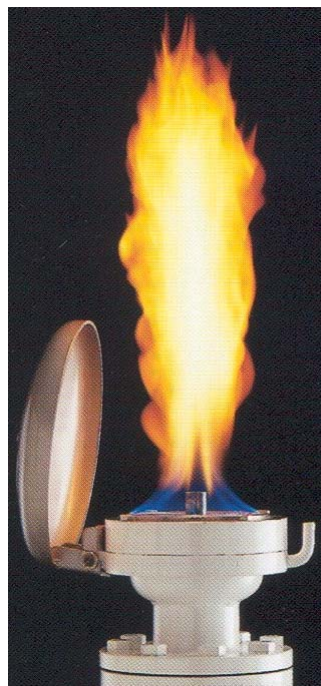




KITO ARMATUREN GMBH

Sicherheitstechnische Informationen

Grundlagen der Flammendurchschlagsicherungen



KITO Armaturen GmbH

Schmalbachstr. 2 A Postfach 8222
38112 Braunschweig 38132 Braunschweig

Tel. 0531/23000-0
Fax 0531/23000-11
Email vertrieb@kito.de
Internet www.kito.de



Inhalt

1. Grundlagen des Explosionsschutzes (Zonen, Kenngrößen)
2. Abzusichernde Phänomene
3. Gesetzliche Rahmenbedingungen (Vorschriften und Zulassungen)
4. Bauarten
5. Absicherungsbeispiele

1. Grundlagen des Explosionsschutzes (Zonen, Kenngrößen)

Explosionsgefährdete Bereiche

Nach der BetrSichV sind dies Bereiche, in denen im Normalbetrieb aufgrund der örtlichen oder betrieblichen Verhältnisse gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann. Diese Bereiche werden nach der Häufigkeit und Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in die Zonen 0, 1 und 2 eingeteilt. Als Normalbetrieb gilt dabei der Zustand, in dem Anlagen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt werden.

- Zone 0 ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre (...) ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

In Zone 0 dürfen nur Geräte der Kategorie 1 verwendet werden, die selbst bei selten auftretenden Gerätestörungen nicht Zündquellen werden können. Sie bieten ein sehr hohes Maß an Sicherheit.

Zu dem Gefahrenbereich Zone 0 gehören insbesondere das Innere von Behältern sowie das Innere von Apparaturen und Rohrleitungen.

- Gefahrenbereich Zone 1 ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre (...) bilden kann.

Im Gefahrenbereich Zone 1 dürfen entweder Geräte der Kategorie 1 oder Geräte der Kategorie 2 ver-

wendet werden, die auch bei fehlerhaften Betriebszuständen, mit denen üblicherweise gerechnet werden muß, nicht Zündquellen werden können. Diese bieten ein hohes Maß an Sicherheit.

Zu dem Gefahrbereich Zone 1 gehören insbesondere die nähere Umgebung von Füllstellen, die unmittelbare Nähe der Austrittsöffnungen von Be- und Entlüftungsleitungen sowie Auffangräume und Domschächte von Tanks.

- Gefahrbereich Zone 2 ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre (...) normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

In Zone 2 dürfen entweder Geräte der Kategorien 1 oder 2 oder Geräte der Kategorie 3 verwendet werden, die auch bei normalem Betrieb nicht Zündquellen werden können. Diese bieten ein Normalmaß an Sicherheit.

Gefahrbereiche Zone 2 sind z.B. Bereiche, die die Zone 0 oder 1 umgeben und Bereiche um lösbar verbindungen von Rohrleitungen.

Normspaltweite (MESG)

Ging es zu Beginn der Sicherheitstechnik fast nur um Benzin, so muß heute eine Vielzahl chemischer Stoffe abgesichert werden. Inzwischen ist mehr über die Grundlagen der Flammendurchschlagsicherungen bekannt, aber auch die Einsatzbereiche sind vielfältiger geworden.

Abgeleitet von den Schutzarten elektrischer Betriebsmittel werden Spalte an Wellendurchführungen, Flanschen usw. nach der experimentell gefundenen flammendurchschlagsicheren (zünddurchschlagsicheren) Spaltweite festgelegt.

Die flammendurchschlagsichere Spaltweite ist die größte lichte Weite eines Spaltes, durch den unter festgelegten Bedingungen ein Flammendurchschlag (Zünddurchschlag) gerade nicht mehr erfolgt. Die bei einem bestimmten Gemisch vorkommende kleinste Spaltweite hieß früher Grenzspaltweite und wird heute Normspaltweite oder auch MESG (maximum experimental safe gap) genannt.

Als Stoffeigenschaft kann die Normspaltweite nur begrenzt theoretisch vorhergesagt werden; praktisch wird sie deshalb im (genormten) Spaltweitenmeßgerät bestimmt. Sie gilt für den Umgebungszustand (atmosphärische Bedingungen) und ist z.B. veröffentlicht in Brandes/Möller: Sicherheitstechnische Kenngrößen, Band 1, NW-Verlag.

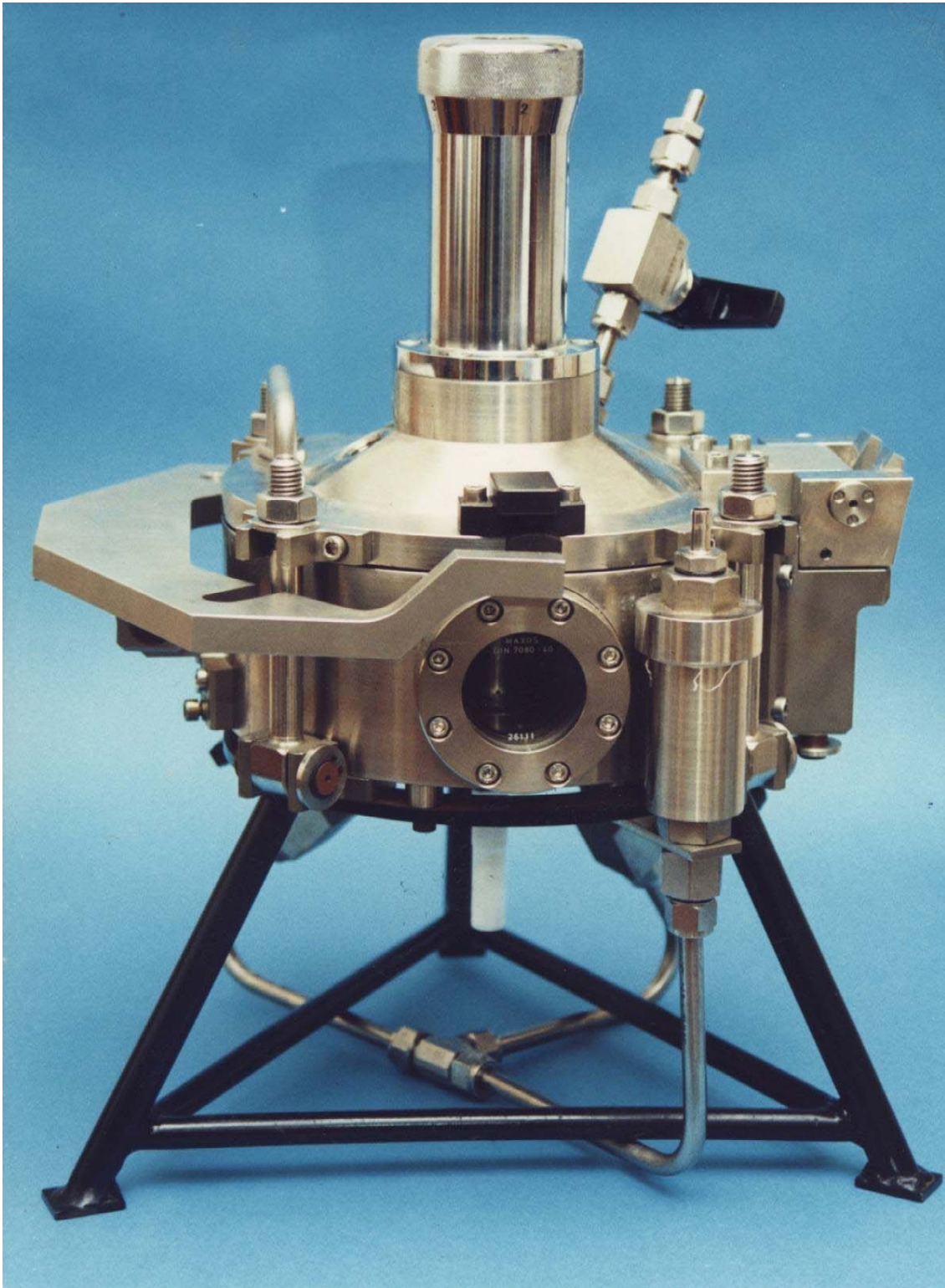


Bild 1: Spaltweitenmeßgerät

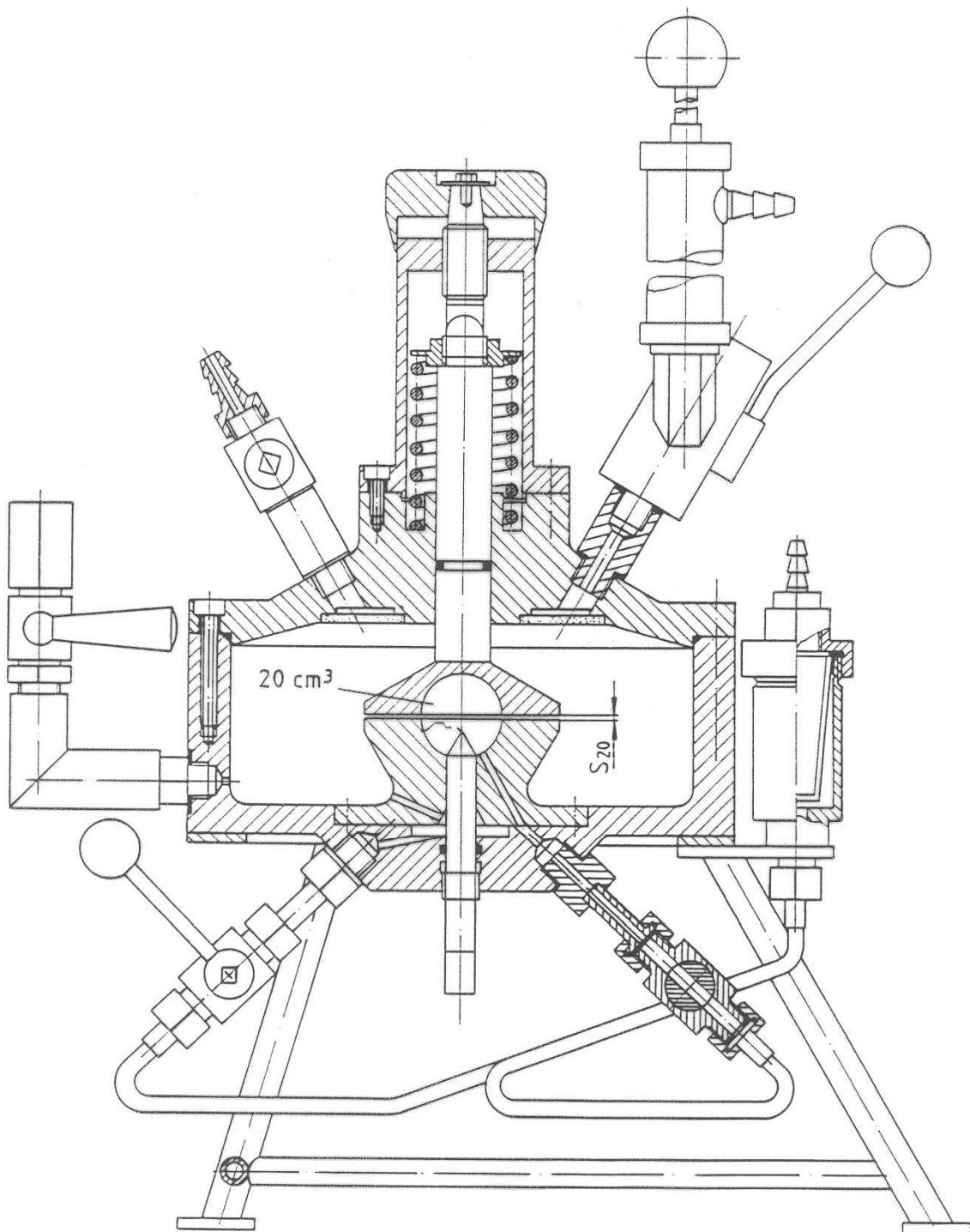


Bild 2: Spaltweitenmeßgerät im Schnitt

Als Ergebnis dieser Messungen erhält man den Verlauf der Grenzspaltweite eines Stoffes bei unterschiedlichen Mischungsverhältnissen mit der umgebenden Luft (zwischen der unteren und der oberen Explosionsgrenze UEG – OEG).

