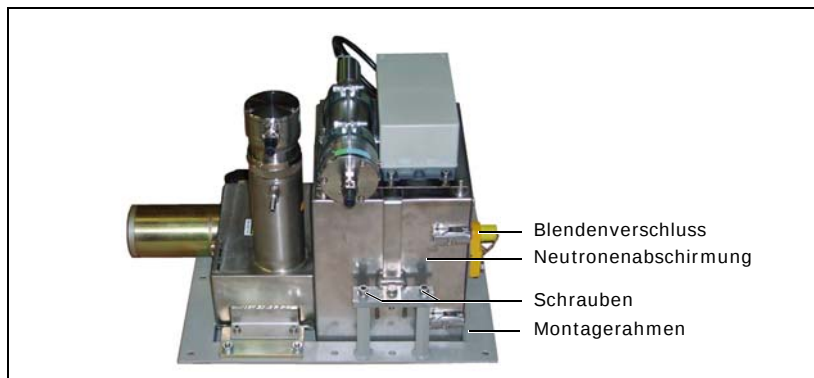
Überprüfung der Vorverstärker und der Zählrohre

Sollte keine Zählrate vorhanden sein, können folgende Ursachen vorliegen:

- Die Spannungsversorgung auf dem Vorverstärker fehlt.
- Der Vorverstärker ist defekt.
- Die Detektoren sind defekt.
- Die Hochspannung hat einen Kurzschluss oder es gibt einen Kontaktfehler in einem der Hochspannungskabel oder der Hochspannungskabelstecker.

Um die mögliche Ursache einzugrenzen, kann das folgende Verfahren durchgeführt werden.

Vorbereitung Ausbau der Zählrohre:



- ▶ Schließen Sie den Blendenverschluss der Neutronenabschirmung.
- ▶ Entfernen Sie die beiden Befestigungsschrauben der Abschirmung.
- ▶ Entfernen Sie die Neutronenabschirmung vom Montagerahmen.



- ▶ Öffnen Sie die 6 Schrauben um den Zählrohrflansch und ziehen Sie die Zählrohre aus der Abschirmung.

Überprüfung Die folgende Überprüfung ist sowohl für den Vorverstärker LB 2018 als auch für die Sonde LB 6666 gültig.

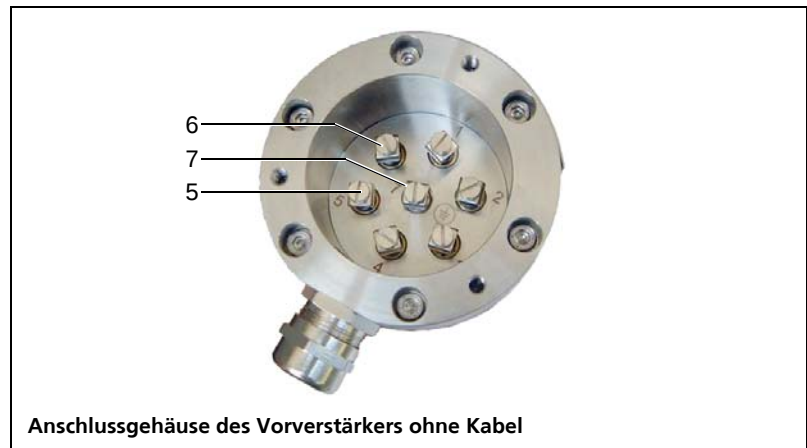
Allerdings kann bei der Sonde LB 6666 lediglich an der Auswerteeinheit gemessen werden, da sie keinen separaten Anschlussraum hat.

- ▶ Schließen Sie das 7-adrige Kabel von der Auswerteeinheit zum Vorverstärker an.
- ▶ Schalten Sie die Stromversorgung der Auswerteeinheit LB 350 ein.

Die HV-Einstellung der Auswerteeinheit muss auf manuelle Hochspannung 4V eingestellt werden.

- ▶ Stecken Sie dazu die Brücke J4 auf der CPU-Karte LB 3940 auf. Stellen Sie die HV-Ref. auf 4V ein (siehe auch Plateauprüfung auf Seite 95).

Überprüfung der Versorgungsspannungen am Vorverstärker:



Folgende Spannungen müssen anliegen:

Zwischen Klemme 5 und 7: +15V DC +/- 10%

Zwischen Klemme 6 und 7: -15V DC +/- 10%

Überprüfung der Hochspannung am Vorverstärker:

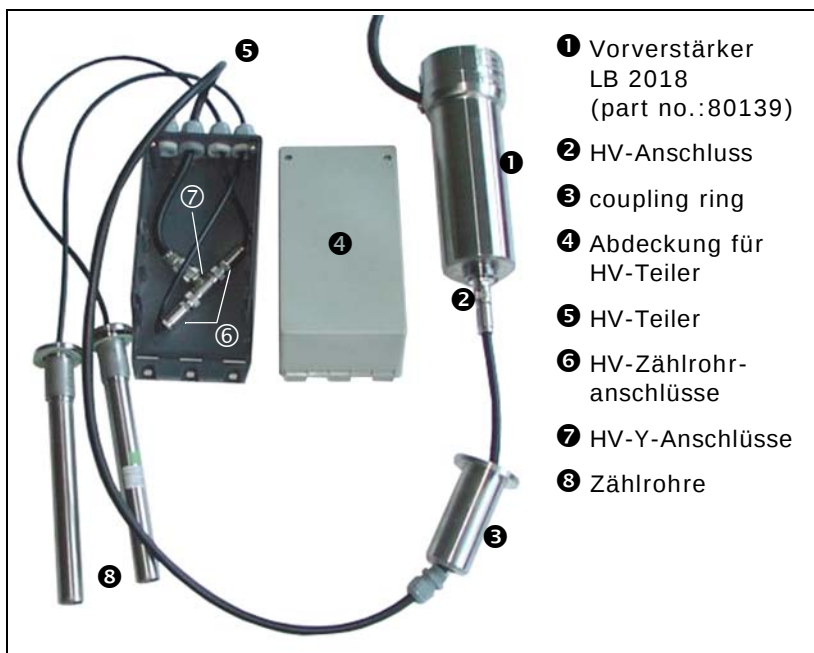


VORSICHT

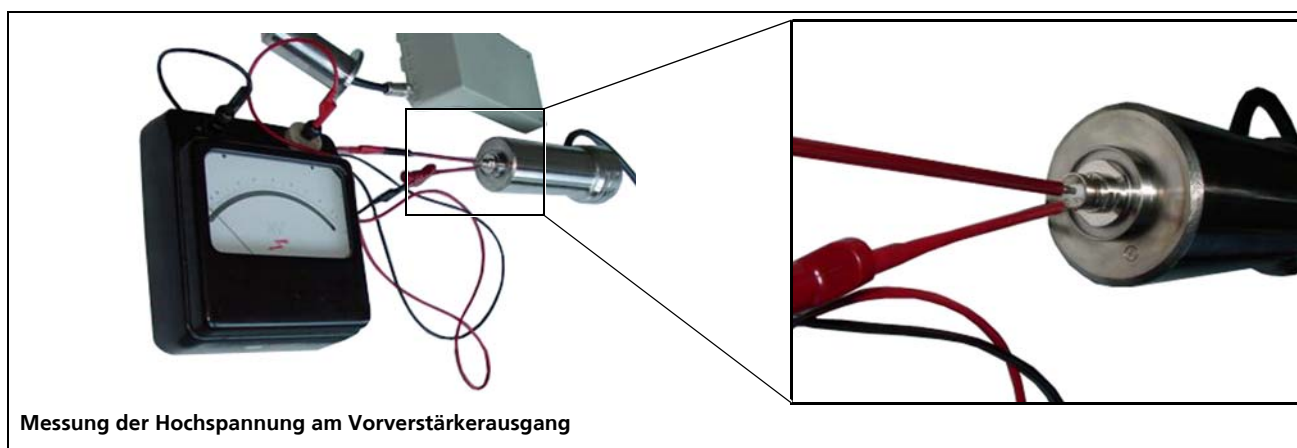
Der Vorverstärker erzeugt eine Hochspannung von 2000V.

i WICHTIG

Für diese Messungen dürfen Sie die im Bild gezeigten Teile nicht von der Abschirmung LB 7410 abbauen.



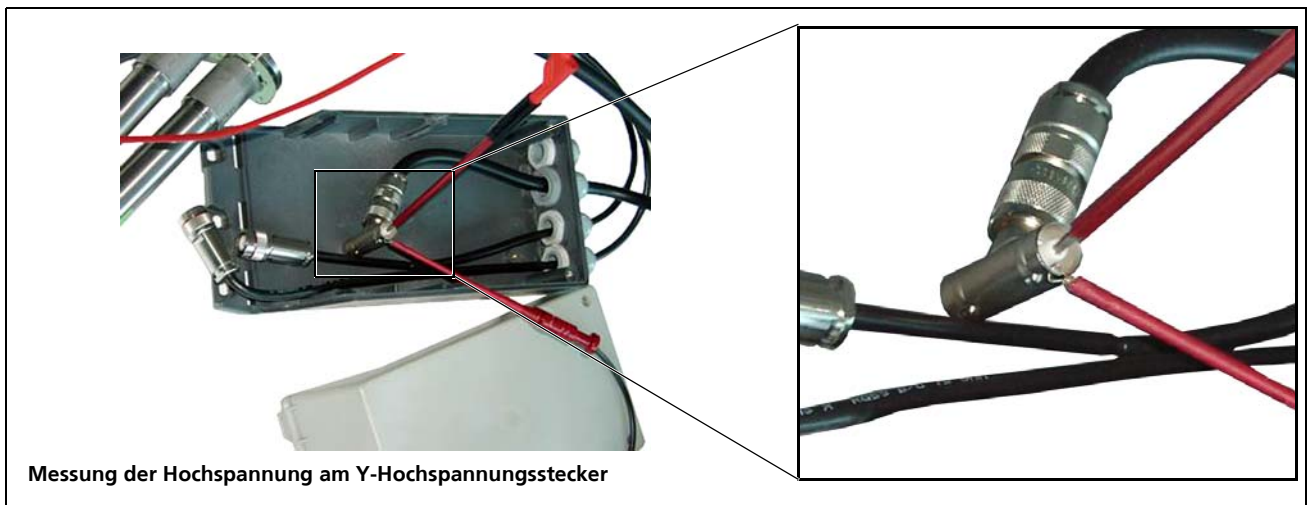
- ▶ Trennen Sie den Vorverstärker von der Stromversorgung.
- ▶ Trennen Sie den Hochspannungsanschluss vom Vorverstärker.
- ▶ Stellen Sie die Stromversorgung zum Hochspannungsverstärker wieder her.
- ▶ Messen Sie die Hochspannung am Vorverstärkerausgang. Die Spannung muss $2000\text{VDC} \pm 10\%$ betragen.



Liegt keine oder eine abweichende Spannung an, so ist der Vorverstärker defekt und muss ausgetauscht werden.

Überprüfung der Versorgungsspannung am Hochspannungsverteiler:

- ▶ Trennen Sie den Vorverstärker von der Stromversorgung.
- ▶ Schließen Sie den Hochspannungsstecker wieder an den Vorverstärker an.
- ▶ Trennen Sie die Zählrohre vom Y-HV-Stecker.
- ▶ Stellen Sie die Stromversorgung zum Hochspannungsverstärker wieder her.
- ▶ Messen Sie die Hochspannung am Y-Hochspannungsstecker. Die Spannung muss ebenfalls $2000\text{VDC} \pm 10\%$ betragen.



Liegt keine oder eine abweichende Spannung an, so ist der Y-Hochspannungsstecker defekt und muss ausgetauscht werden.

Überprüfung der Versorgungsspannung bei angeschlossenem Zählrohr:

- ▶ Trennen Sie den Vorverstärker von der Stromversorgung.
- ▶ Schließen Sie ein Zählrohr an den Y-Stecker an.
- ▶ Stellen Sie die Stromversorgung zum Hochspannungsverstärker wieder her.
- ▶ Messen Sie die Hochspannung am Y-Hochspannungsstecker. Die Spannung muss ebenfalls $2000\text{VDC} \pm 10\%$ betragen.
- ▶ Trennen Sie den Vorverstärker von der Stromversorgung.
- ▶ Trennen Sie das Zählrohr und schließen Sie das andere an.
- ▶ Stellen Sie die Stromversorgung zum Hochspannungsverstärker wieder her.
- ▶ Messen Sie die Hochspannung am Y-Hochspannungsstecker. Die Spannung muss ebenfalls $2000\text{VDC} \pm 10\%$ betragen.



Messung der Hochspannung bei angeschlossenem Zählrohr

Liegt bei einem der Zählrohre keine oder eine abweichende Spannung an, so ist das Zählrohr defekt und muss ausgetauscht werden.

Elektronik aus der Sonde LB 6666 ausbauen

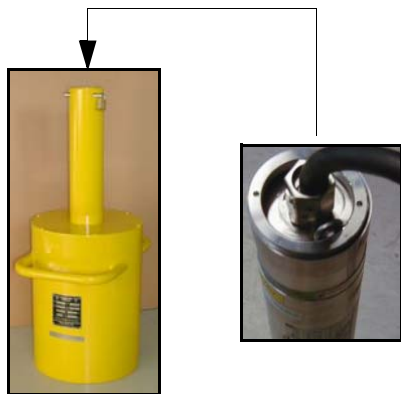
Wird ein Defekt an der Sonde festgestellt, dann muss die Sondenelektronik zur Reparatur zu BERTHOLD TECHNOLOGIES geliefert werden. Der Strahler, der sich ebenfalls in der Sonde befindet, darf dabei nicht mitgeliefert werden.

Bauen Sie daher die Elektronik folgendermaßen aus der Sonde aus:

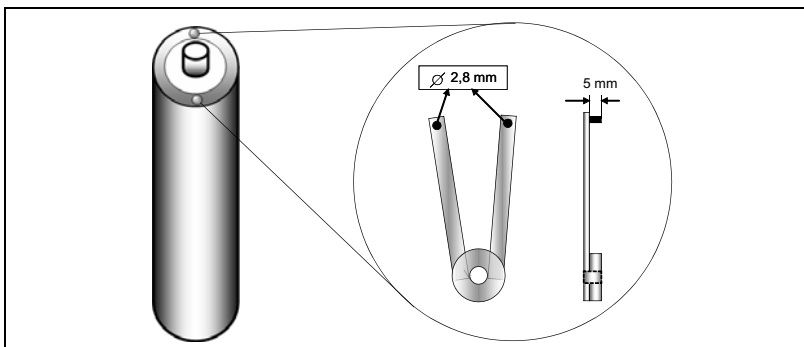
ACHTUNG

Während des Ausbaus muss die Sonde im Abschirmbehälter belassen werden, damit der Strahlenschutz gewährleistet ist.