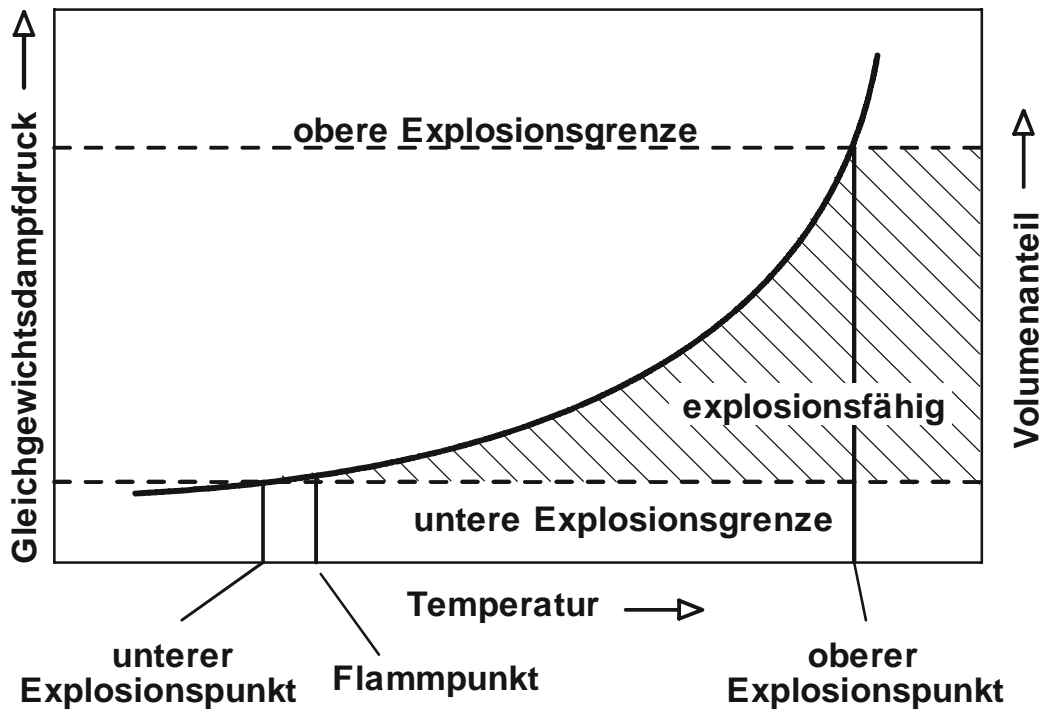


Bild 3: Dampfdruckkurve einer brennbaren Flüssigkeit mit Flammpunkt und Explosionsgrenze

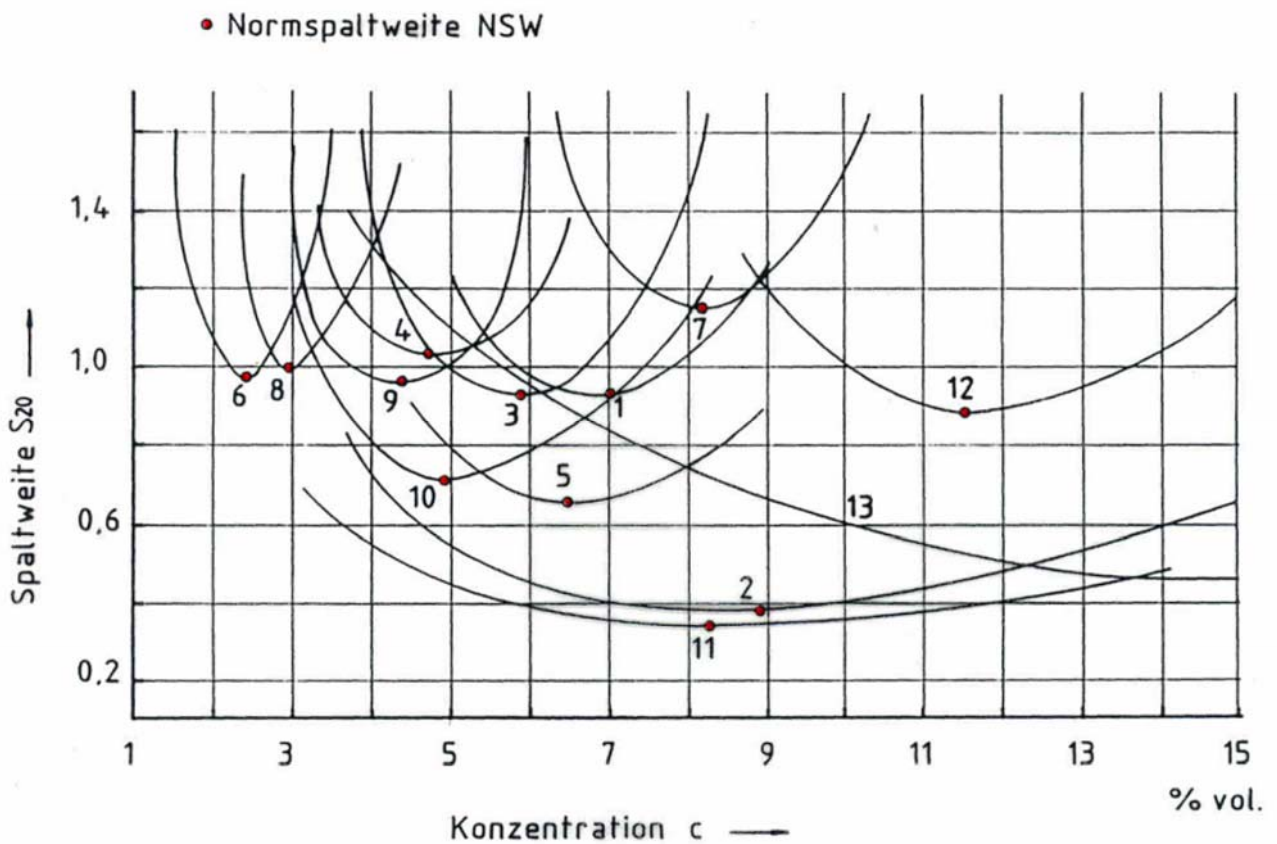


Bild 4: Grenzspaltweite als Funktion der Gemischkonzentration für verschiedene Brenngas-/ bzw. Dampf-/Luft-Gemische.



1 = Acetaldehyd
2 = Acetylen
3 = Ethan
4 = Ethylacetat
5 = Ethylen
6 = n-Hexan
7 = Methan

8 = Methylisobutylketon
9 = Propan
10 = Propylenoxyd
11 = Schwefelkohlenstoff
12 = Schwefelwasserstoff
13 = Wasserstoff

Das Minimum dieser Kurven wird dann als Normspaltweite bezeichnet. Allgemein werden die brennbaren Gase und Dämpfe in Explosionsgruppen bzw. Explosionsklassen entsprechend der ermittelten Normspaltweite wie folgt eingestuft:

Explosionsgruppe	Normspaltweite, MESG
I	$\geq 1,1$
II A	1,1 – 0,9
II B	0,9 – 0,5
II C	$< 0,5$

Bild 5: Einteilung der Explosionsgruppen nach der Normspaltweite

Es werden also anhand der Normspaltweite drei Stoffgruppen als Explosionsgruppen unterschieden; eine genauere Unterteilung in sechs Stoffgruppen ist in der Euronorm Flammendurchschlagsicherungen (EN12874) vorgenommen.

Aus der Euronorm EN 12874, "Flammendurchschlagsicherungen"

Spezifikation der Gas-/Luftgemische für Deflagrations- und Detonationsprüfungen:

Anwendungsbereich (Kennzeichnung)		Anforderungen an das Prüfgemisch			
Explosionsgruppe	Normspaltweite des Gemisches mm	Gastyp	Reinheitsgrad des Gases (Volumenanteil) %	Volumenanteil von Gas in der Luft %	Grenzsplattweite der Gas-/Luftgemische mm
II A	> 0,90	Propan	≥ 95	4,2 ± 0,2	0,94 ± 0,02
II B1 *)	≥ 0,85	} Ethylen	≥ 98	5,0 ± 0,1	0,83 ± 0,02
II B2	≥ 0,75			5,5 ± 0,1	0,73 ± 0,02
II B3	≥ 0,65			6,5 ± 0,5	0,67 ± 0,02
II B *)	≥ 0,50	Wasserstoff	≥ 99	45,0 ± 0,5	0,48 ± 0,02
II C	< 0,50	Wasserstoff	≥ 99	28,5 ± 2,0	0,31 ± 0,02

*) Bei kleinen Rohrdurchmessern kann es schwierig werden, eine stabile Detonation zu erzeugen. Prüfungen dürfen mit Gas-/Luftgemischen einer niedrigeren Grenzsplattweite durchgeführt werden.

Bild 6: Prüfgemische bei Deflagration und Detonation

2. Abzusichernde Phänomene

Durch Einsatz und Bauart der Armaturen läßt sich eine weitere Unterteilung, und zwar nach den Funktionen, aufzeigen:

Armaturen, die (am Ende einer Rohrleitung) direkt mit der Umgebung in Verbindung stehen, werden als Endarmaturen angesprochen. Sie müssen in der Regel als Mindestqualifikation Schutz gegen das Eindringen atmosphärischer Explosionen bieten. Wenn sie durch ihre Bauart bedingt auch zündfähige Gemische ausströmen lassen, können sie zusätzlich Schutz gegen Dauerbrand bieten.

In Sonderfällen, z.B. bei Dieselmotoren in explosionsgefährdeten Bereichen, sind auch Armaturen im Einsatz, die verhindern, daß aus einem angeschlossenen Volumen eine Zündung in die Umgebung austritt (sog. Explosionsvolumensicherungen).

Rohrleitungsarmaturen können zwar grundsätzlich an beliebiger Stelle einer Rohrleitung positioniert werden, sollten aber immer möglichst nahe am zu schützenden Objekt aufgebaut werden.

Bei der Zündung eines brennbaren Gemisches in einer Rohrleitung beginnt die Fortpflanzung der Reaktion zunächst als Deflagration, gekennzeichnet durch relativ niedrige Flammengeschwindigkeiten und Explosionsdrücke. Nach einer gewissen Anlaufstrecke schlägt die Reaktion um und steigert sich zur Detonation. Charakteristisch hierfür sind konstant hohe

Flammengeschwindigkeiten und Drücke in der Rohrleitung.

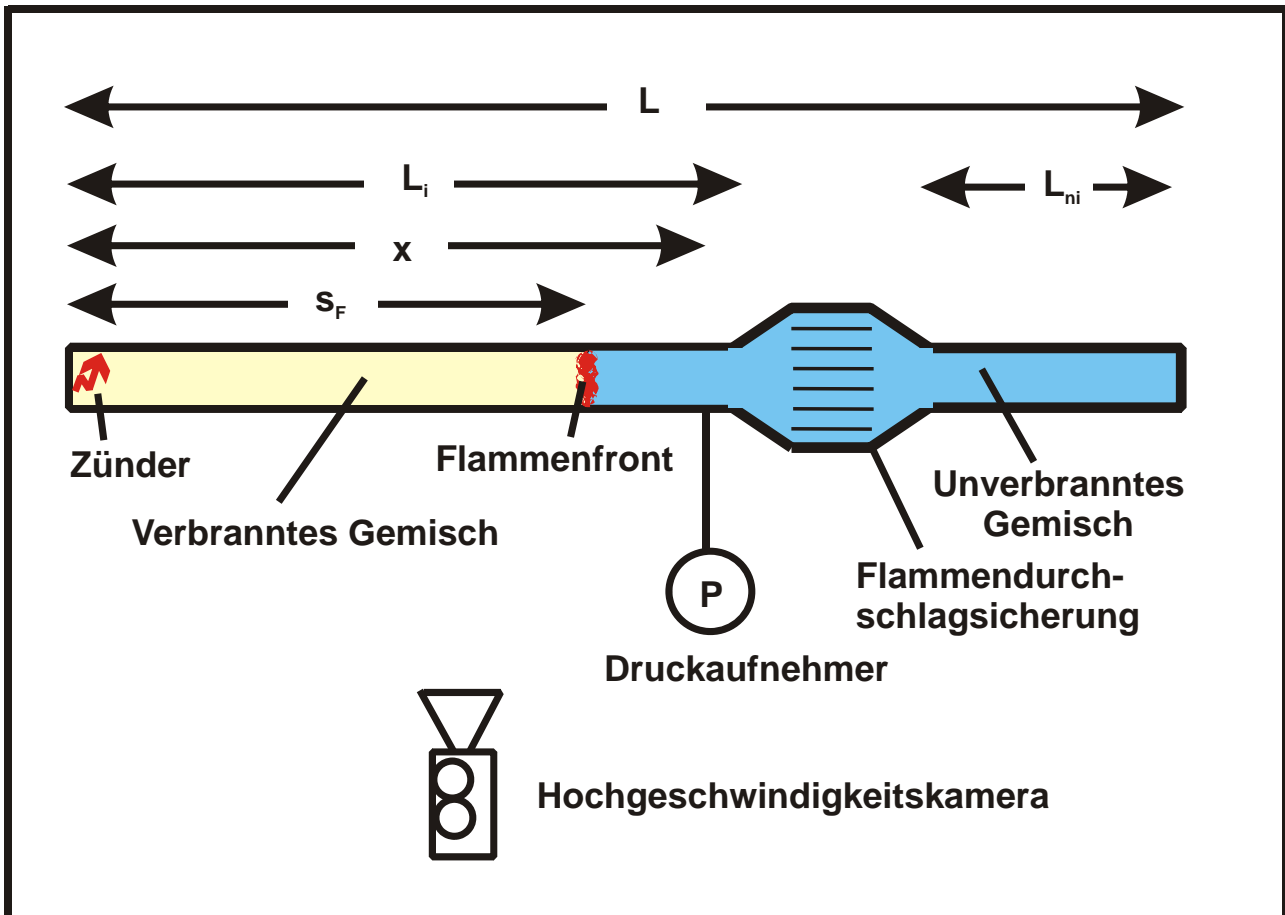


Bild 7: Grundsätzliche Anordnung (schematisch) zur Untersuchung von Deflagrations- und Detonationssicherungen in Rohrleitungen. s_F : Weg der Flammenfront; x : Position des Druckaufnehmers; L_i : Rohrlänge zwischen Zündquelle und Sicherung; L_{ni} : Rohrlänge auf der geschützten Seite; L : Gesamtlänge des Rohraufbaus. In Prüfanordnungen werden Flammendetektoren zur Beobachtung der Flammenfront eingesetzt (statt der hier dargestellten Hochgeschwindigkeitskamera mit transparentem Rohr).

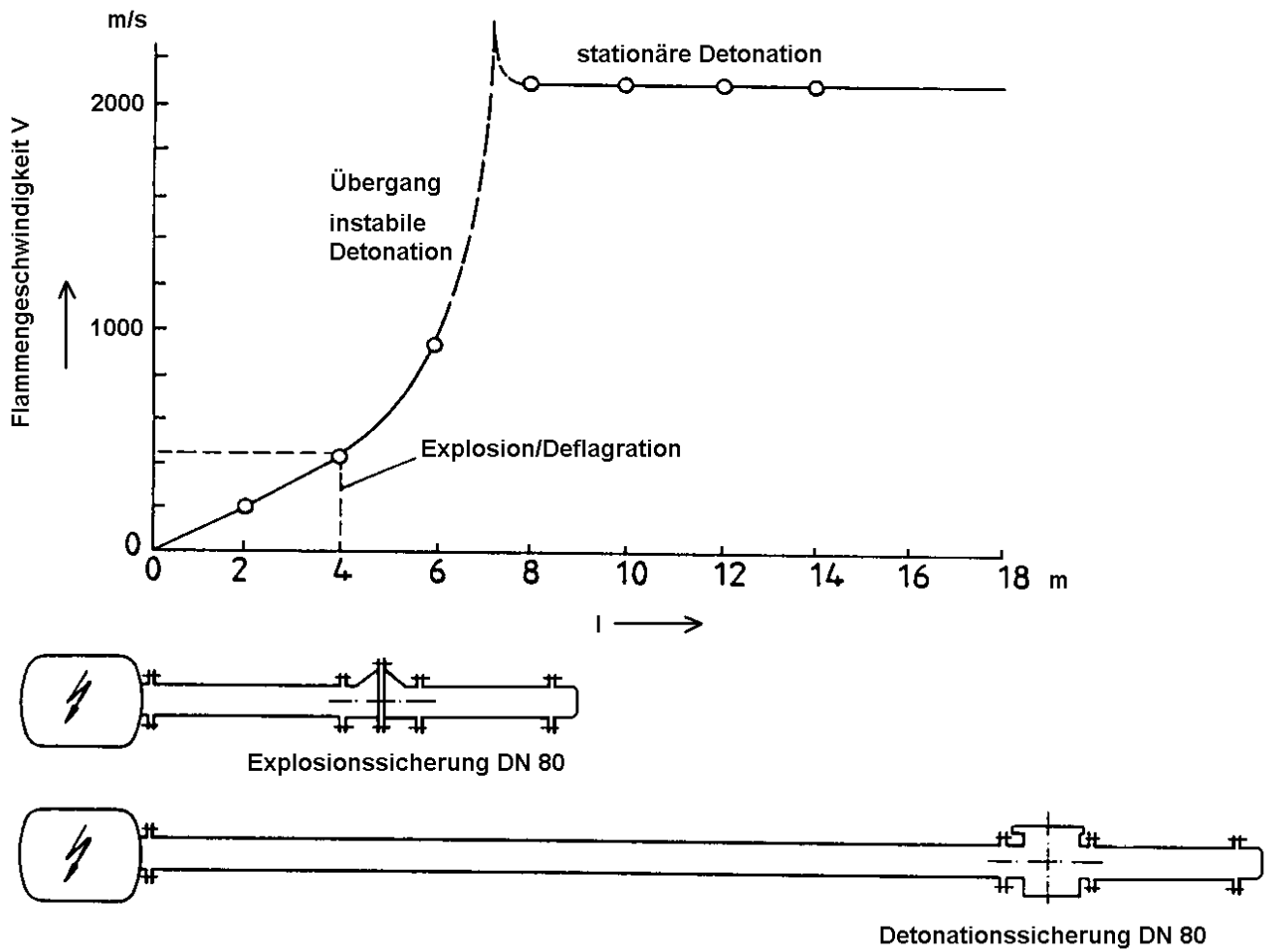


Bild 8: Entwicklung einer Zündung in einer Rohrleitung mit ruhendem Gemisch über Explosion und instabile Detonation zur stabilen Detonation

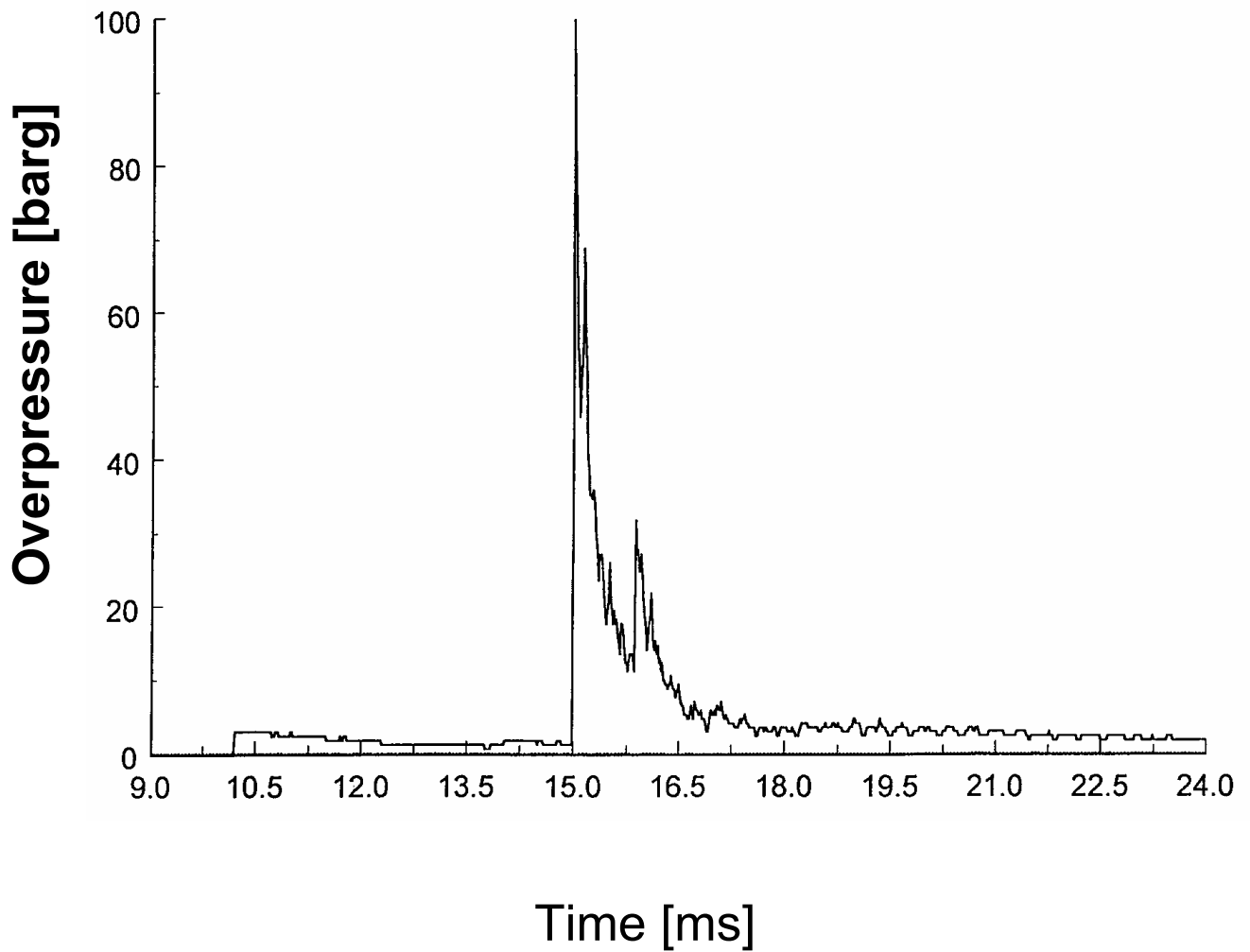


Bild 9: Zeitlicher Verlauf einer Detonation

Messung der University of Wales, Dr. G. O. Thomas

Phänomene nach Zündung in einer Rohrleitung

- **Deflagration/Explosion:** gekennzeichnet durch niedrige Flammengeschwindigkeiten (ca. 500 m/sec) und niedrige Explosionsdrücke (ca. 5 bar). Anlaulängen von höchstens 50 x D (für IIB und IIC höchstens 30 x D) als gerades Rohr sind für Deflagrationssicherungen möglich.
- **(Stabile) Detonation:** gekennzeichnet durch konstant hohe Flammengeschwindigkeiten (sog. Chapman-Jouget-Geschwindigkeit) und Drücke. Die Flammengeschwindigkeit bei Stoffen der Gruppen IIA bis IIB3 beträgt mindestens 1.600 m/sec, bei Stoffen IIB und IIC mindestens 1.900 m/sec. Zur Abgrenzung wird der Druckanstieg herangezogen innerhalb von 200 μ s nach der Druckwelle der Detonation. Das Verhältnis des über diese Zeit gemittelten Detonationsdruckes p_{mD} zum Anfangsdruck p_i soll mit einer Genauigkeit von ± 20 % dem Wert in der nachstehenden Tabelle entsprechen:



Verhältnis zwischen gemitteltem Detonationsdruck und Anfangsdruck p_{mD}/p_i :

Explosions- gruppe	Rohrdurchmesser in mm			
	$D \leq 80$ *)	$80 < D \leq 150$	$150 < D \leq 400$	$D \geq 400$
IIA	10	12	14	16
IIB1	10	12	14	16
IIB2	10	12	14	16
IIB3	10	12	14	16
IIB	8	10	10	12
IIC	8	8	8	8

*) Wenn für Nennweiten ≤ 80 das angegebene Druckverhältnis nicht erreicht wird, sind Prüfungen mit Gas-/Luftgemischen einer niedrigeren Grenzspaltweite durchzuführen, um die Flammendurchschlagsicherung als Detonationssicherung zu qualifizieren.

Tafel 1: Druckverhältnisse als Abgrenzung Detonation/Deflagration

- **Instabile Detonation/Superdetonation:** wird der Übergangsbereich zwischen der (anlaufenden) Explosion und der ausgebildeten Detonation bezeichnet. Hier treten kurzfristig Druckspitzen auf, die im weiteren Verlauf wieder abgebaut werden.

Als Kriterium, insbesondere im Testverfahren, wird die Zeit innerhalb von 200 μ s nach dem Spitzenwert herangezogen. In dieser Zeit soll der Mittelwert des Detonationsdruckes p_{mU} mehr als den Faktor 2,5 (bei Rohrdurchmessern ≥ 100 mm Faktor 3) über dem Detonationsdruck p_{mD} nach obiger Tabelle liegen. Rein rechnerisch ergeben sich hieraus Drücke zwischen mindestens 20 bar und mindestens 48 bar.

3. Gesetzliche Rahmenbedingungen (Vorschriften und Zulassungen)

3.1 Richtlinie 99/92/EG ... zur Verbesserung ... der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können ...

- Allgemeine Anforderung an Arbeitsmittel und Arbeitsstätten: sicher
- Pflichten des Arbeitgebers
- Einführung „befähigter Personen“
- Festlegung der Ex-Zonen
- Forderung nach Explosionsschutzdokument
- Neuanlagen nur mit CE-gekennzeichneten „Arbeitsmitteln“ nach 94/9/EG

3.1.1 Leitfaden für bewährte Verfahren ... zur Durchführung der Richtlinie 1999/92/EG

- Bebilderte, mit vielen Beispielen versehene Informationen
- Erstmals konkretere Benennung der abzusichernden Stellen gegen Flammendurchschlag (§ 3.3.4.1)
- Anforderungen an das Explosionsschutzdokument
- Im Anhang: Definitionen und Checklisten

3.1.2 BetrSichV – Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz ...

- Überführung der Richtlinie 99/92/EG in nationales Recht
- Detailfestlegungen verschiedener Arbeitsmittel
- Verkürzte Übergangsfrist für Altanlagen gegenüber der Richtlinie: 31.12.2005

3.1.2.1 Technische Regeln Betriebs-sicherheit (TRBS)

- Ersatz für „alte“ TRbF's
- Werden derzeit erarbeitet unter neuer Systematik (eine Gefahr = eine Regel)
- Erste Veröffentlichung TRBS 1203 im November 2004 mit Definitionen der „befähigten Personen“
- Zweite Veröffentlichung TRBS 2111 im Februar 2006 zu „Mechanische Gefährdungen“
- Dritte Veröffentlichung TRBS 2152 im Juni 2006 zu „Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre“

3.1.2.2 Leitlinien des UA4 zur BetrSichV

- Erläuterungen zu Details in Form von Fragen und Antworten
- Werden kontinuierlich fortgeschrieben

3.2 Richtlinie 94/9/EG ... zur Angleichung der Rechtsvorschriften ... für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen

„Die Richtlinie 94/94/EG ist eine Richtlinie nach dem ‚neuen Konzept‘, die Grundlegende Anforderungen an Gesundheit und Sicherheit festlegt und es Normen, in der Hauptsache harmonisierten europäischen Normen, überläßt, in der Richtlinie enthaltene relevante Anforderungen technisch darzustellen.