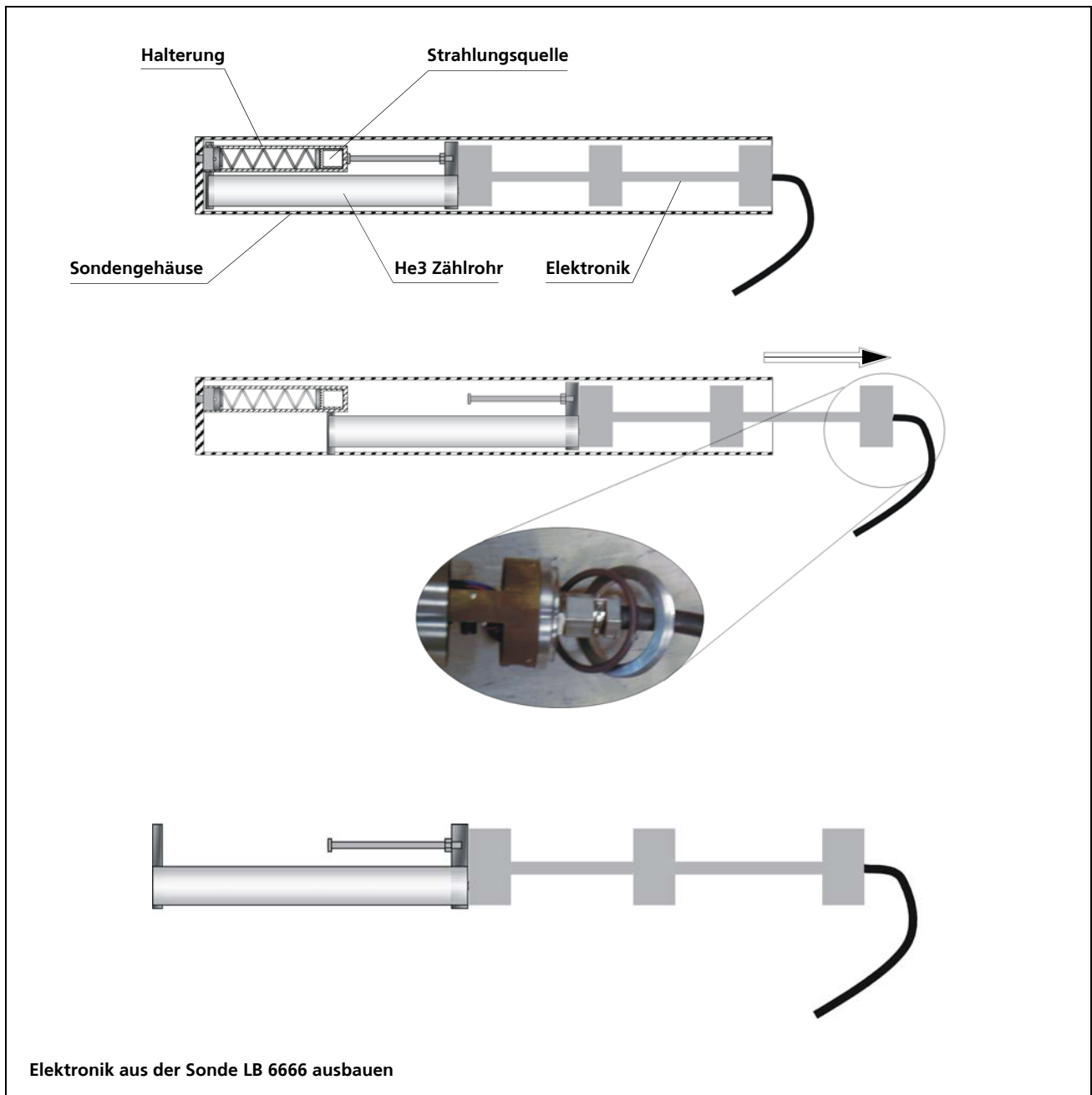
Nachdem die Elektronik ausgebaut ist, ist das Sondengehäuse in der Abschirmung zu belassen und die Abschirmung in einem verschlossenen Raum aufzubewahren.



- ▶ Um den Verschlussring an der Sonde öffnen zu können, müssen Sie die Sonde mit Hilfe des Kabels in der Abschirmung leicht anheben.
- ▶ Öffnen Sie die Sonde mit einem Stirnlochschlüssel.



- Ziehen Sie die Elektronik aus der Sonde.



Abgleich des Stromausgangs an der Auswerteeinheit LB 350

Mit dem Potentiometer 0/4 mA kann der untere und mit dem Potentiometer 20 mA auf der CPU-Karte LB 3940 kann der obere Wert des Stromausganges abgeglichen werden (siehe Abb. auf Seite 96).

Zum Abgleich müssen Sie den Testimpulsgenerator *Code 45* verwenden. In den Testimpulsgenerator muss dann die jeweilige Zählrate eingegeben werden, um das obere bzw. untere Messbereichs-ende zu simulieren.

Die Zählraten können mit folgender Formel ermittelt werden:

$$I = \frac{F - C40}{C41}$$

I: Zählrate

F: Feuchteanzeige

C40: Offset von Code 40

C41: Faktor von Code 41

Beispiel:

Messbereich: 0 ... 10%

Code 40: -10

Code 41: 0,1

Nach Anwendung obiger Formel berechnen sich folgende Zählraten:

bei 0%: 100 Ips

bei 10%: 200 Ips

Wenn Sie nun 100 Ips in *Code 45* eingeben wird 0% Feuchte angezeigt.

Bei 200 Ips in *Code 45* zeigt das Messgerät 10% Feuchte an.

Um die Anzeigeträgheit zu verkürzen, können Sie die Messung stoppen und danach erneut starten.

Dadurch wird der Messwert sofort richtig angezeigt, ohne dass er sich über die Zeitkonstante langsam dem Endwert nähert.

**WICHTIG**

Nach dem Abgleich unbedingt den Testimpulsgenerator wieder mit dem Eingabewert "0" ausschalten.

13

Technische Daten

Auswerteeinheit LB350	
Aufbau LB350-1	Aluminium-Wandgehäuse, IP 54, Gewicht ca. 10 kg
Aufbau LB350-2	19" Baugruppenträger 3HE, Gewicht ca. 14 kg
Aufbau LB350-3	19" Baugruppenträger 3HE, zur Aufnahme von 2 Messkanälen zur Feuchte-Dichte-Kompensation, Gewicht ca. 19 kg
Hilfsenergie	Wechselspannung: 250/230/125/24 VAC Gleichspannung: 24 VDC (18 - 36 VDC)
Leistungsaufnahme	max. 25 VA
Betriebstemperatur	0°C bis + 50°C (273K bis 323K)
Lagertemperatur	- 40°C bis + 70°C (233K bis 343K)
Analogausgang	Feuchte-Signal: 0/4 - 20mA, potentialfrei, Bürde max. 500Ω
Detektoranschluss	7-adrig, Versorgung (± 15VDC) und Impulsleitung auf separaten Adern
Digitaleingang	Messwert „Halt“ durch externe Kontaktschließung
Digitalausgänge	3 Relaiskontakte für: Sammelstörmeldung, Grenzwert Max, Grenzwert Min., Belastbarkeit max. 250VAC/2A induktionsfrei
Parameter	Einstellung über Code-Nummern
Bedienung	Folientastatur mit 6 Drucktasten
Anzeige	maximal 5-stellig
Detektoren (allg. Daten)	
Zählrohr	³ He-Zählrohr, automatische Driftstabilisierung
Betriebstemperatur	-20 bis +50°C (253K bis 323K)
Lagertemperatur	-40 bis +70°C (233K bis 343K)
Gehäuse	Edelstahl
Kabel	7x1,5mm ² , abgeschirmt, maximale Kabellänge: 1400 m
Feuchte-Bunkersonde LB6666	
Typ LB6666-1	3,7GBq (100mCi) AmBe
Typ LB 6666-2	11,1GBq (300mCi) AmBe
Schutzart	IP 65
Feuchte-Bunkersonde LB6669	
Typ LB6669-1	3,7GBq (100mCi) AmBe (Zählrohr und Vorverstärker getrennt)
Typ LB6669-2	11,1GBq (300mCi) AmBe (Zählrohr und Vorverstärker getrennt)
Schutzart	IP 65
Oberflächen-Feuchtesonde LB7410	
LB7410-13	Verschleißbare Oberflächen-Neutronenabschirmung mit 2 Zählrohren, Gehäuse: Edelstahl, Gewicht ca. 50kg
LB7410-24	wie LB7410-13 aber mit pneumatischem Verschluss, Gewicht ca. 55kg
LB7410-44	wie LB7410-13, in feuerfester Ausführung, Gewicht ca. 90kg
LB7410-55	wie LB7410-44 aber mit pneumatischem Verschluss, Gewicht ca. 95kg
Strahler für LB7410	3,7GBq (100mCi) AmBe oder 11,1GBq (300mCi) AmBe
Dichtekompensation für Durchstrahlung	
Detektor	Sz5 D1 50/50 Szintillationszähler mit Kristall 50x50
Strahler	Cs-137 oder Co-60 je nach Anwendung
Abschirmung	LB7440 oder LB7442
Dichtekompensation für Rückstrahlung	
Detektor	SZ AR 1 44/5 Szintillationszähler mit Kristall 50x50
Strahler	Cs-137 (30mCi)
Abschirmung	Verschleißbare Abschirmung mit Edelstahlgehäuse

14

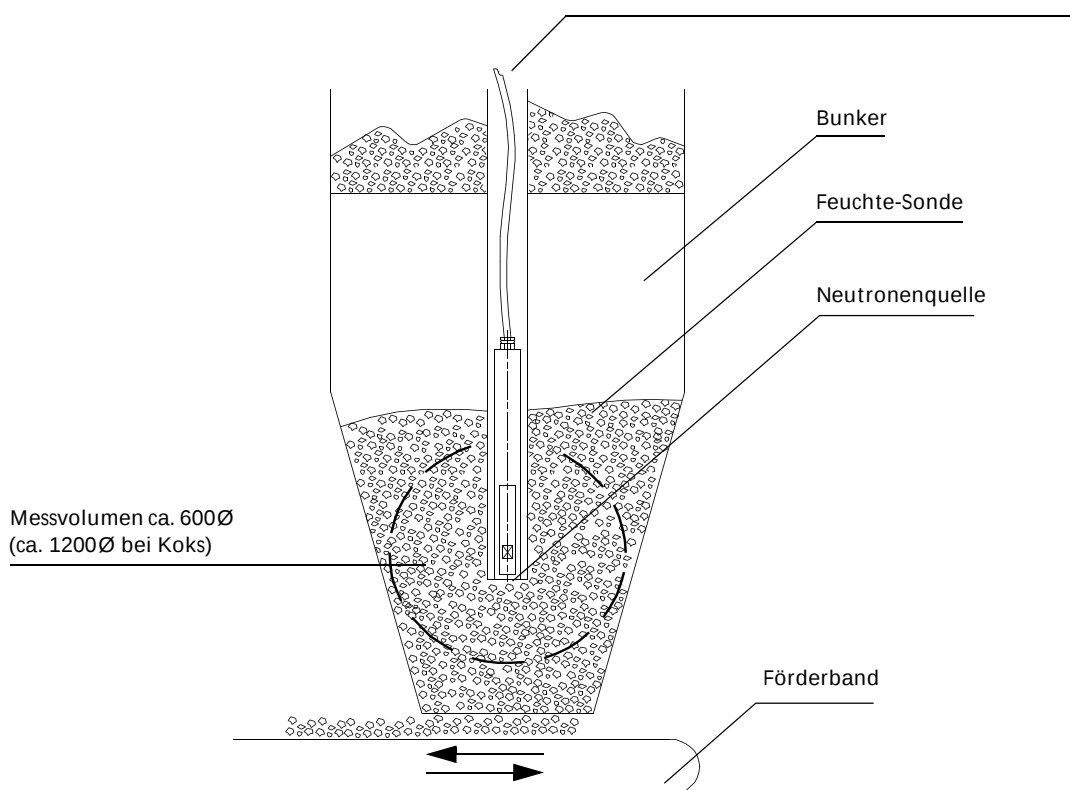
Technische Zeichnungen

14.1 Bunkersonde

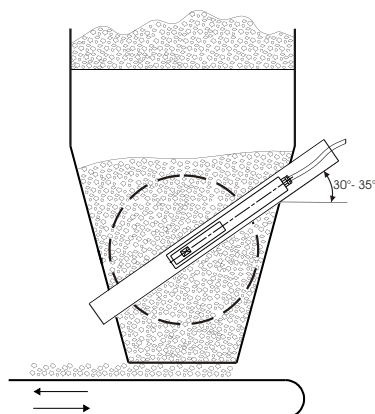
14.1.1 Einbauvariante 1

Senkrechte Einbaulage

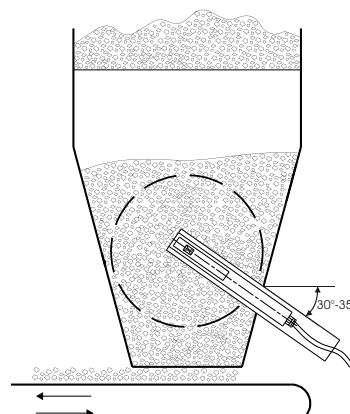
Tauchrohr:
Werkstoff Nr. 1.4571
Innendurchmesser 72-74 mm
Wandstärke max. 5 mm

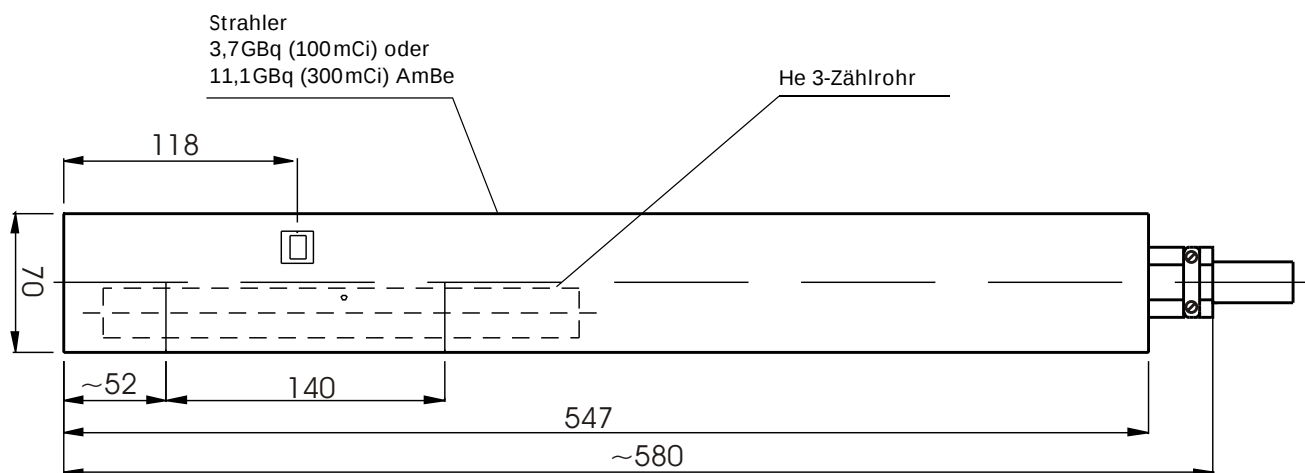


Feuchtesonde schräg eingebaut

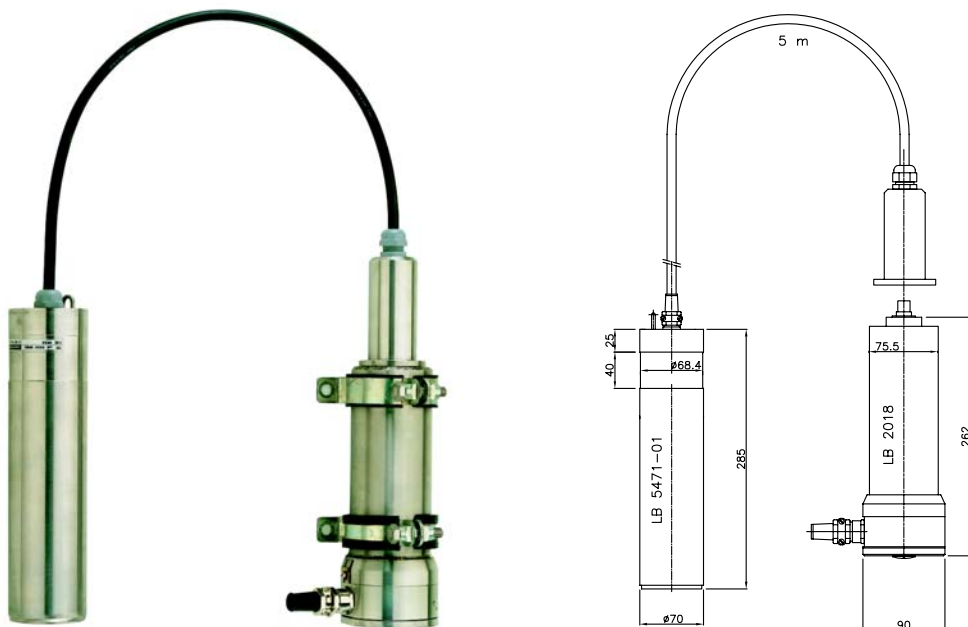


Einbau mit durchgehendem Tauchrohr

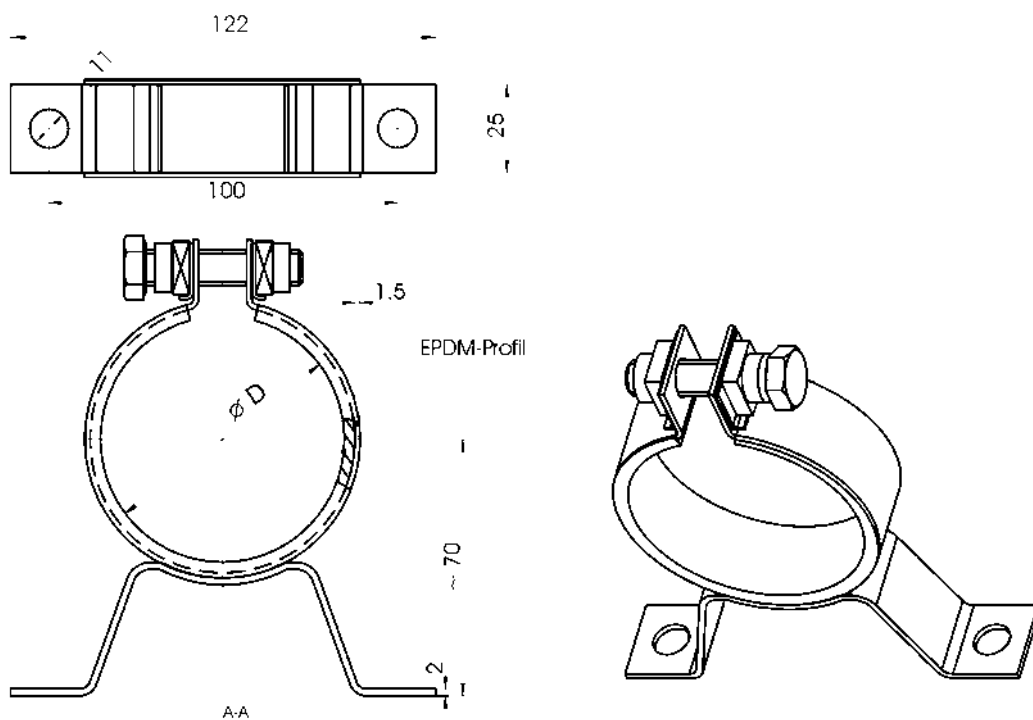


14.1.2 Feuchte-Bunkersonde LB 6666

14.1.3 Feuchtesonde LB 6669

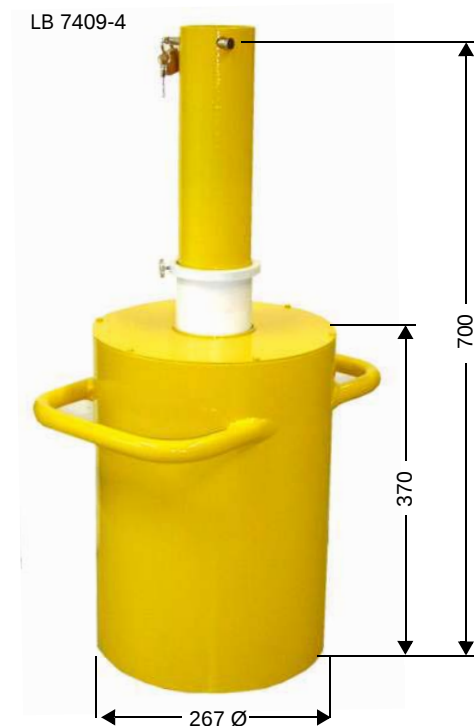
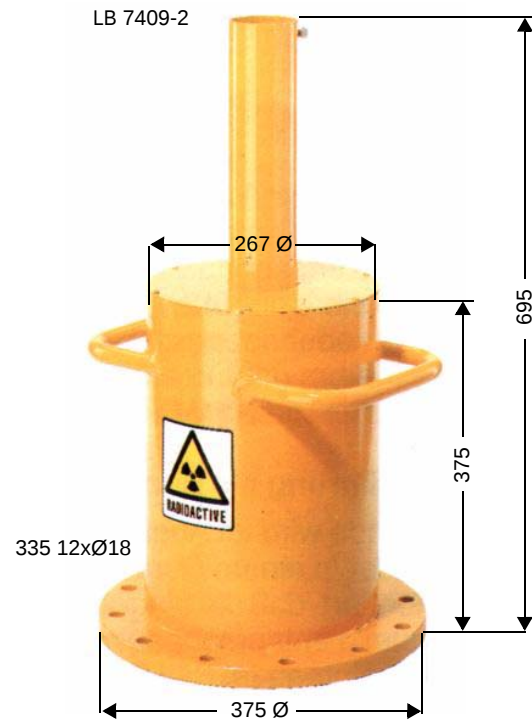


Befestigungsschellen für Vorverstärker LB 2018

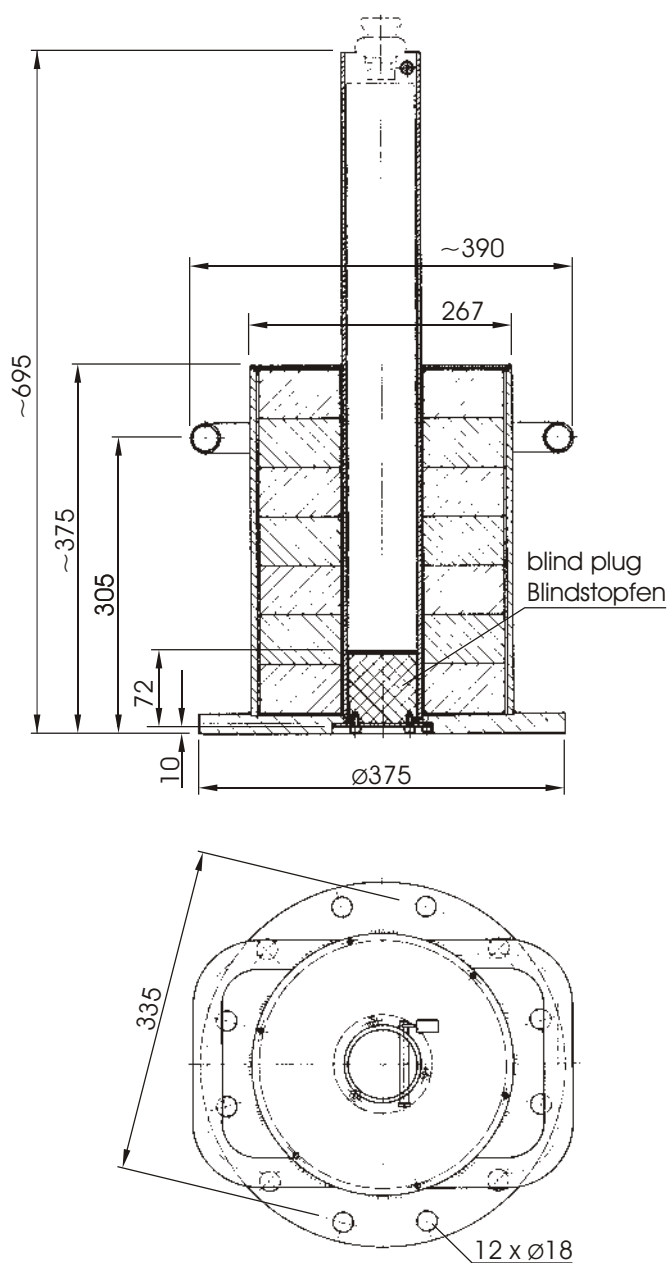


14.1.4 Abschirm- und Transportbehälter

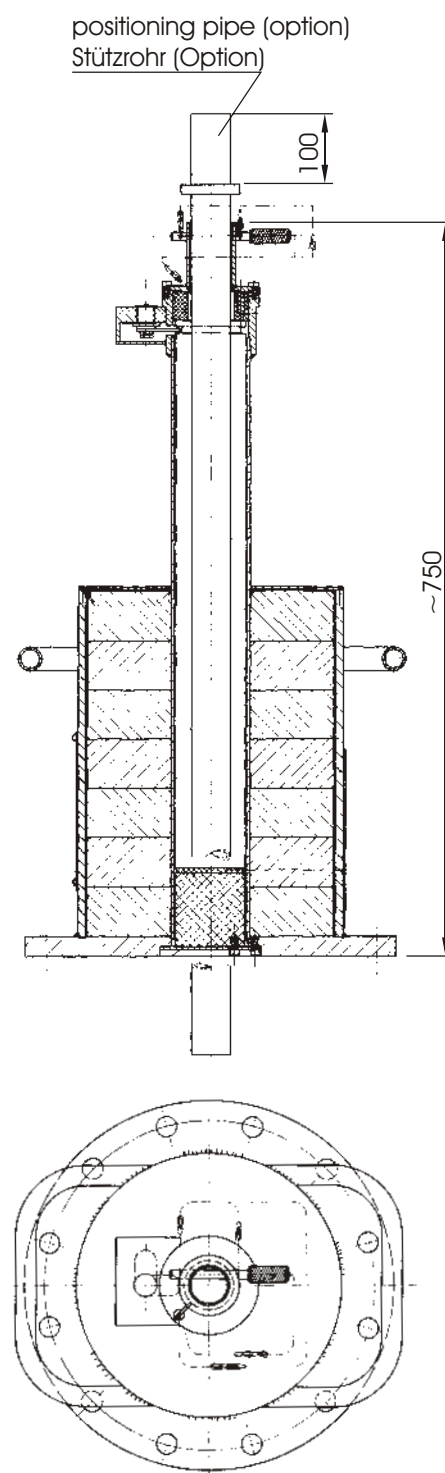
Abmessungen



LB 7409-02

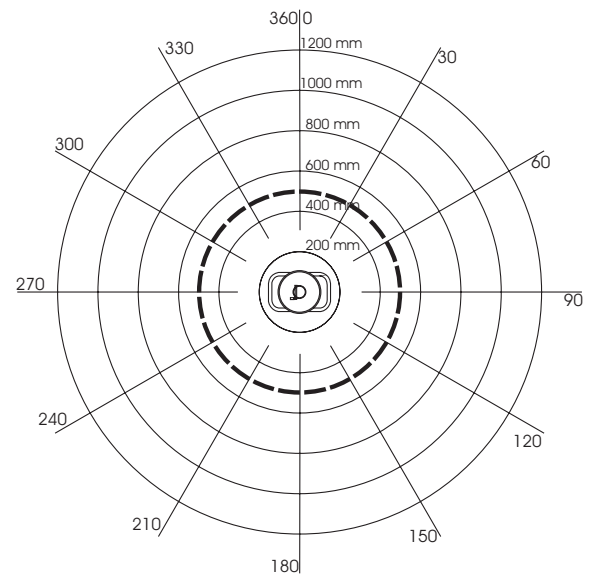
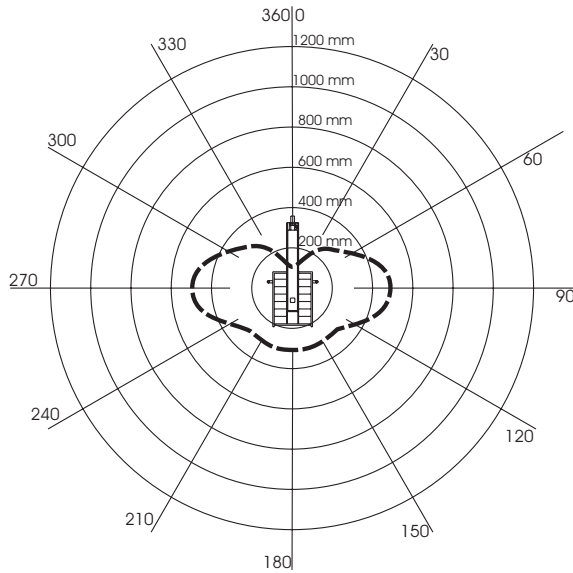