- Unterscheidung von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten
- Einführung von Gerätegruppen (I – Untertage, II – Übertage) und Kategorien (1 – 3 für die Zonen 0 – 2)
- Festlegung allgemeiner Anforderungen an Produkte
- Einführung unterschiedlicher Module zur Vergabe des CE-Kennzeichens

3.2.1 ATEX – Leitlinien zur Anwendung der Richtlinie 94/9/EG ...

- Nicht rechtsverbindliche Sammlung von Auslegungen und Erläuterungen
- Liste Benannter Stellen in Europa
- Klarstellungen in Form von Fragen und Antworten

3.2.2 11. GSGV - Explosionsschutzverordnung

- Überführung der Richtlinie 94/9/EG in nationales Recht

3.2.3 ATEX-Leitfaden für die Armaturenindustrie (Herausgeber VDMA, Deutschland)

- Nicht rechtsverbindliche Sammlung von Erläuterungen und Fallbeispielen speziell bezüglich von Armaturen

3.2.4 EN 12874 Flammendurchschlagsicherungen – Leistungsanforderungen, Prüfverfahren und Einsatzgrenzen

- Mandatierte Norm zur Vereinheitlichung der Anforderungen an Flammendurchschlagsicherungen
- Einführung von Definitionen verschiedener Phänomene und Armaturentypen
- Benennung von Einsatzgrenzen
- Einführung von Untergruppen in der Explosionsgruppe IIB

3.3 Gefahrstoffverordnung – GefStoffV

- Definition „explosionsfähig“, hoch-/ leichtentzündlich sowie anderer Gefährlichkeitsmerkmale
- Einbeziehung der wassermischbaren Stoffe (früher: B)

3.3.1 Leitlinien des LASI zur Gefahrstoffverordnung, Stand 12/2005

- Fragen und Antworten zu vielen Aspekten der Gefahrstoffverordnung

3.4 TRbF 01, 20, ff – Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten

- Sind formell außer Kraft gesetzt durch Entfall der VbF
- Sollen durch zukünftige TRBS ersetzt werden
- Bilden den Stand der Technik ab
- Detaillierte Informationen zu vielen praktischen Aufgabenstellungen, insbesondere auch zum Einsatz von Flammendurchschlagsicherungen

3.5 Richtlinie 97/23/EG ... zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Druckgeräte – PED/DGRL

- Relevant für Geräte mit einem maximal zulässigen Druck (PS) von mehr als 0,5 bar
- In seltenen Fällen auch bei Flammendurchschlagsicherungen anzuwenden, z.B. bei druckführenden Systemen, die beim An- und Abfahren zündfähige Gemische bilden können, oder aber bei Betriebsdrücken $> 0,5$ bar

3.5.1 Leitlinien zur Druckgeräterichtlinie

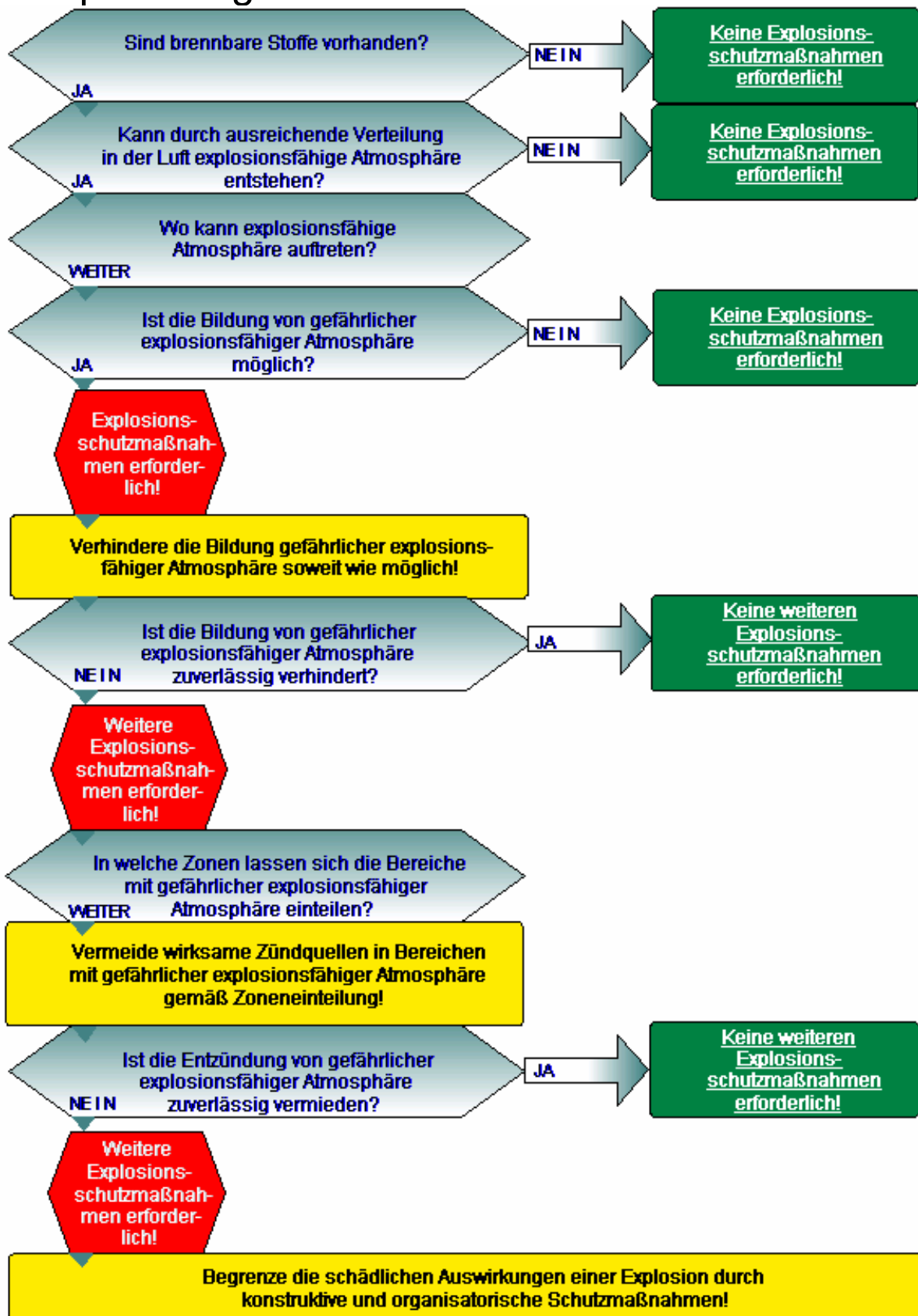
- Klarstellungen in Form von Fragen und Antworten

3.6 Allgemeines

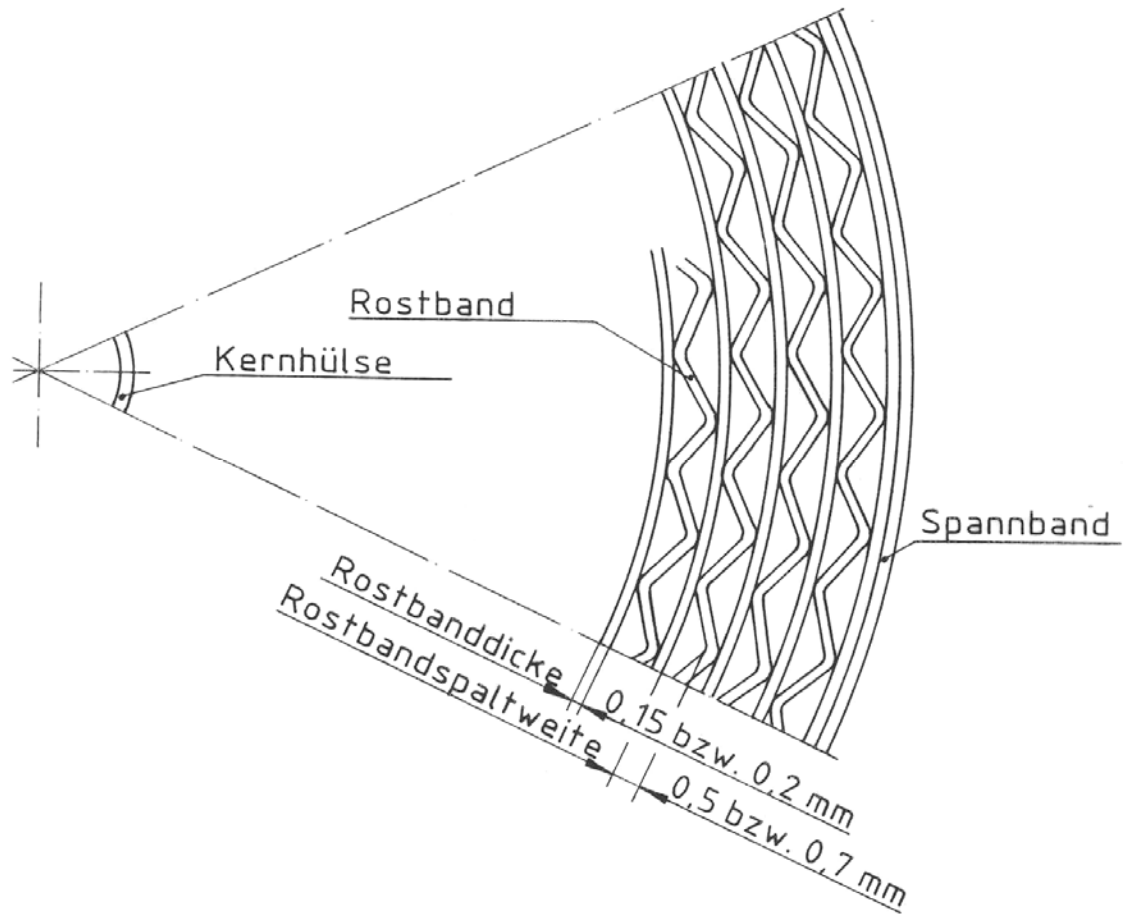
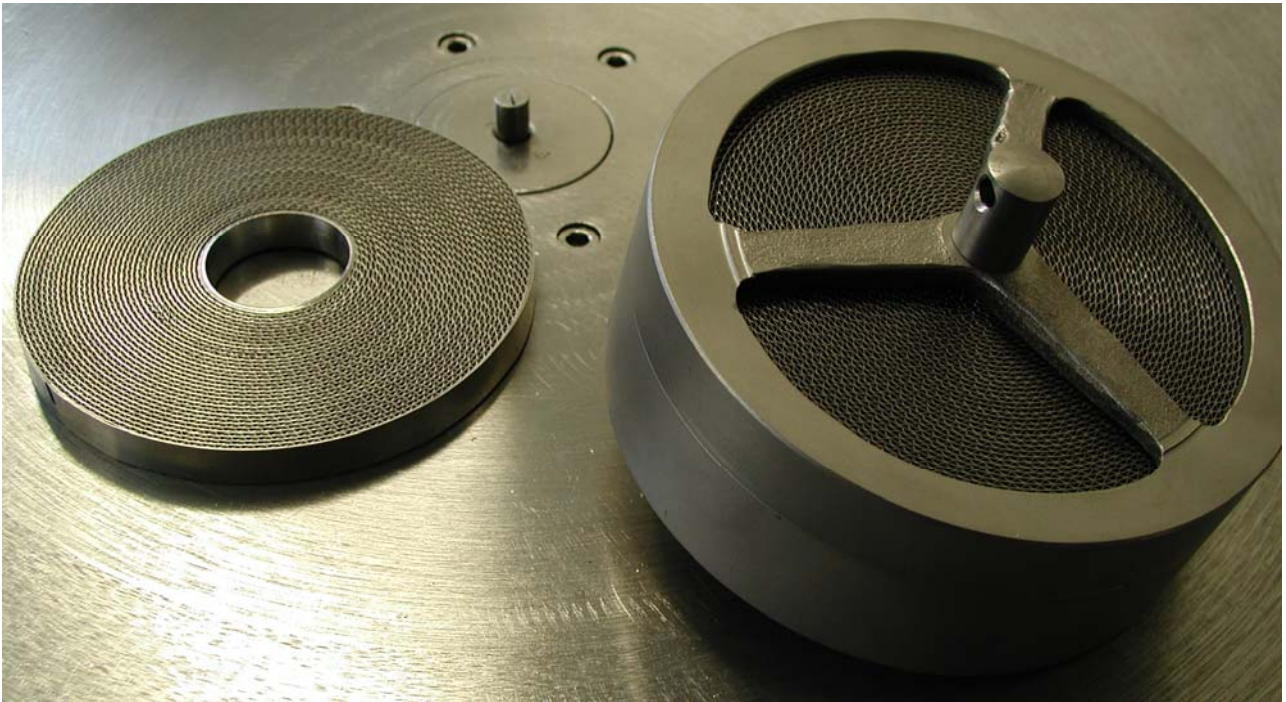
Zusätzlich sind z.T. anlagenbezogene oder hausinterne Vorgaben zu beachten, wie sie z.B. für Kläranlagen oder aus Unternehmen der Großchemie bekannt sind.