LB 7409-03

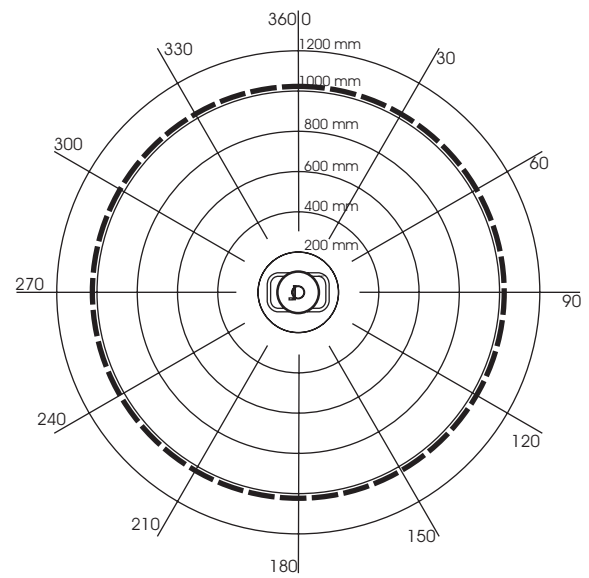
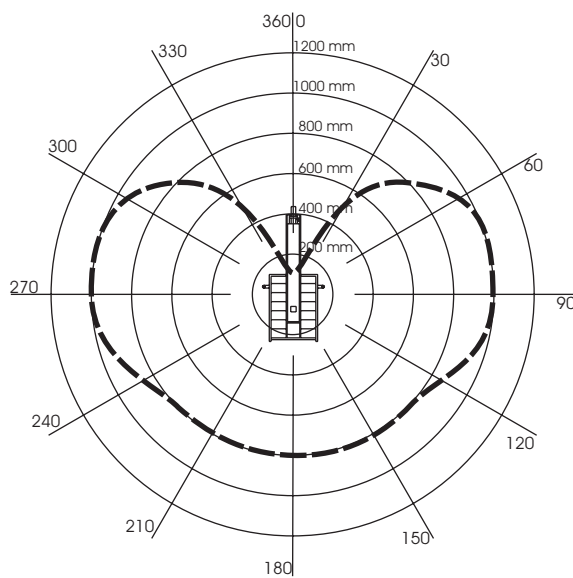


Isodosenkurven für Abschirmung

100 mCi AmBe-241

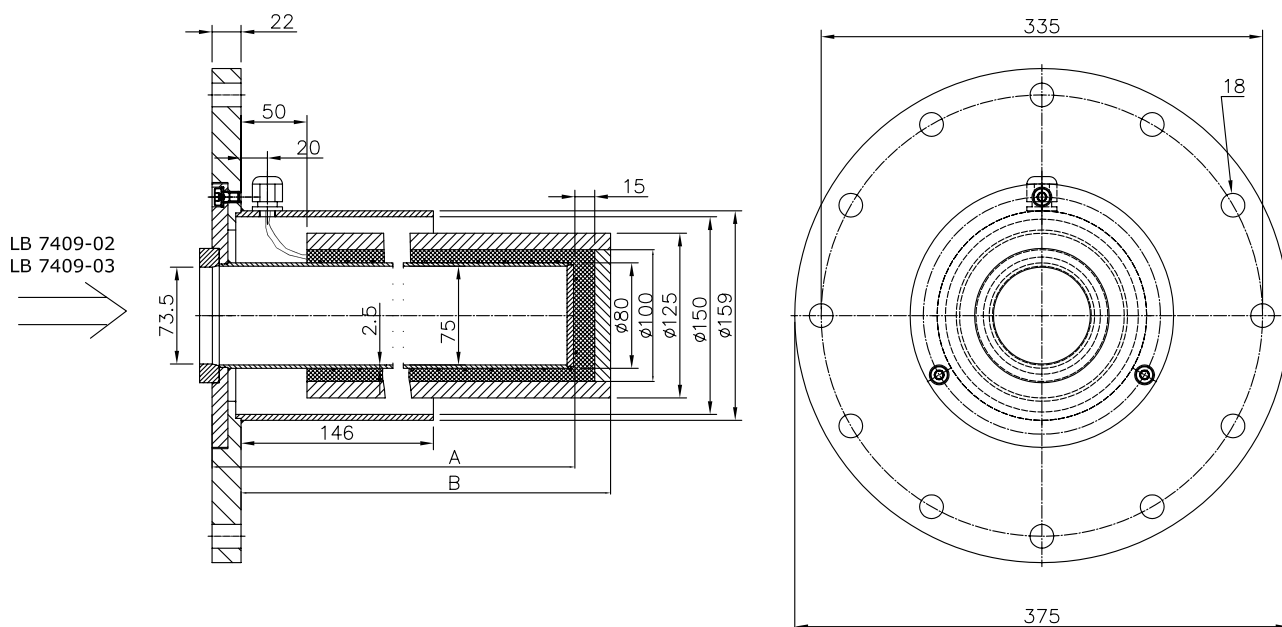


300 mCi AmBe-241



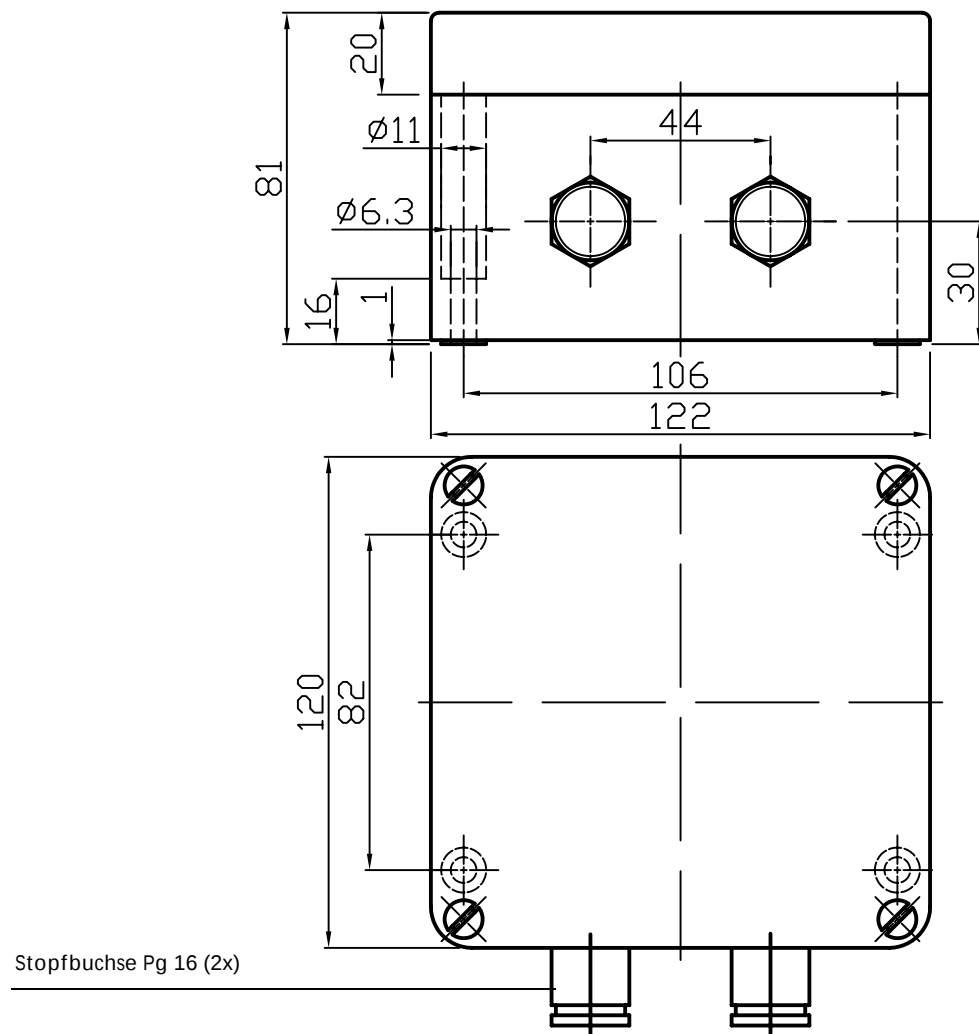
Abstand angegeben für 3 μSv/h
 Abstandsangaben in mm von der Oberfläche des
 Abschirmbehälters

14.1.5 Keramiktauchrohr



Tauchrohr		
ID No.	A	B
34669-01	650	666
34669-02	950	966
34669-03	1250	1266

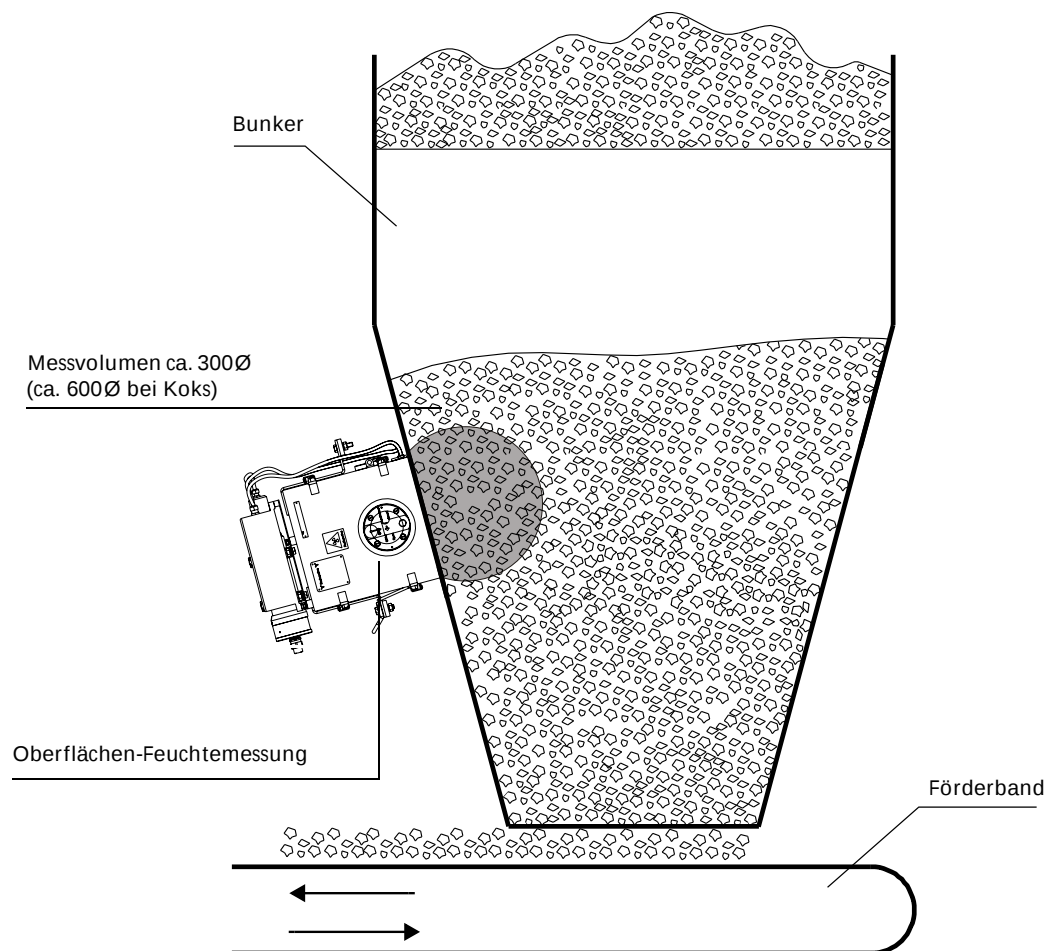
14.1.6 Klemmkasten zum Anschluss der Bunkersonde LB 6666



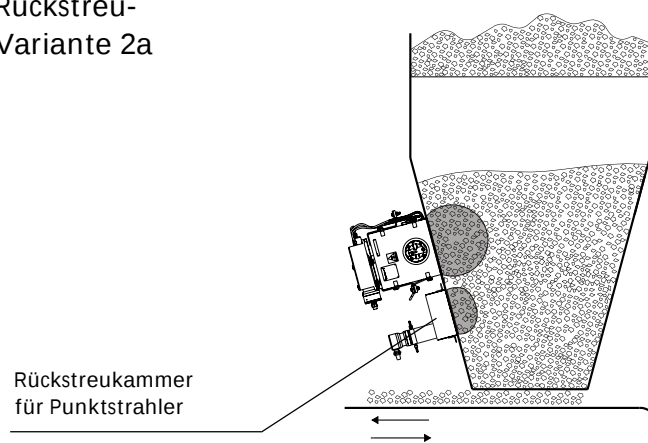
Gewicht: ca. 1150 g
 Farbe: Strukturlack grau, ähnlich RAL 7001
 Material Alu-Druckguss