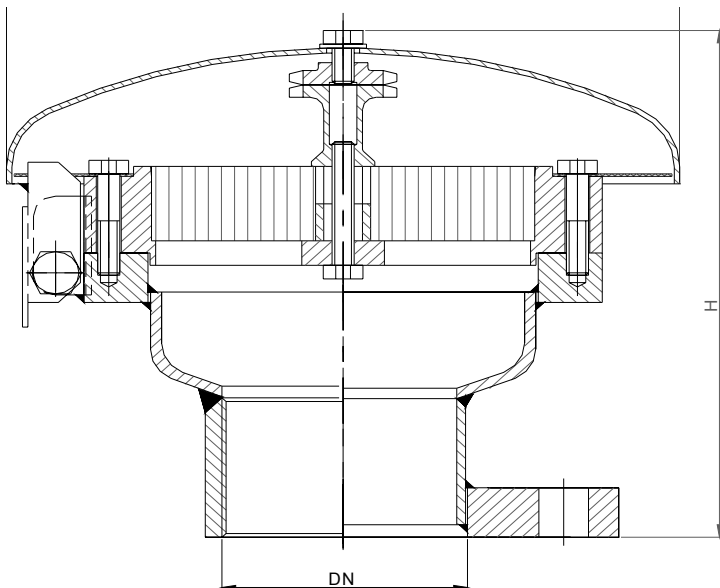
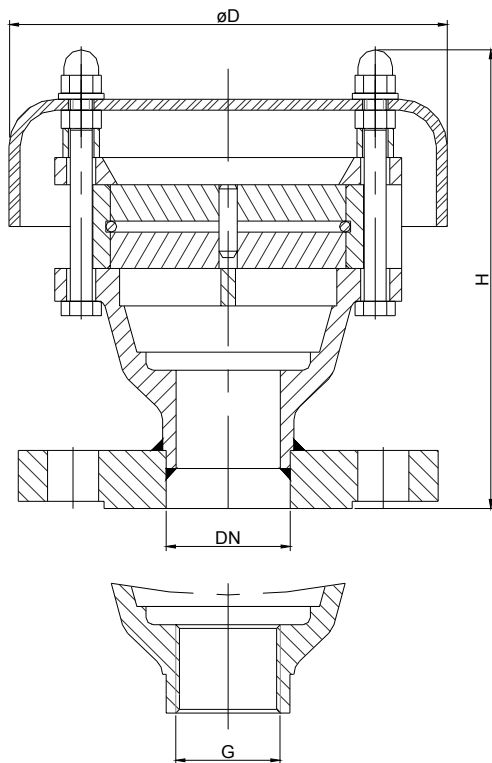
Methodisches Vorgehen zur Gefährdungsbeurteilung bei explosionsgefährdeten Bereichen

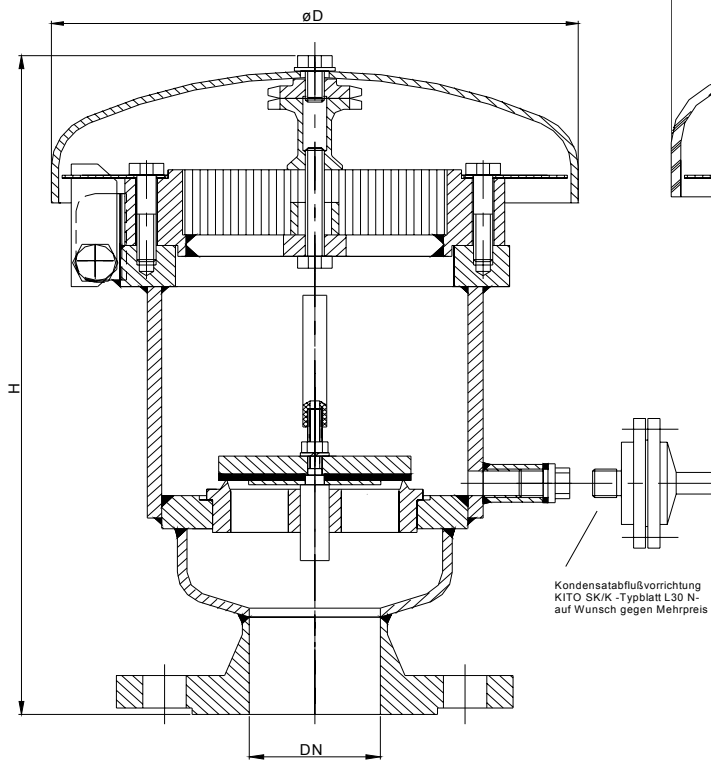


4. Bauarten

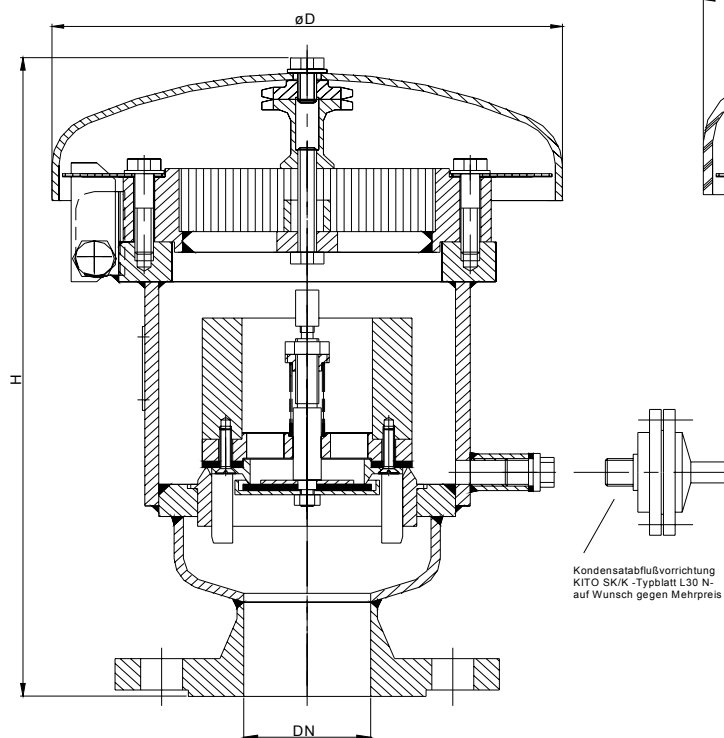
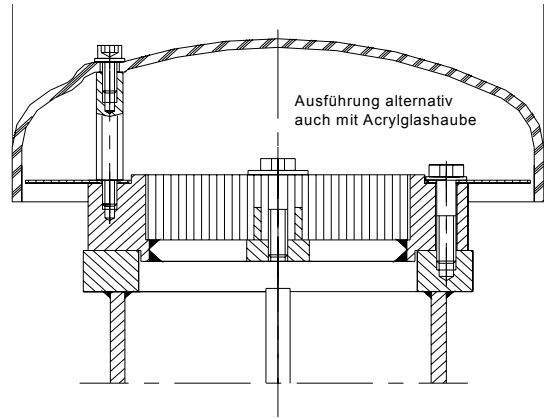


A statische Dauerbrandsicherungen

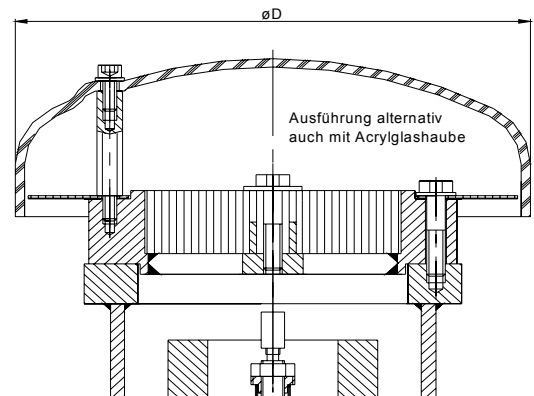




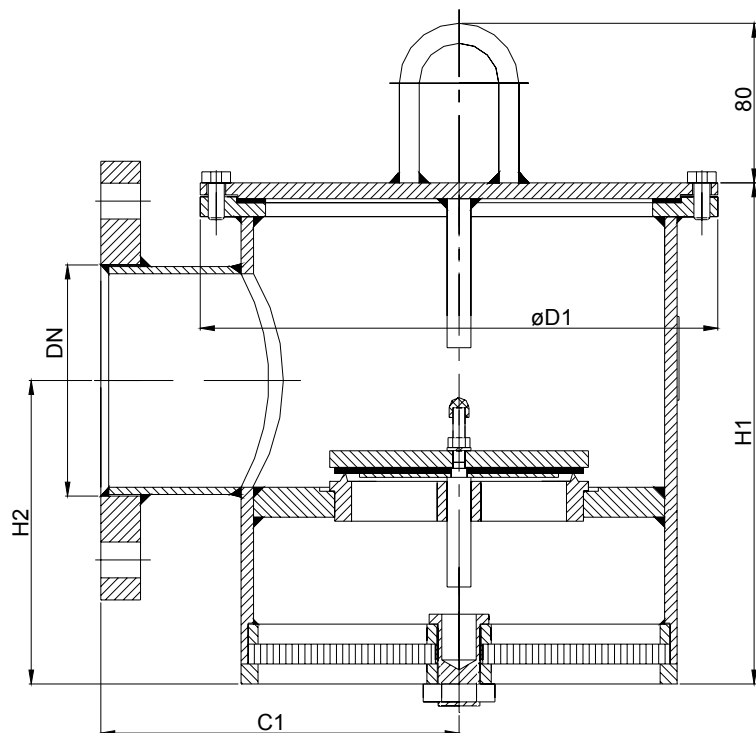
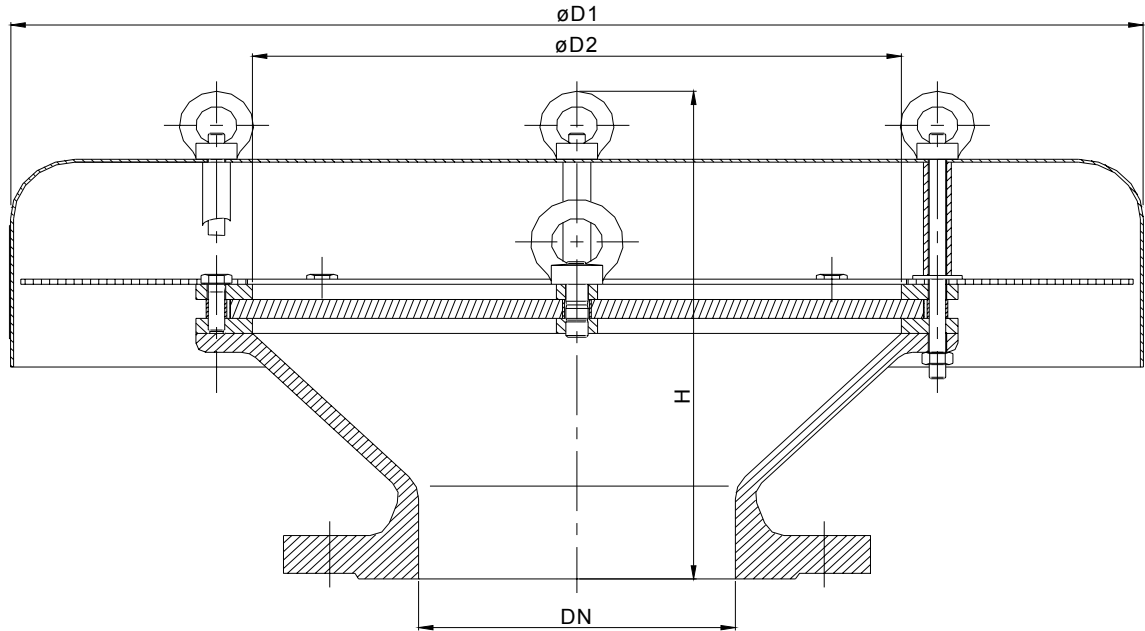
Kondensatabflußvorrichtung
KITO SK/K - Typblatt L30 N-
auf Wunsch gegen Mehrpreis



Kondensatabflußvorrichtung
KITO SK/K - Typblatt L30 N-
auf Wunsch gegen Mehrpreis