14.2 Oberflächensonde

14.2.1 Einbauvariante 2

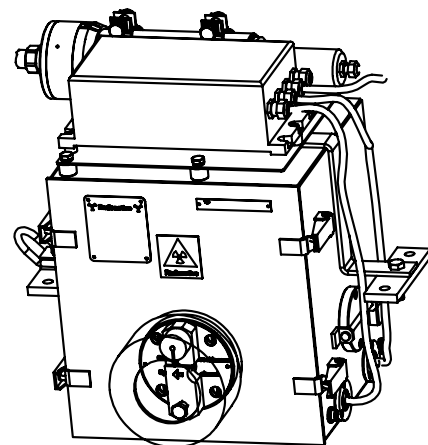
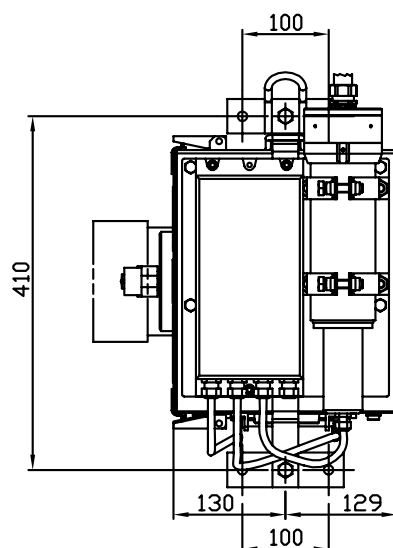
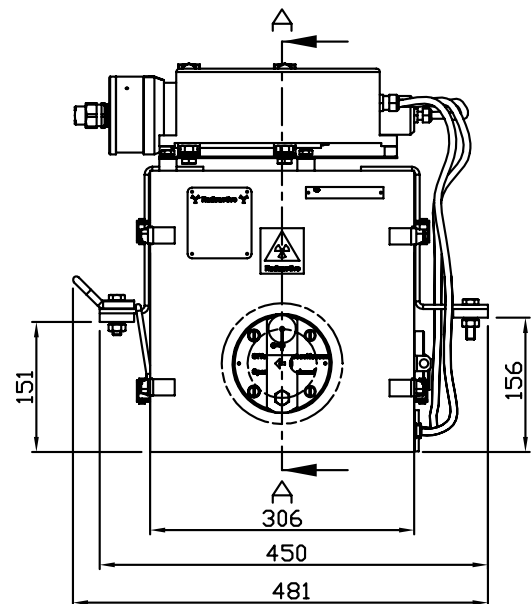
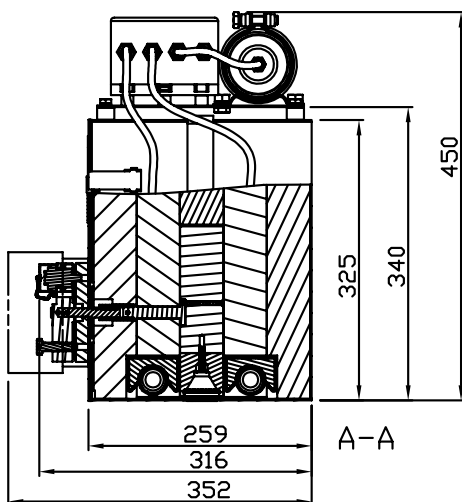


Oberflächenfeuchtemessung mit Rückstreu-
kammer als Dichtekompensation Variante 2a



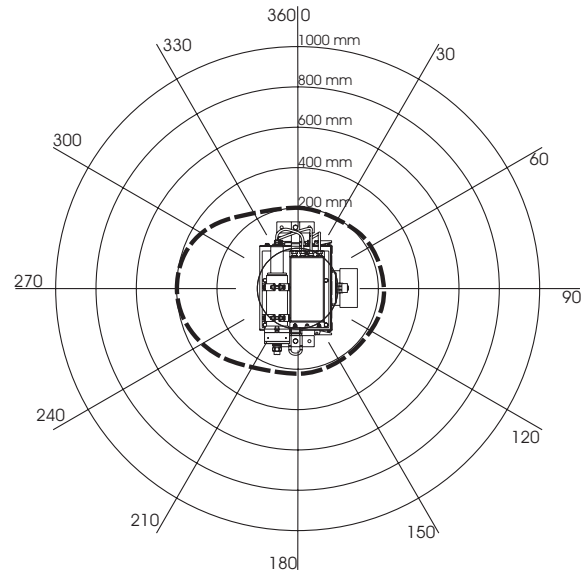
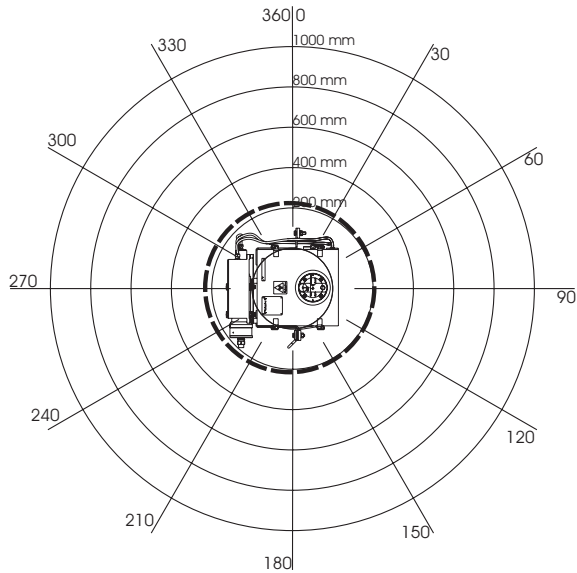
14.2.2 Abschirmung LB 7410

Abmessungen

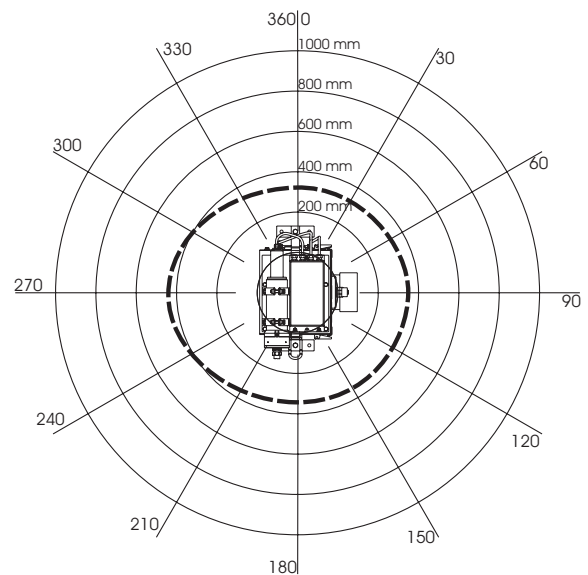
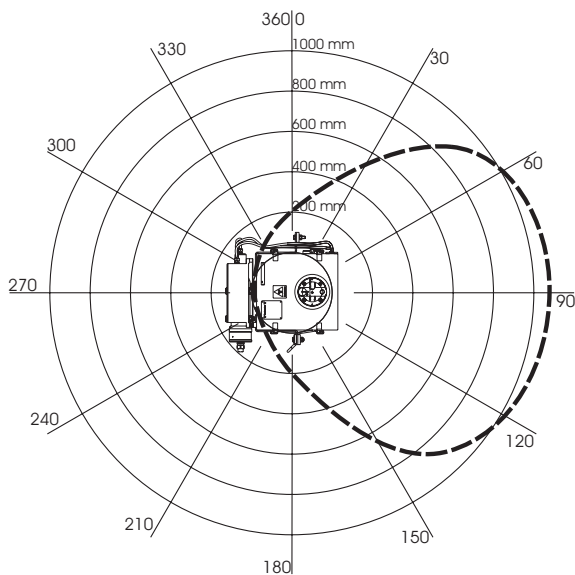


Isodosenkurven für Abschirmung mit 100 mCi

Strahlengang geschlossen



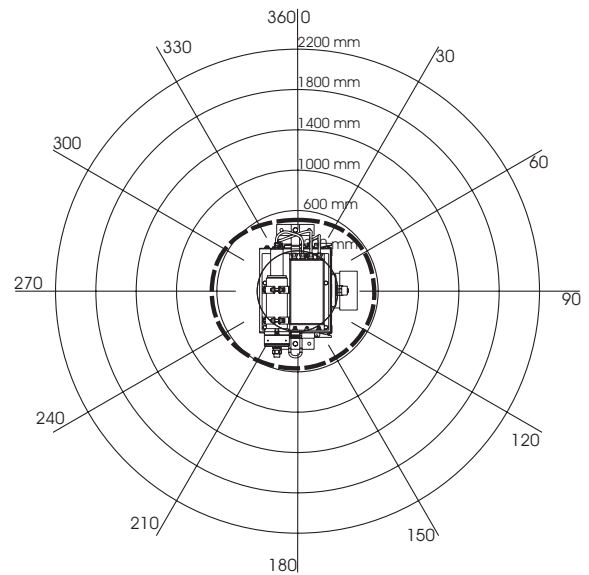
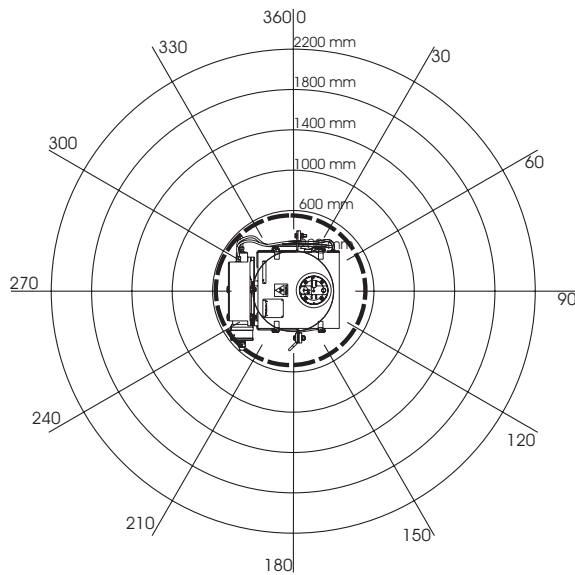
Strahlengang offen



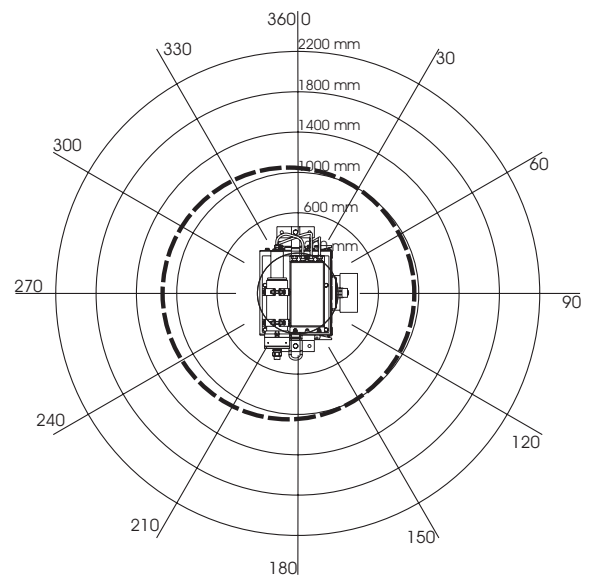
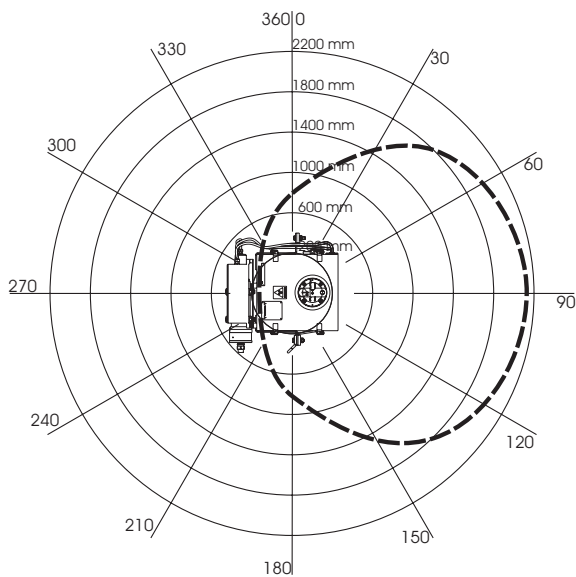
Abstand angegeben für 3 $\mu\text{Sv/h}$
 Abstandsangaben in mm von der Oberfläche des
 Abschirmbehälters
 Strahleraktivität 100 mCi / 3700MBq AmBe-241

Isodosenkurven für Abschirmung mit 300 mCi

Strahlengang geschlossen



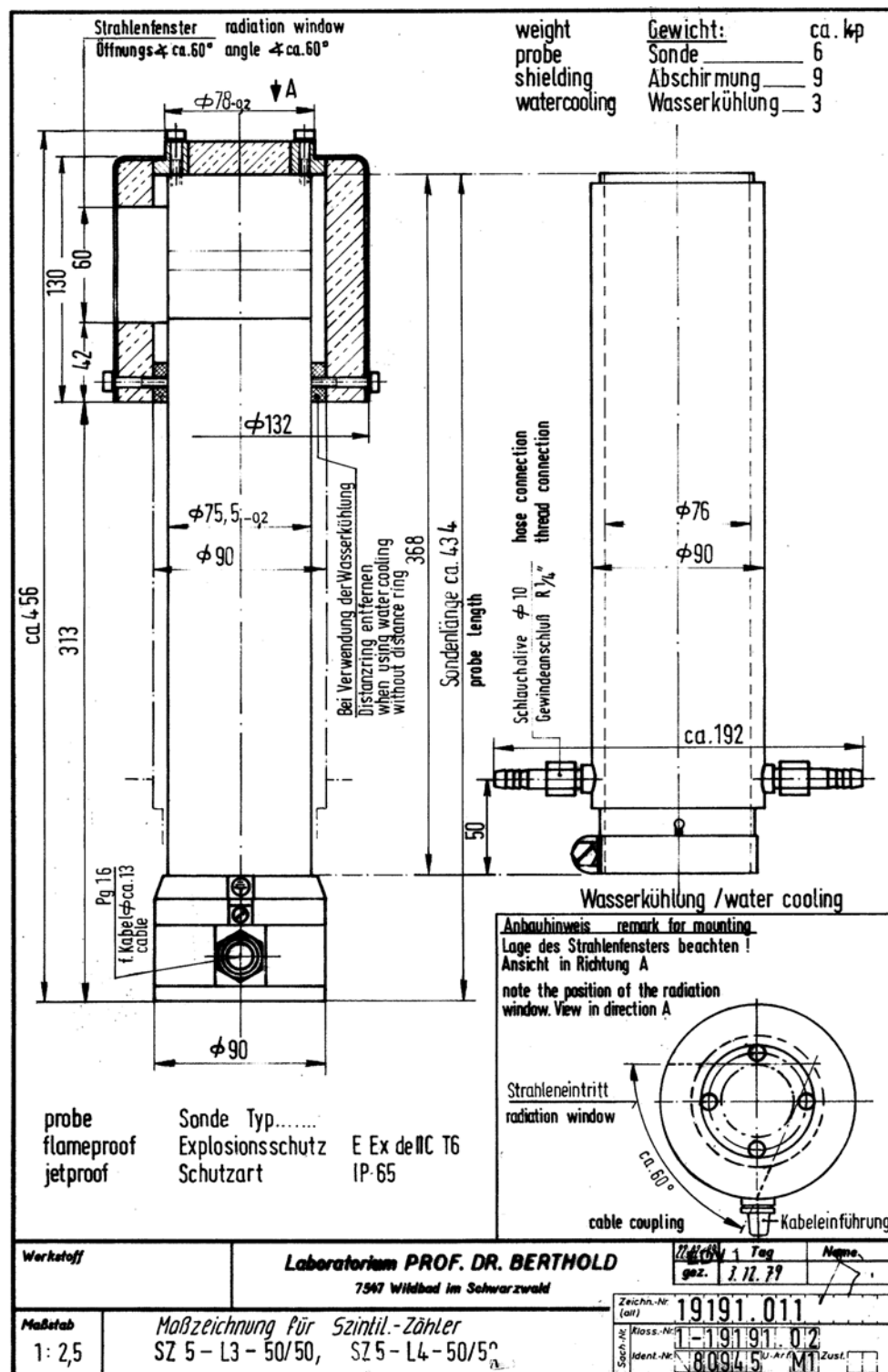
Strahlengang offen



Abstand angegeben für 3 $\mu\text{Sv/h}$
 Abstandsangaben in mm von der Oberfläche des
 Abschirmbehälters
 Strahleraktivität 300 mCi / 11100MBq AmBe-241