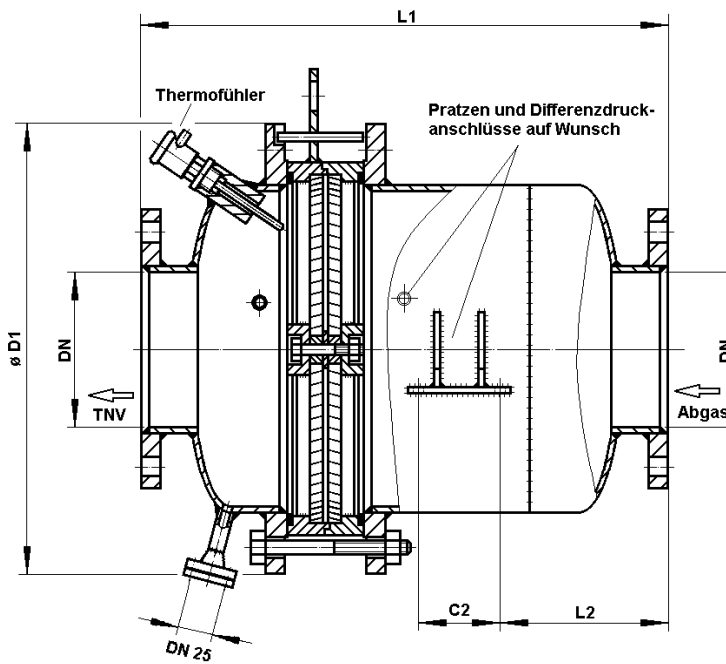
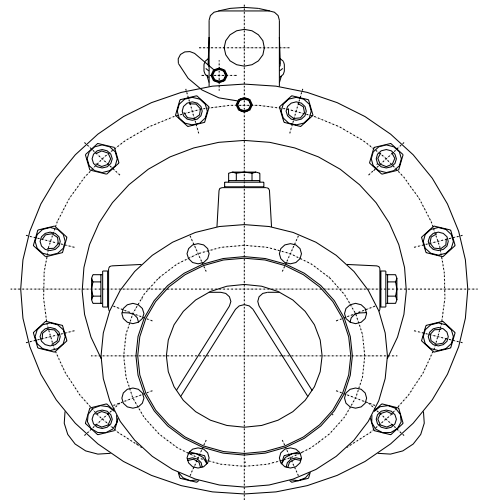
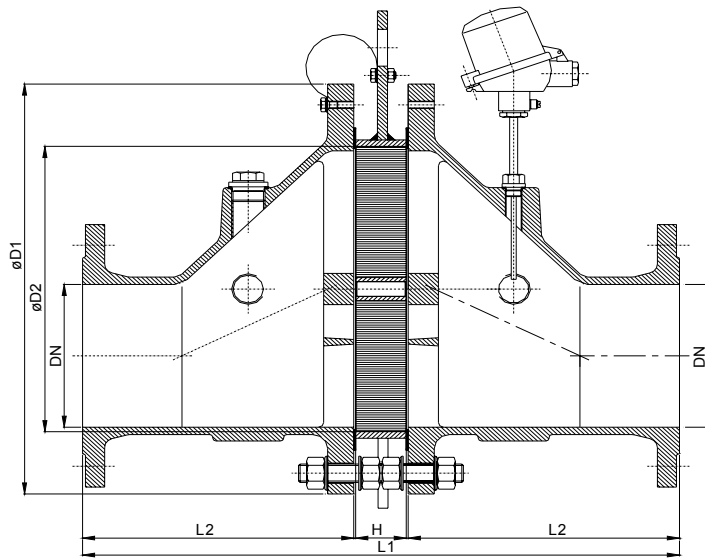


B atmosphärische Explosionssicherungen



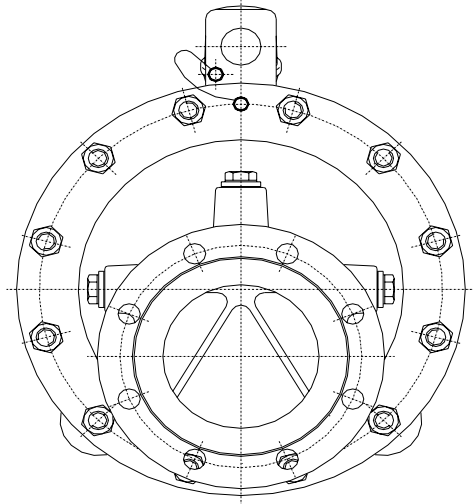
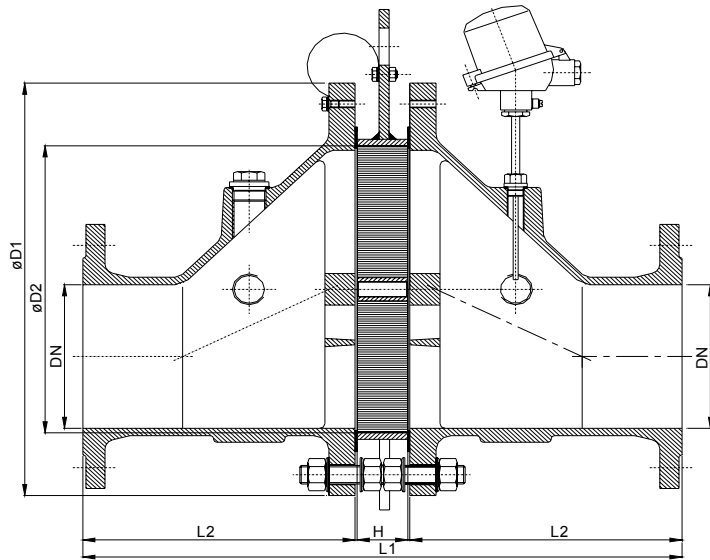


C Explosionsrohr- /Deflagrationssicherungen

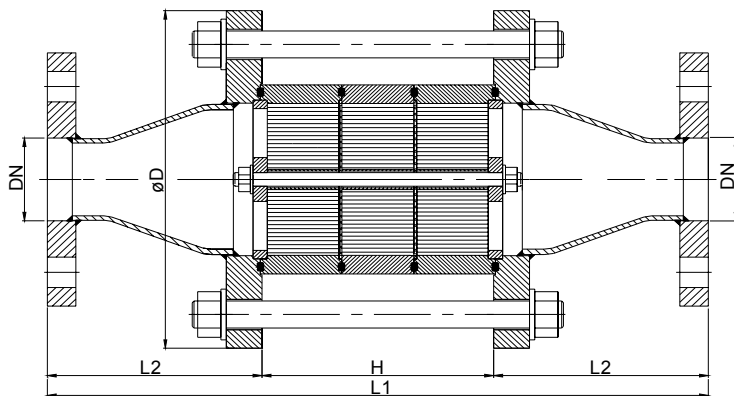




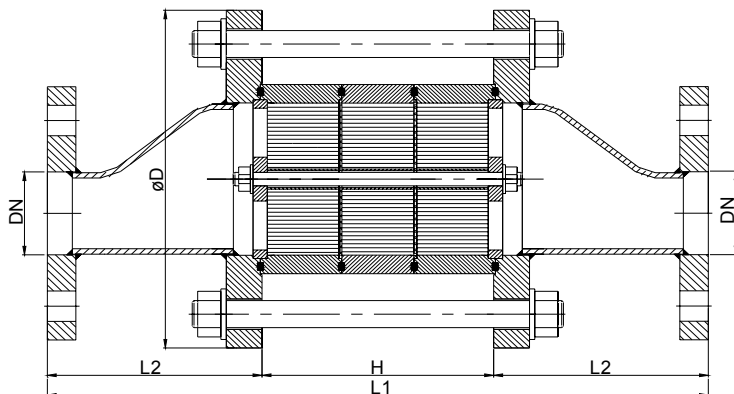
D (trockene) Detonationssicherungen



konzentrische Bauform

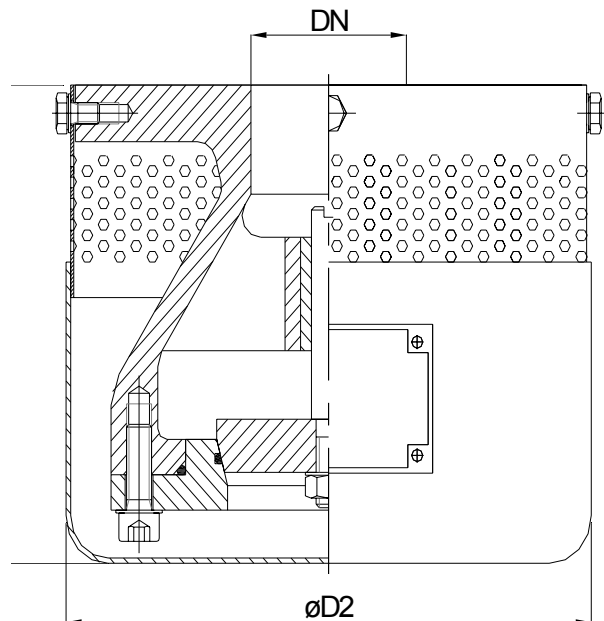
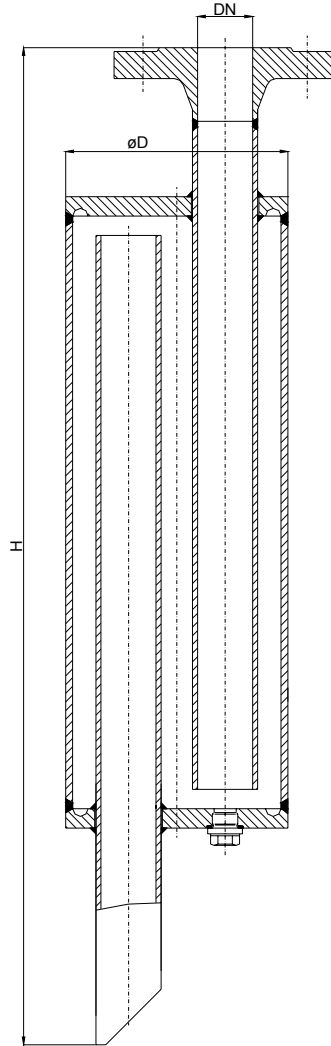
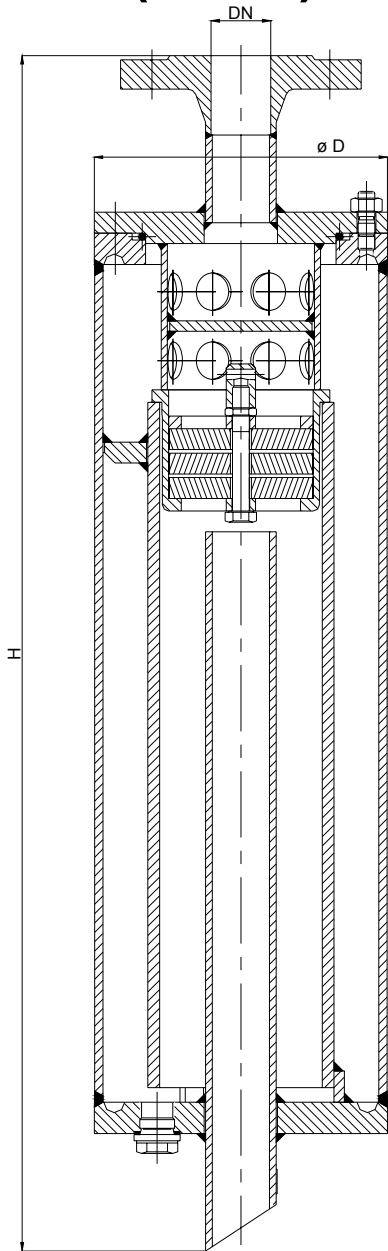