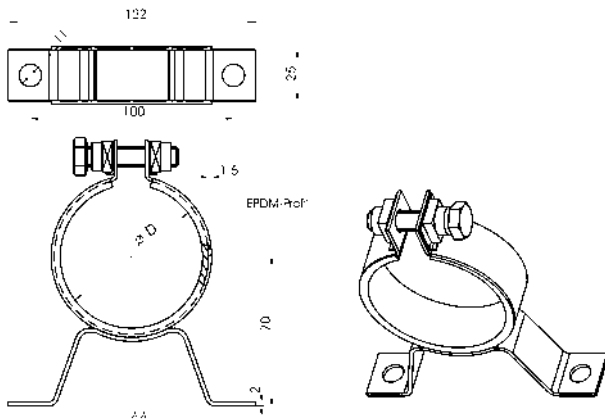
14.2.3 NaI-Detektor

Detektor



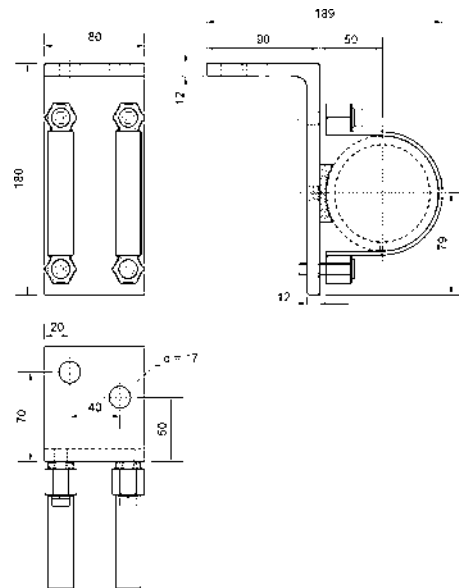
Befestigungsschellen für GM- und NaI-Detektoren

Standard-Schellen



Halterung für Detektor ohne Wasserkühlung D = 75	Halterung für Detektor mit Wasserkühlung D = 90
IDTNR 31346 (1 Satz = 2 Schellen)	IDTNR 31347 (1 Satz = 2 Schellen)

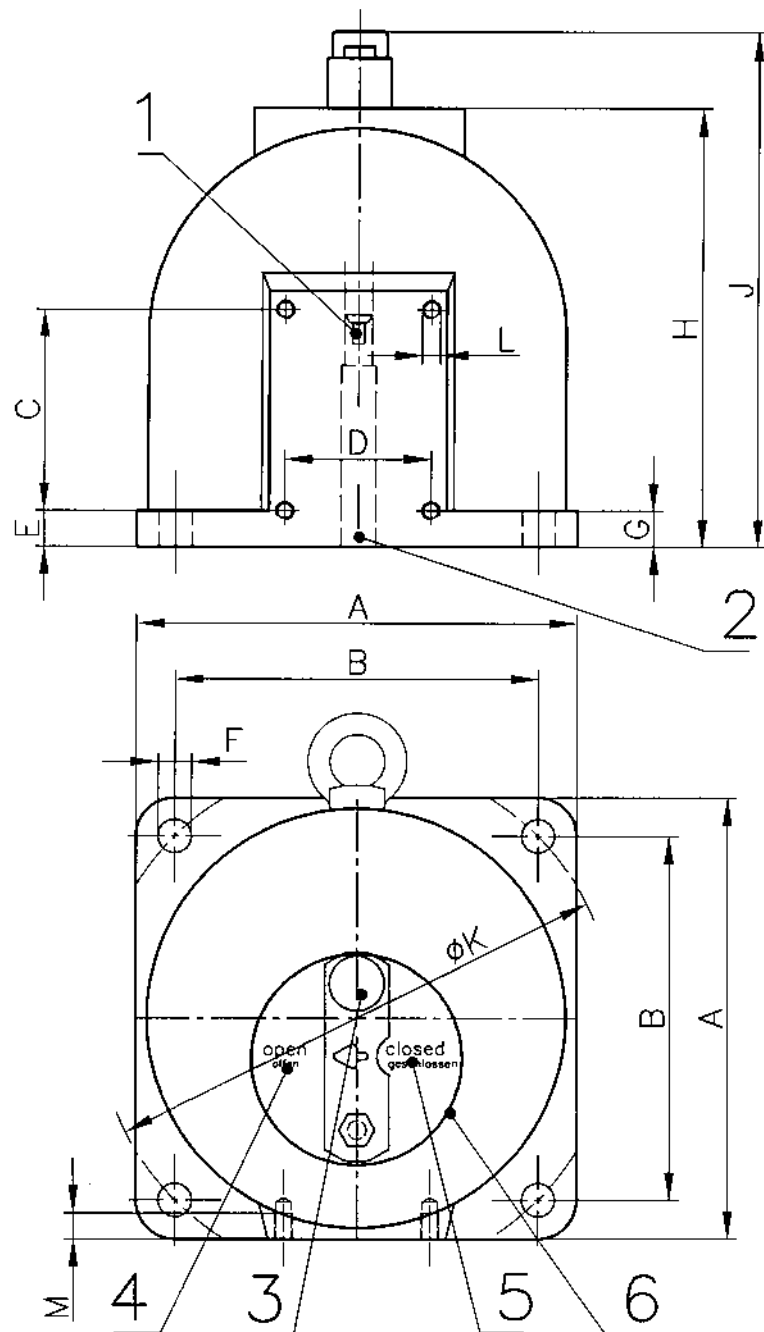
Detektor-Halterung



Halterung für Punktdetektor ohne Wasserkühlung	Halterung für Punktdetektor mit Wasserkühlung
IDTNR 39247 (1 Satz = 2 Schellen)	IDTNR 39247 (1 Satz = 2 Schellen)

Diese Halterung besteht aus zwei Schellen montiert auf einem Winkel. Sie kann als Option anstelle der Befestigungsschellen verwendet werden. Sie bietet den Vorteil eines Winkels, der direkt auf der Konsole angeschweißt oder verschraubt werden kann. Zudem ist die Halterung sehr robust und auf engem Raum einsetzbar. Alle Metallteile dieses Befestigungssatzes sind aus Edelstahl gefertigt.

14.2.4 Punktstrahler-Abschirmung

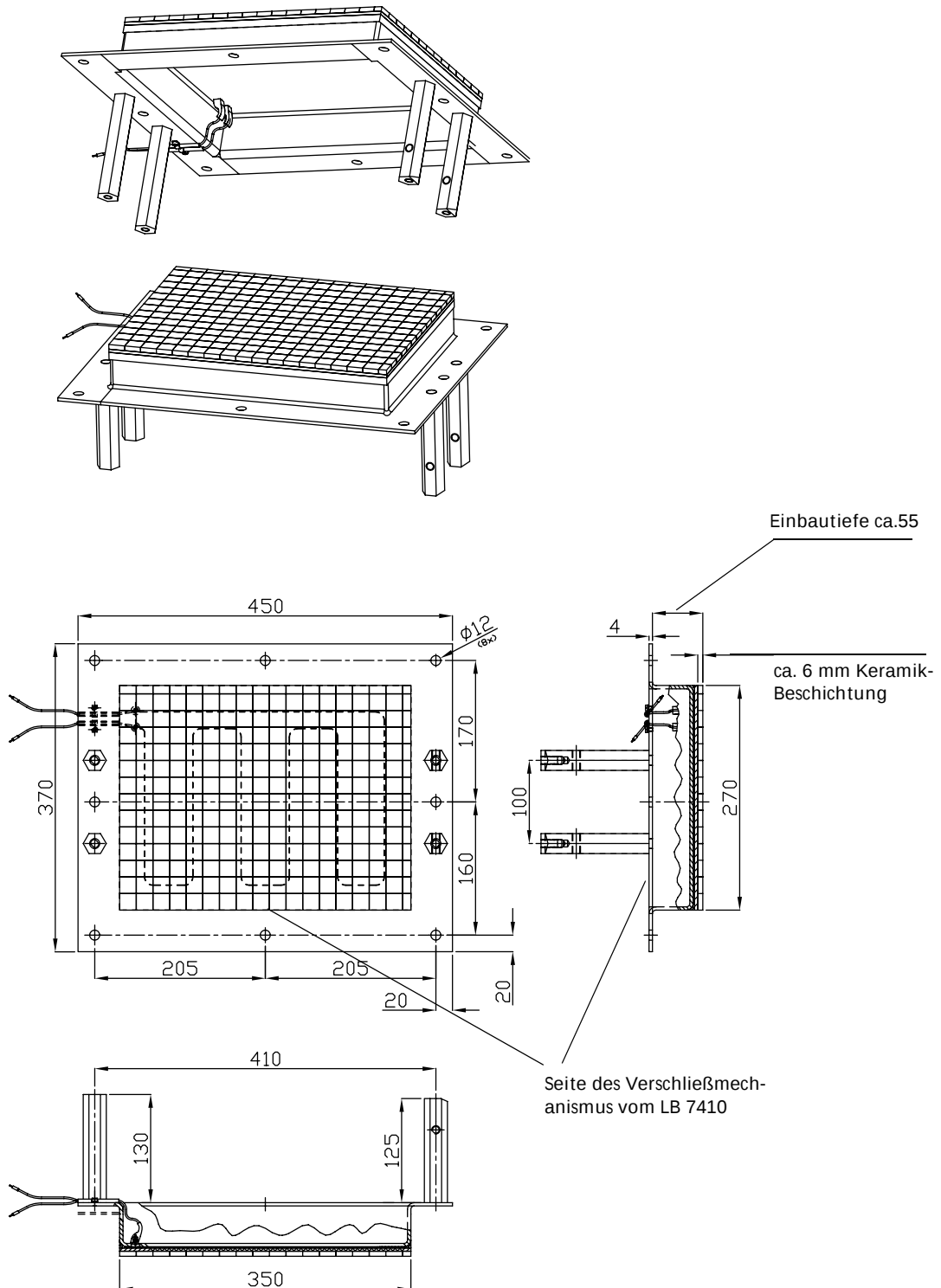


- 1 Punktstrahler
- 2 Strahlenaustritt
- 3 Schloss
- 4 Stellung Auf
- 5 Stellung Zu
- 6 Typenschild

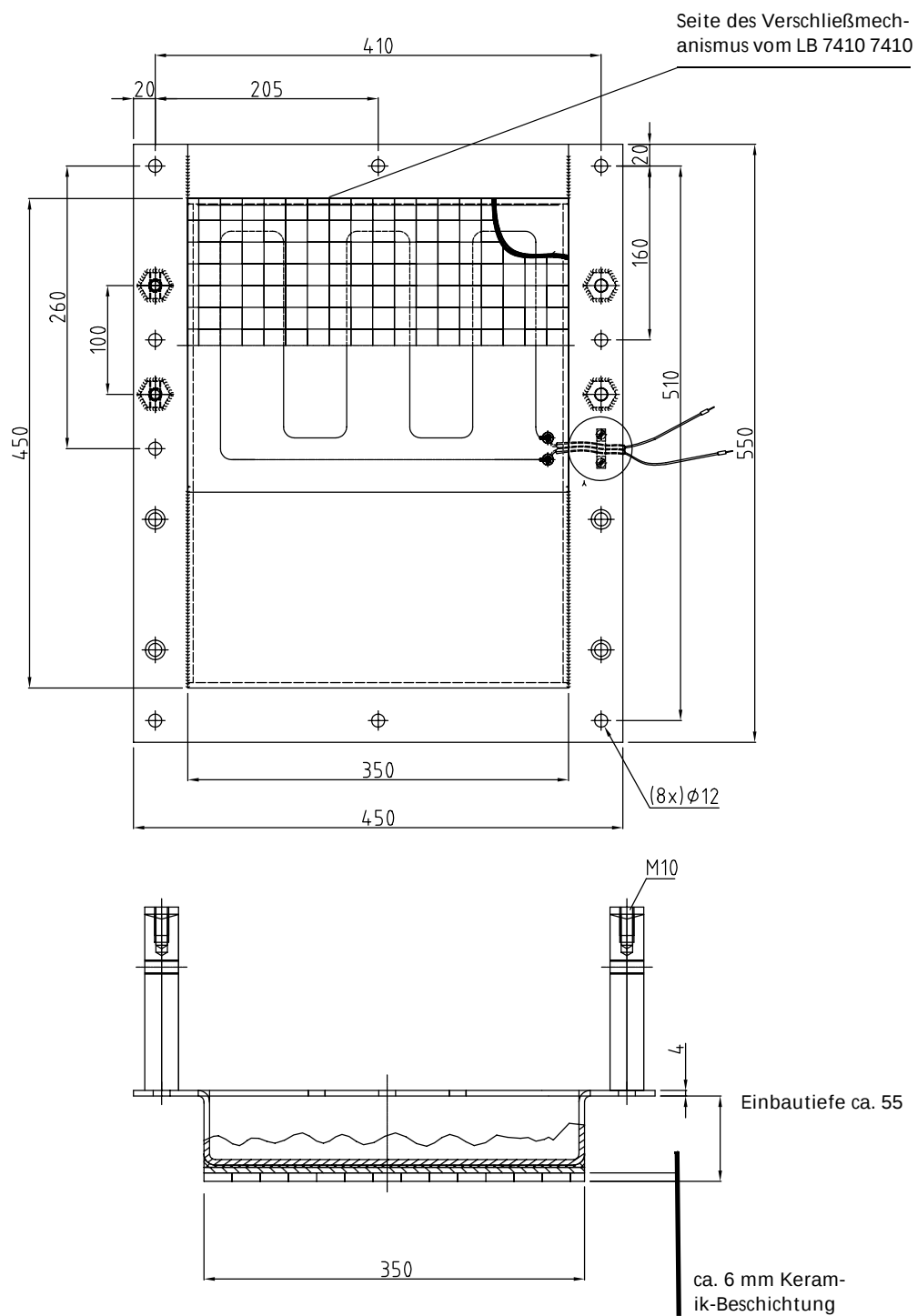
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	Flange	kg
LB7440	180	142	60	60	15	18	20	173	238	200	M8	12	ND125/ PN6	31
LB7442	240	198	110	80	20	18	20	242	306	280	M10	14	ND200/ PN6	81