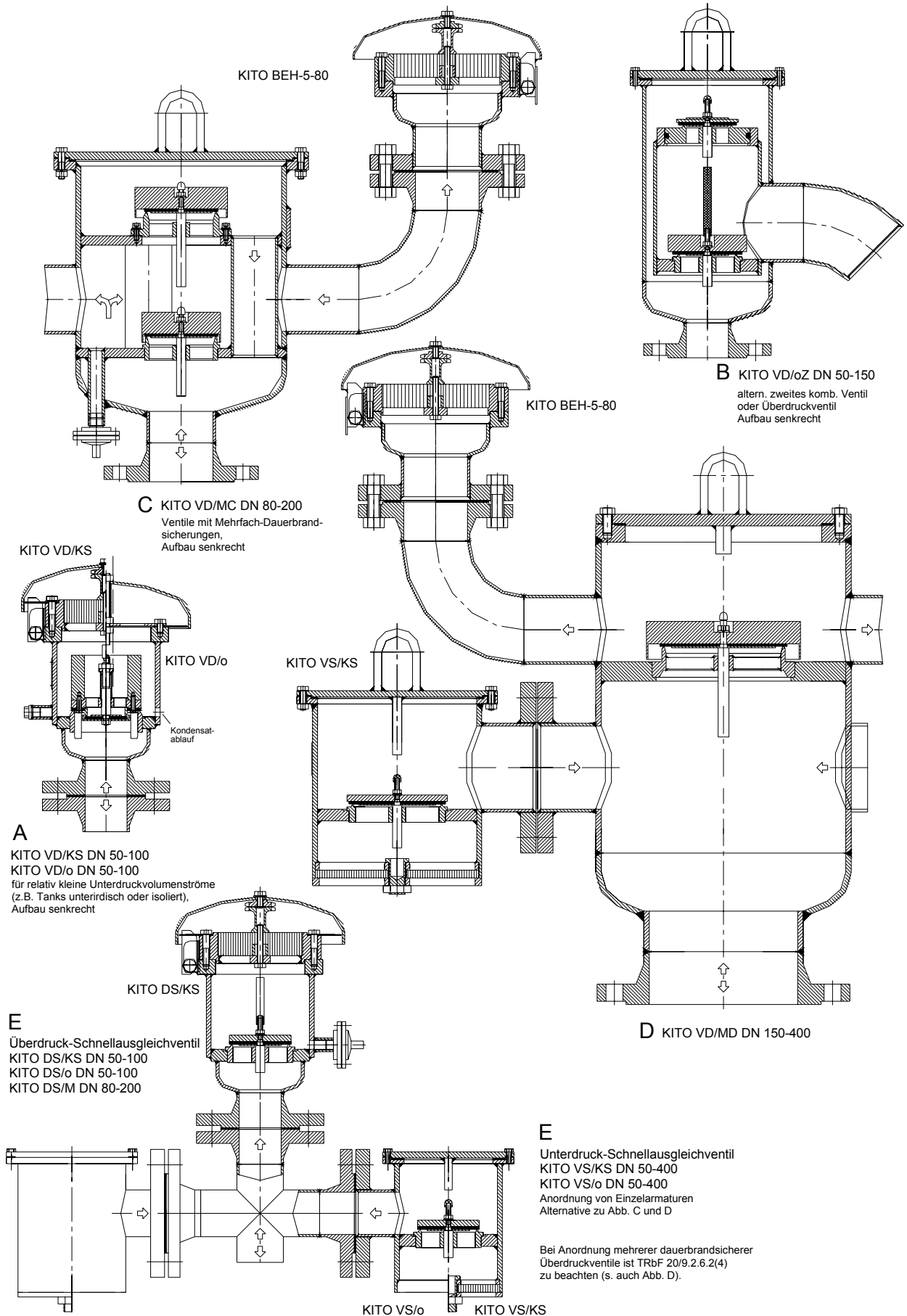
exzentrische Bauform





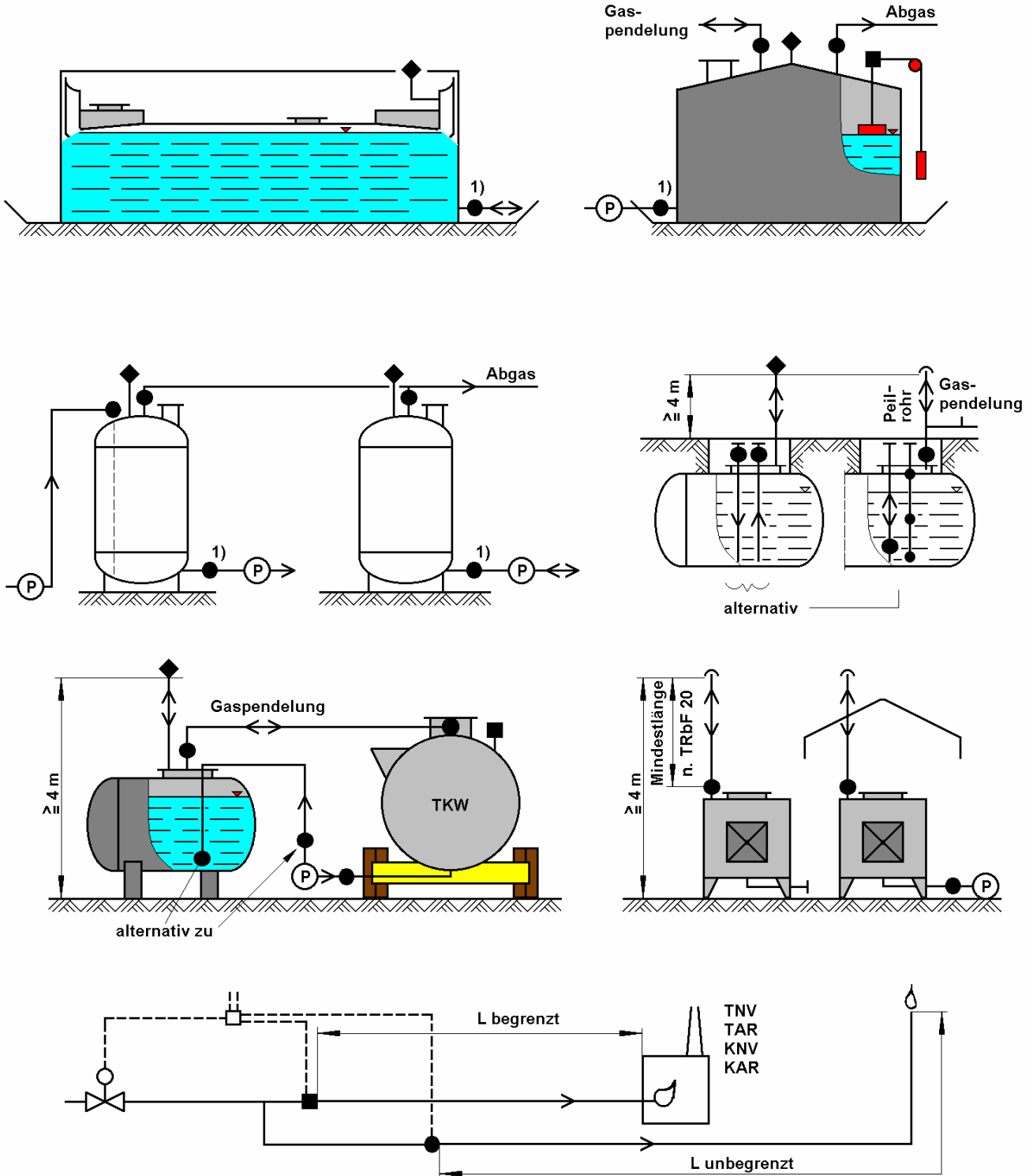
E (nasse) Detonationssicherungen





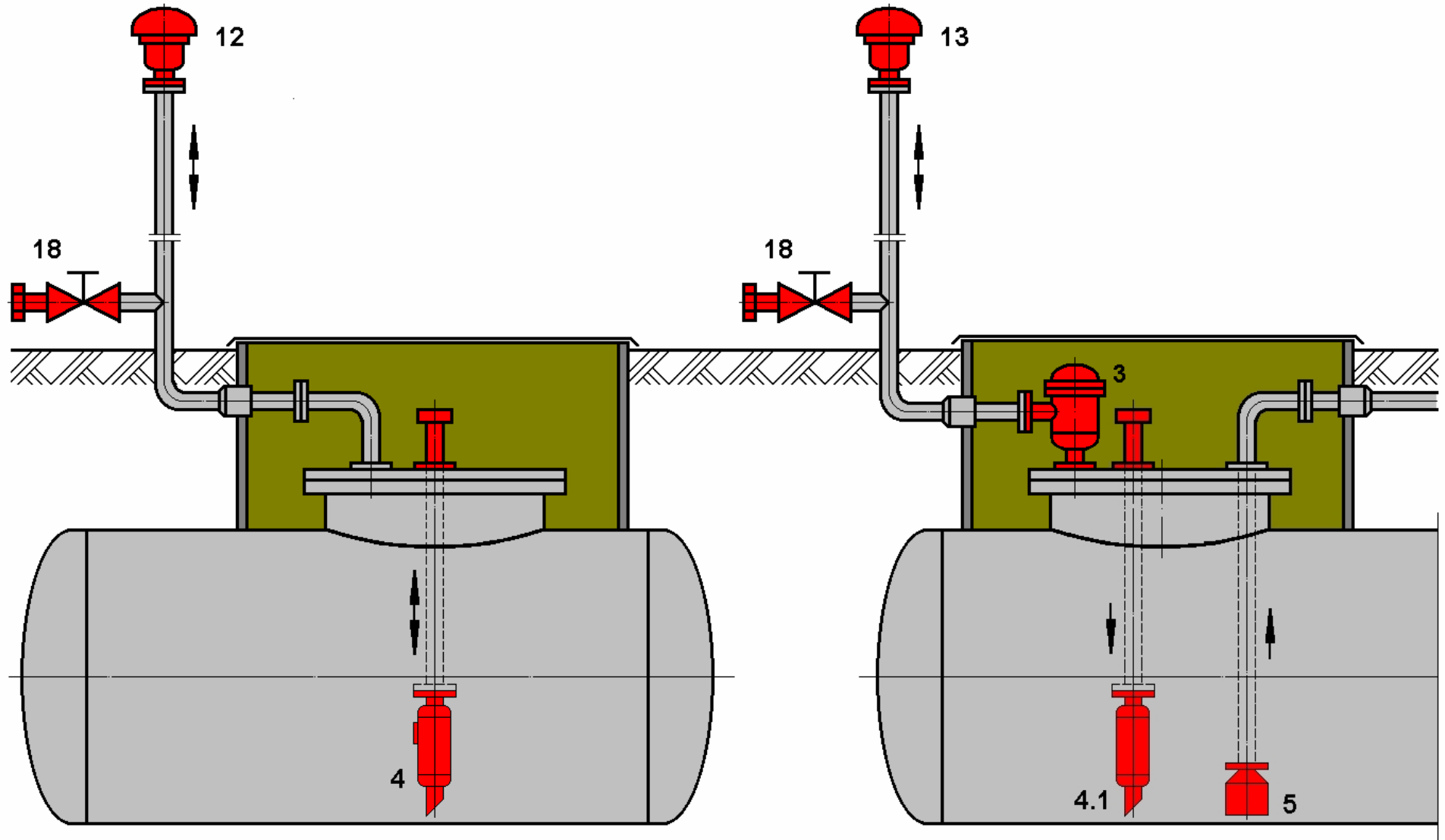


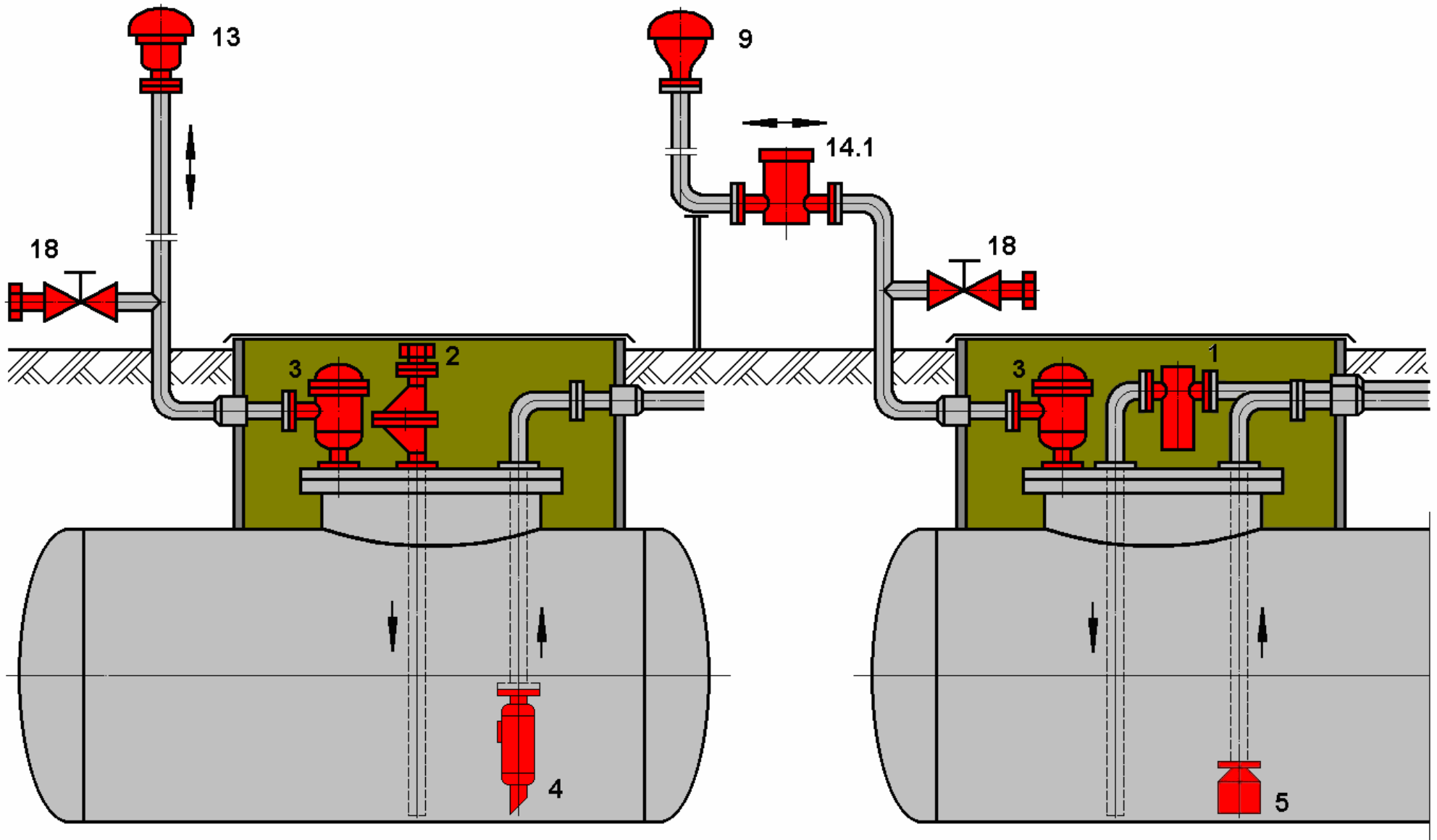
5. Absicherungsbeispiele

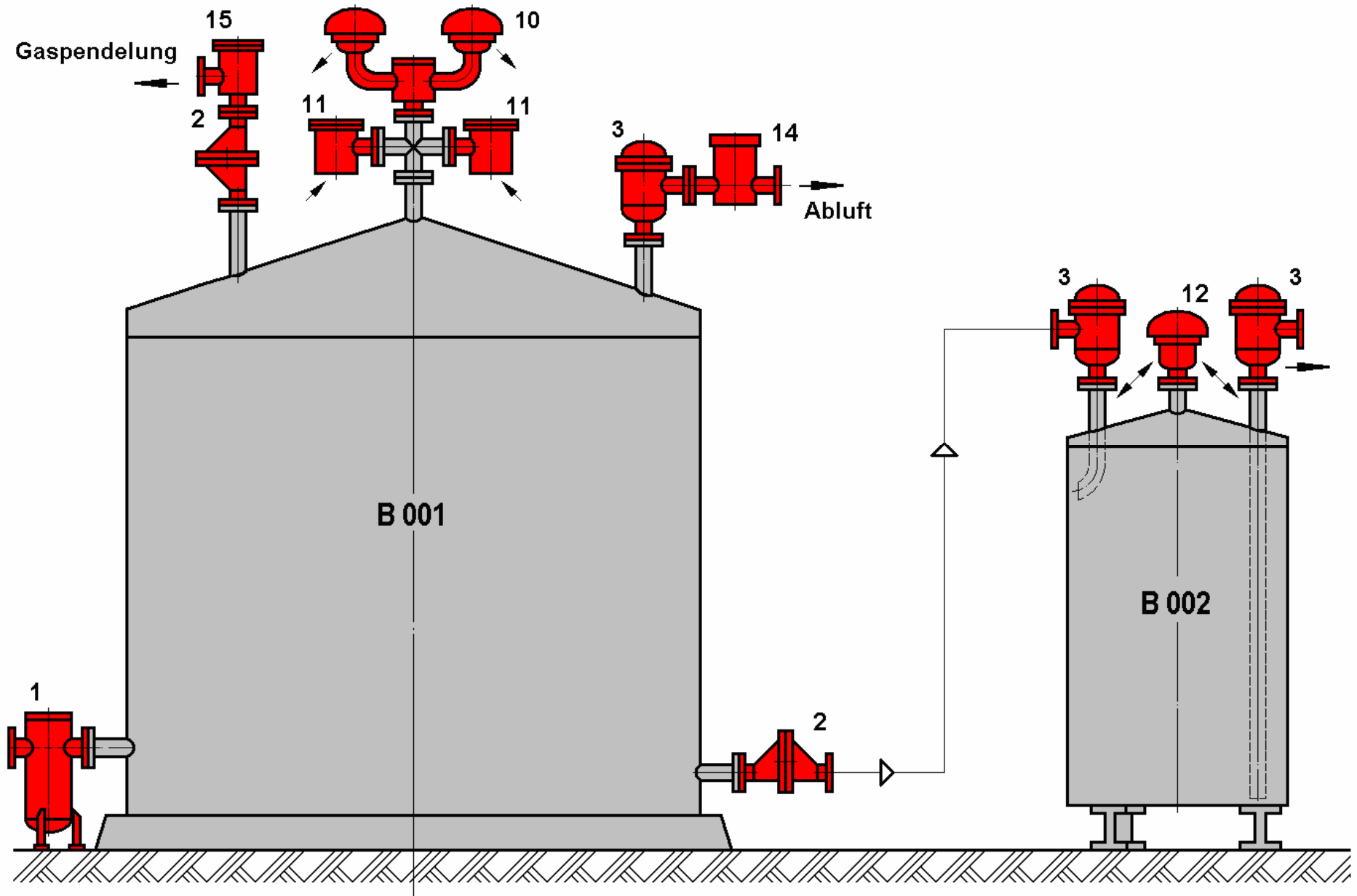


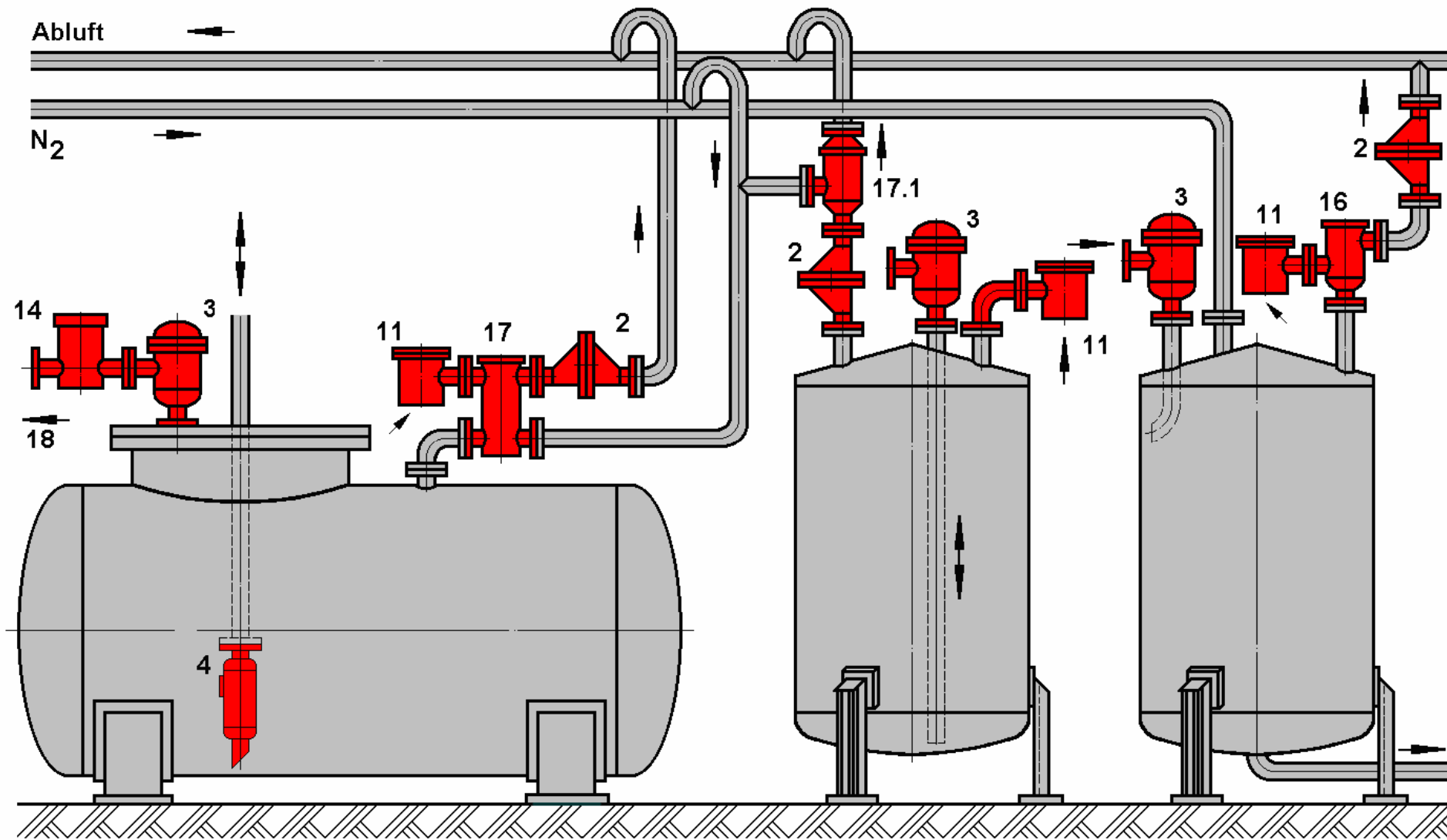
- ↑ Regenhaube ohne Flammendurchschlagsicherung