14.2.5 Montagerahmen für Oberflächen-Sonde

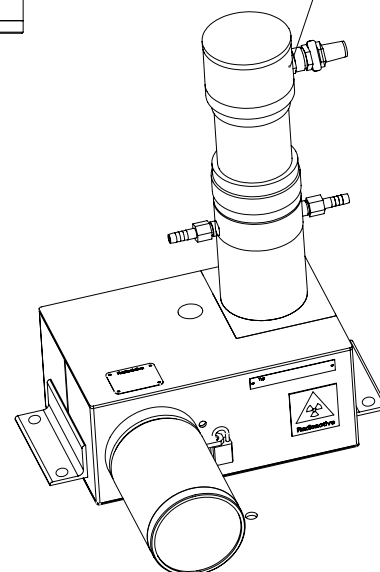
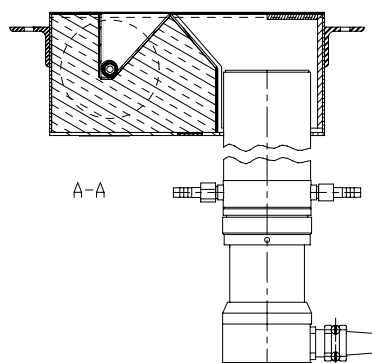
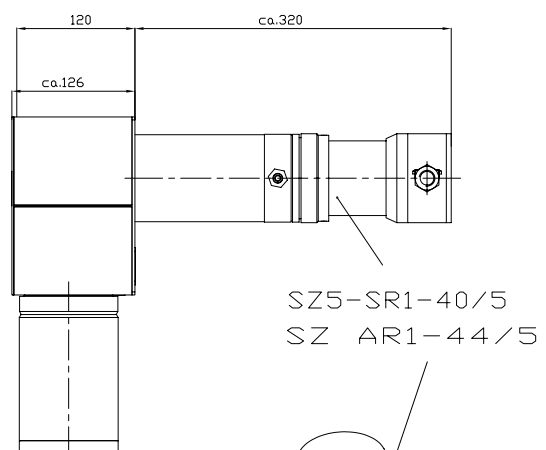
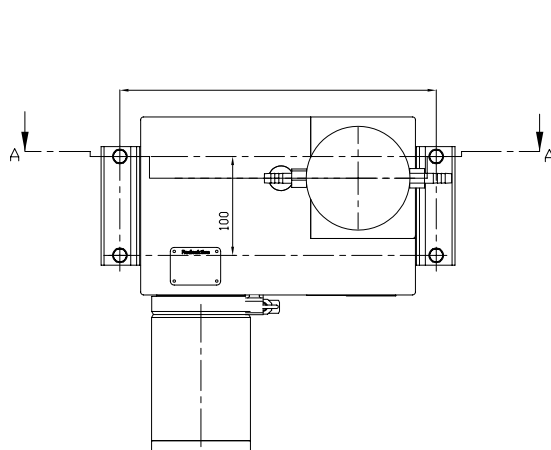
Montagerahmen ohne Dichtekompensation



Montagerahmen ohne Dichtekompensation



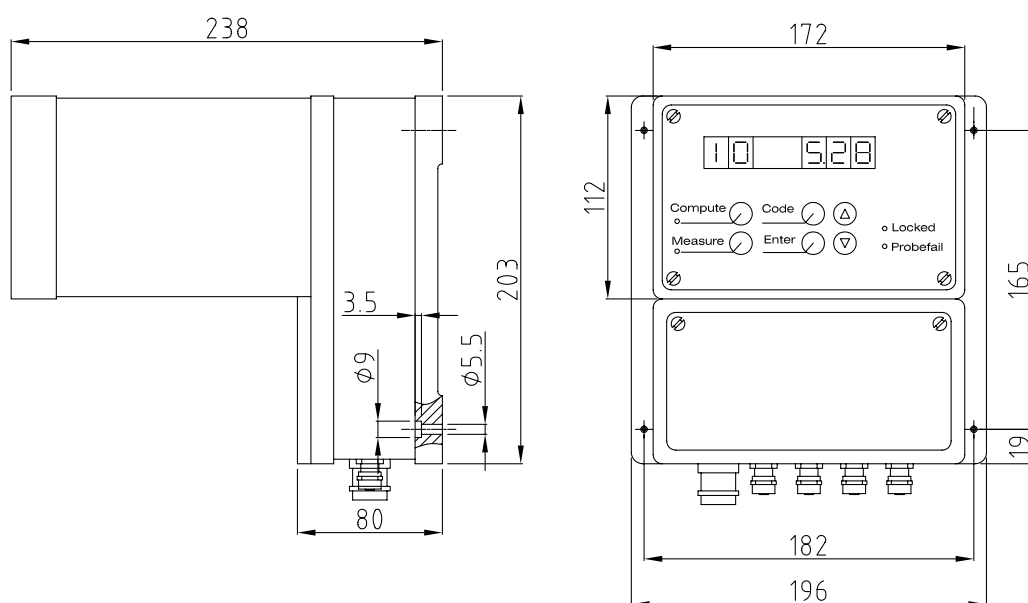
14.2.6 Rückstreuammer für Dichtekompensation



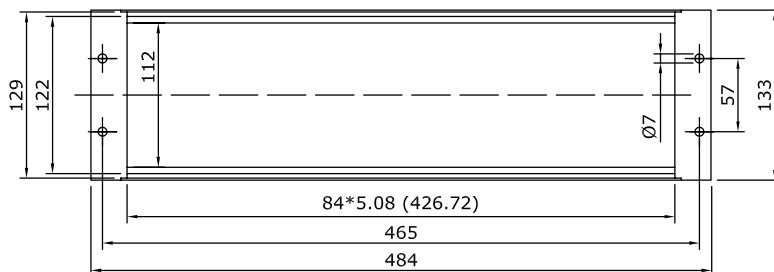
14.3 Auswerteeinheit

14.3.1 Gehäuse

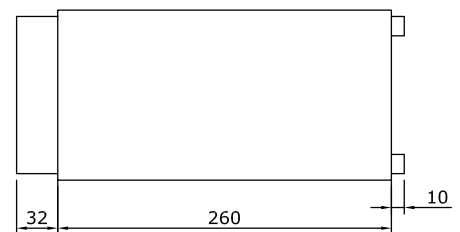
Wandgehäuse



Im 19"-Einschubrahmen (für LB350-2 oder LB350-3)

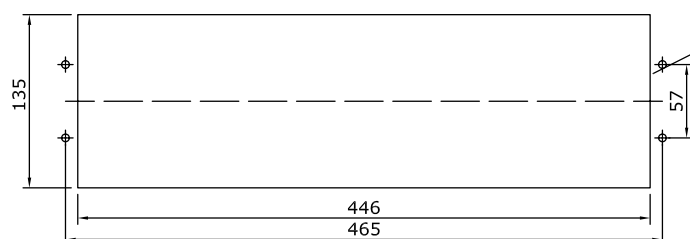


Überhang: Befestigungsschrauben (Frontplatte)= 10 mm
Kabelhalterung (Rückwand) = 32 mm



Additionally: Fasteners = 15 mm
Cable holder = 32 mm

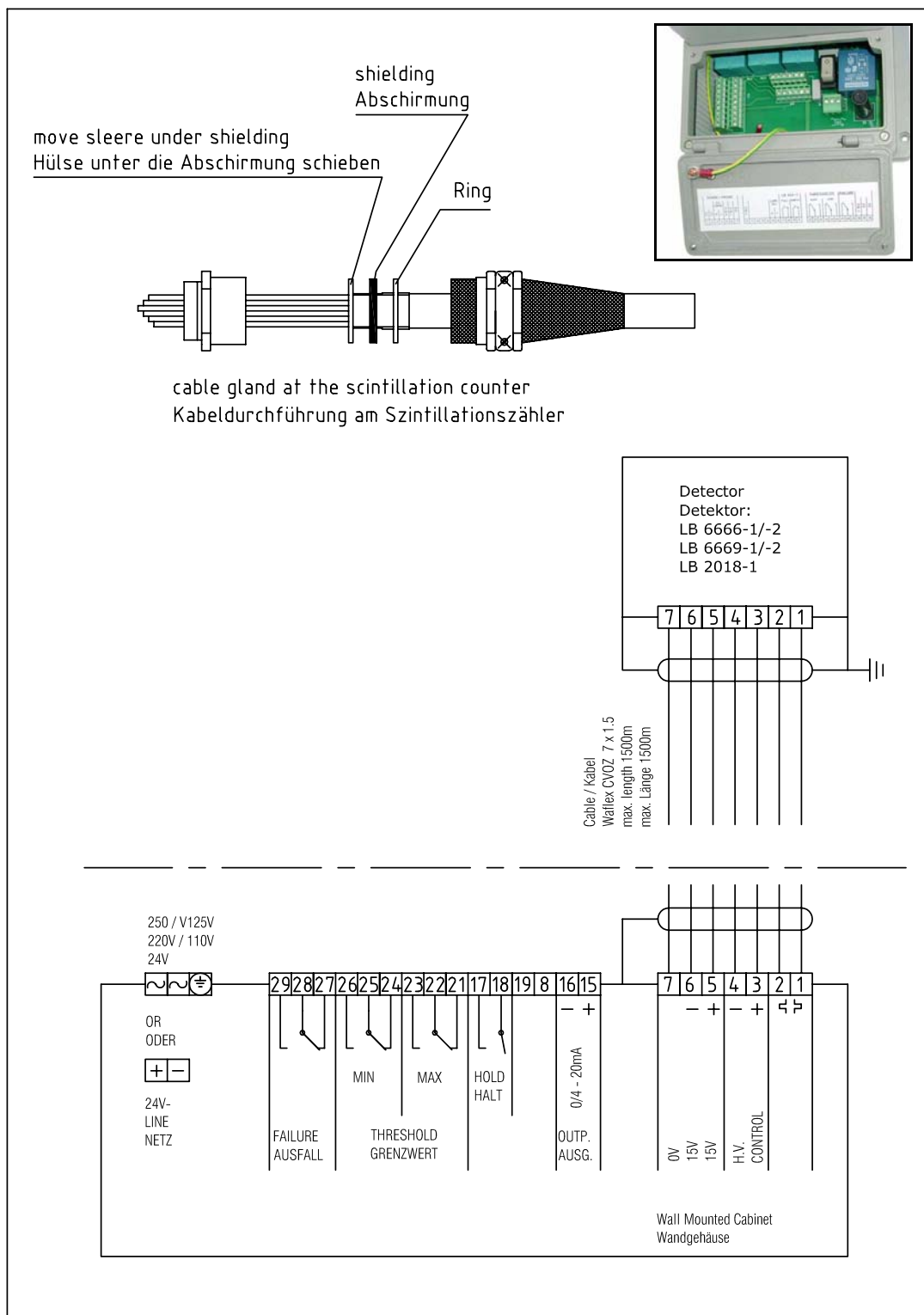
Ausbruchmaße für Baugruppenträger



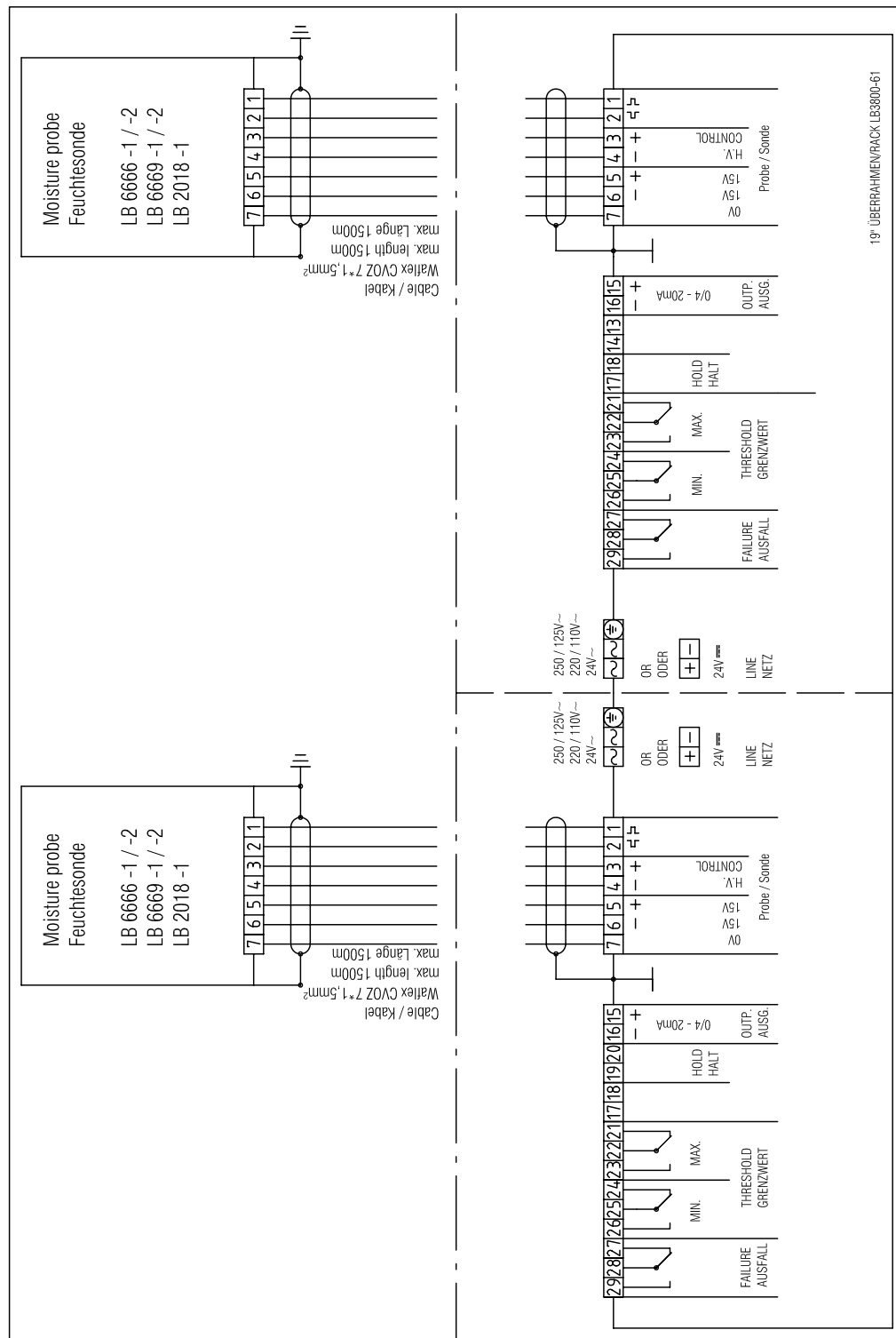
Bohrung für Schraube M6

14.3.2 Anschlusspläne

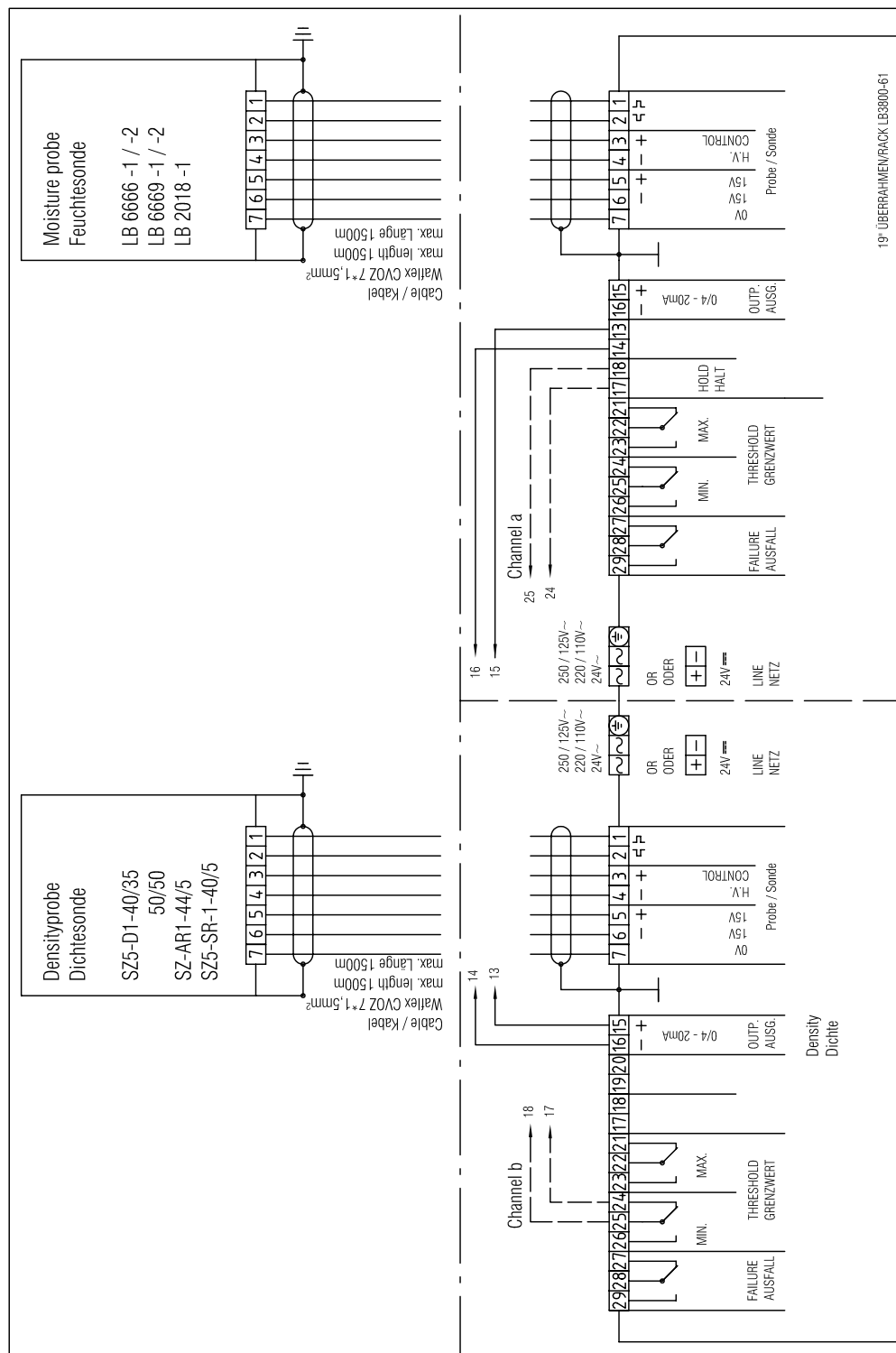
Anschlussplan Wandgehäuse LB350-1



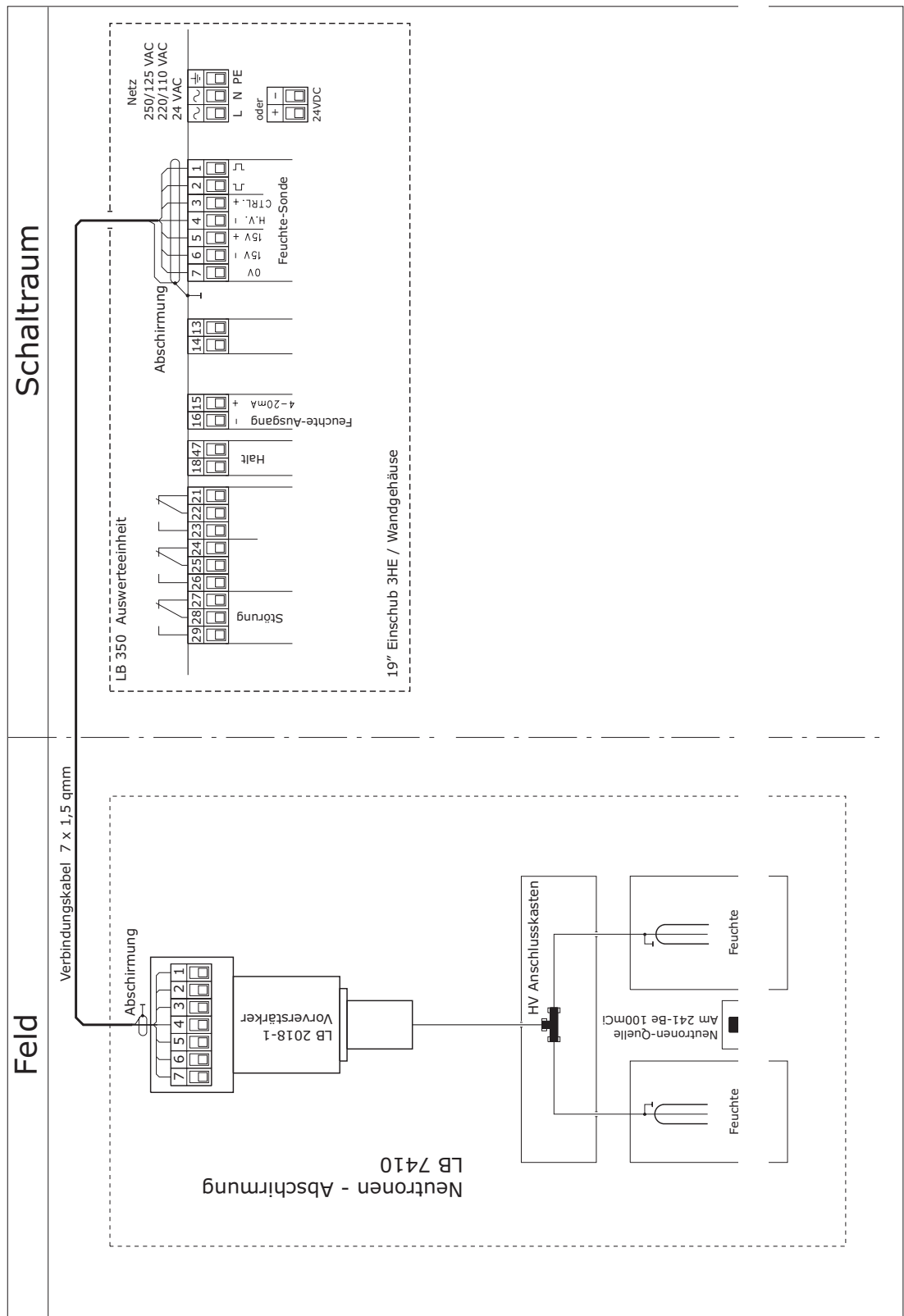
Anschlussplan 19" Rahmen für 2-Kanal Feuchte-Messung LB 350-2



Anschlussplan 19" Rahmen LB 350-3 Feuchtemessung mit Dichtekompensation



Anschlussplan 7410 mit LB350-1/2



A

a 0 (40) 43
a 1 (41) 43
Abschirmung montieren 73, 80
ADR-Vorschriften 74
AmBe-241 69
Analysewerte 52, 58
Anschlussgehäuse des Vorverstärkers 99
Anschlussplan 19"-Rahmen 34
Anschlussplan Wandgehäuse 33
Anzeigenschwankungen 11
Aufsichtsbehörde 87
Auswerteeinheit LB 350 überprüfen 91
Auswertegerät 37

B

Bedien- und Anzeigeelemente 38
Beförderungspapiere 74
Betriebstemperatur 105
Blendenverschluss 98

C

Co-60 69
CODE 39
Code-Ebenen 41
Code-Tabelle 65
COMPUTE 39
Cs-137 69

D

Datentabelle der Laborwerte 68
Datum (02) 41
Detektorklemme 93
Dichteeinfluss 10
Dichtekompensation 49
Dichtekompensation mit Rückstreuammer 62
Dichtekompensation mit Transmission 60
Dichtheitsprüfung 84
Diebstahl 87
Diebstahlsicherung 87
Durchstrahlungsmessung 18

E

Einbauort und Vorbereitung 21
Elektrischer Anschluss 33
ENTER 39
Ersatzprüfflächen 84

F

Faktor F (42) 43
Fehlermeldungen 91
Feinabgleich Bunkersonde 51
Feinabgleich Oberflächenfeuchtemessung 57
Feuchte-Bunkersonde 20
Feuchtekalibrierkennlinie 50
Feuchtekalibrierkoeffizienten 52, 59
Feuer 87
Füllstand (10) 41
Funktionelle Abläufe 45

G

Gamma-Strahlung 71

I

Impulsrate (11) 41
Inbetriebnahme Bunkersonde 49
Inbetriebnahme Oberflächensonde 54

J

Jahr (01) 41

K

Kalibrierkennlinie 50
Kalibrierung 47
Kalibrierung Bunkersonde 50
Kalibrierung Oberflächenfeuchtemessung 56
Keine Zählrate 93
Keramikoberfläche 17
Kompensation der Schüttdichte 20
Konstante K (43) 44
Kontamination 88
Korngröße 10
Kristallwasser 9
Kristallwassergehalt 10

L

Laboranalyse 58
Laborwerte 57
Leistungsaufnahme 105

M

Max.-Alarm (18) 42
MEASURE 40
Meldeformular zur Entsorgung von radioaktiven Strahlern 76
Messanzeige 55
Messprinzip 7
Messung der HV-Referenzspannung 93
Messverstärker LB 350 37
Messwertdrift 93
Min.-Alarm (17) 42
Mittelwertbildung 11
Montagerahmen 17, 54, 98

N

Netzausfall 92
Neutronenabschirmung LB 7410 85
Neutronen-Strahlung 70
Neutronenstrahlung 82
Neutronenstrahlung abschirmen 82

O

Oberflächen-Feuchtesonde 20

P

Parameter eingeben 45
Passwort 46
Passwort (00) 41
Plateau-Curve 97
Proben 52, 58
Probennahme 51
Prüfstrahler 87

R

radioaktives Material 74
 Reset 92
 Rückstreuungsmessung 18, 19

S

Schaden 87
 Schalthysterese (19) 42
 Schleißplatte 54
 Schnellumschaltung (13) 42
 Schüttdichte 10
 Schüttdichte-Kompensation 18, 20
 Schutzkeramik 54
 Service 90
 Sicherheitsinformationen 80
 Sicherheitsvorkehrungen 86
 Spannungsversorgung 92
 Startwerte für Feuchtemessung 65
 statistischen Schwankungen 11
 Status-LED 38
 Störung 91
 Störungen im 93
 Störungen im Vorverstärker 93
 Strahlenbelastung 78, 80, 88
 Strahlenbelastung bei Neutronen-Strahlern 82
 Strahlenbelastung berechnen 81
 Strahlenbelastung während der Montage der Abschirmung 80
 Strahlenquellen 6
 Strahlenschutz 6, 69, 78
 Strahlenschutzbeauftragte 88
 Strahlenschutzbeauftragter 73, 78
 Strahlenschutzbereiche 78
 Strahlenschutzverordnung 88
 Strahler 69
 Strahlerentsorgung 74
 Strahlerkapsel 88
 Strahlertransport 74
 Stromausgang (16) 42
 Stromausgang abgleichen 104

T

Tastenfunktionen 39
 Tauchrohr 21
 Technische Daten 105
 Technische Zeichnungen 106
 Temperaturen 93
 Testgenerator (45) 44
 Testimpulsgenerator 104
 Testimpulsrate 48

U

Uhrzeit (03) 41
 Unfälle 87
 Unfallmerkblatt 74

V

Verlust 87
 Verschleißerkennung 25
 Verschleisserkennung 21
 Verschleißmechanismus testen 83
 Vibrationen 93
 Voreinstellung Bunkersonde 49
 Vorverstärker überprüfen 98

W

Wartung 90
 Wischtest 85
 Wischtest an LB 744X 84
 Wischtest an Neutronensonde 86

Z

Zählrate zu niedrig 93
 Zählraten einlesen 47
 Zählrohr 93
 Zählrohre 94, 98
 Zeitkonstante (12) 41

Änderungen im Zuge technischer Weiterentwicklung vorbehalten.

© BERTHOLD TECHNOLOGIES GmbH & Co. KG 2005
11.2005

Sprache: Deutsch
Rev.-Nr.: 02

Printed in Germany

BERTHOLD TECHNOLOGIES GmbH & Co. KG

Calmbacher Str. 22
D-75323 Bad Wildbad
Germany
www.Berthold.com

ID-Nr. 81 066 BA1