- ◆ Dauerbrandsicherung (atm. Lüftung) ggf. mit Ventilfunktion
- Detonationssicherung (Rohrleitungsabsicherung)

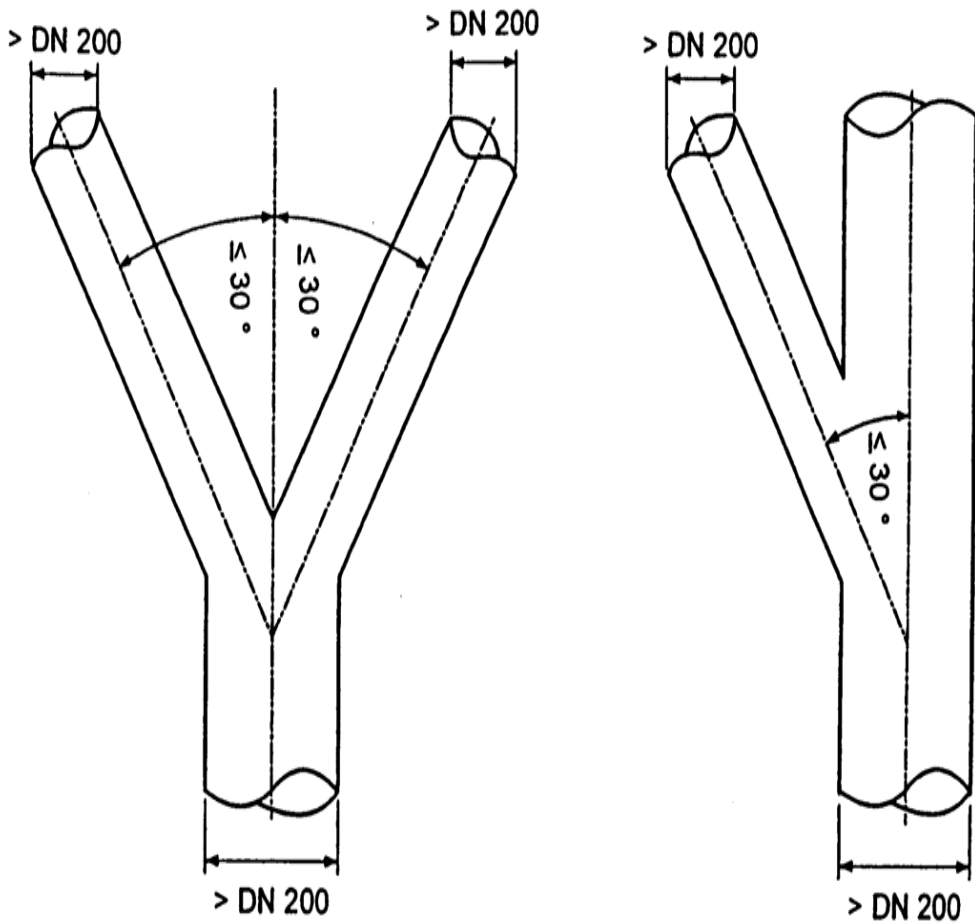
- Explosionssicherung (Rohrleitungsabsicherung / kurze Strecken, Unterdruckventile)
- 1) Absicherung, wenn die Rohrleitung nicht ständig flüssigkeitsgefüllt ist.



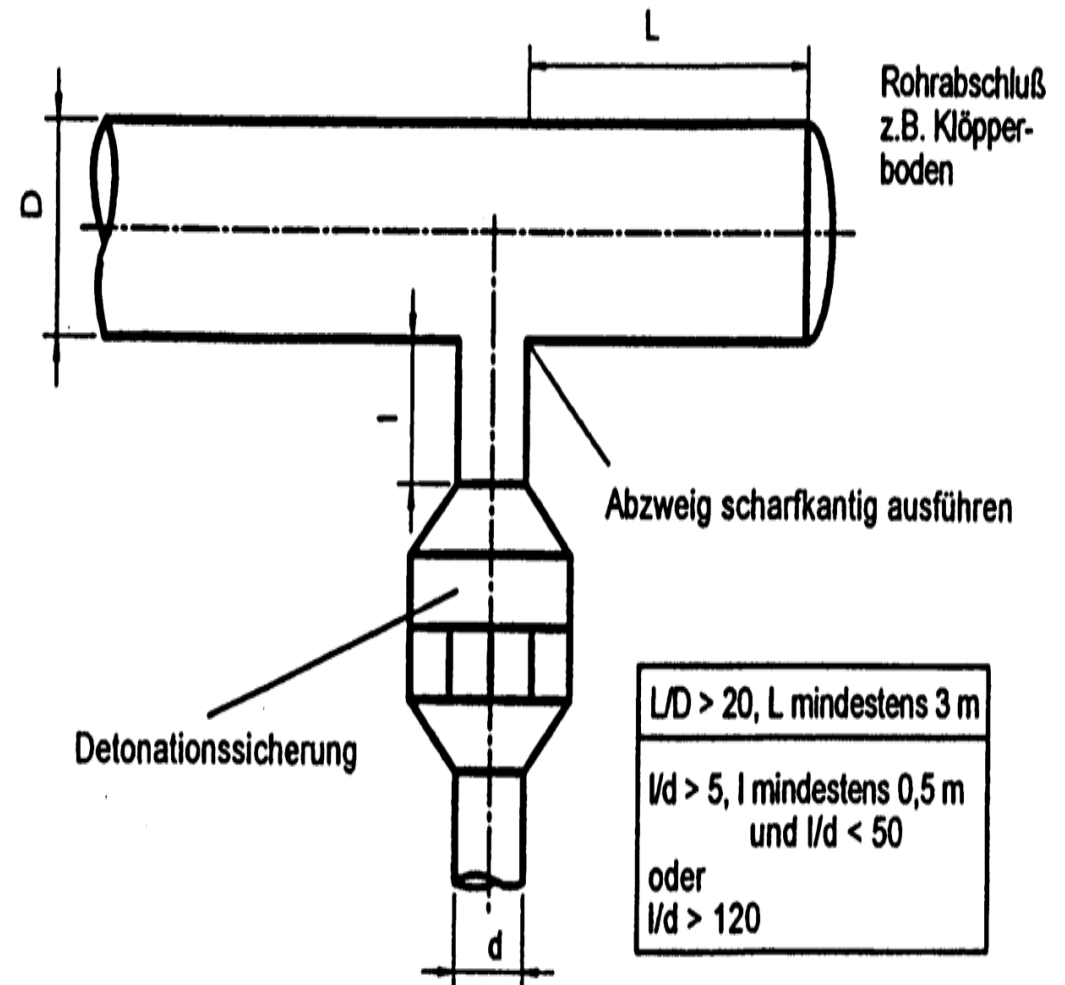




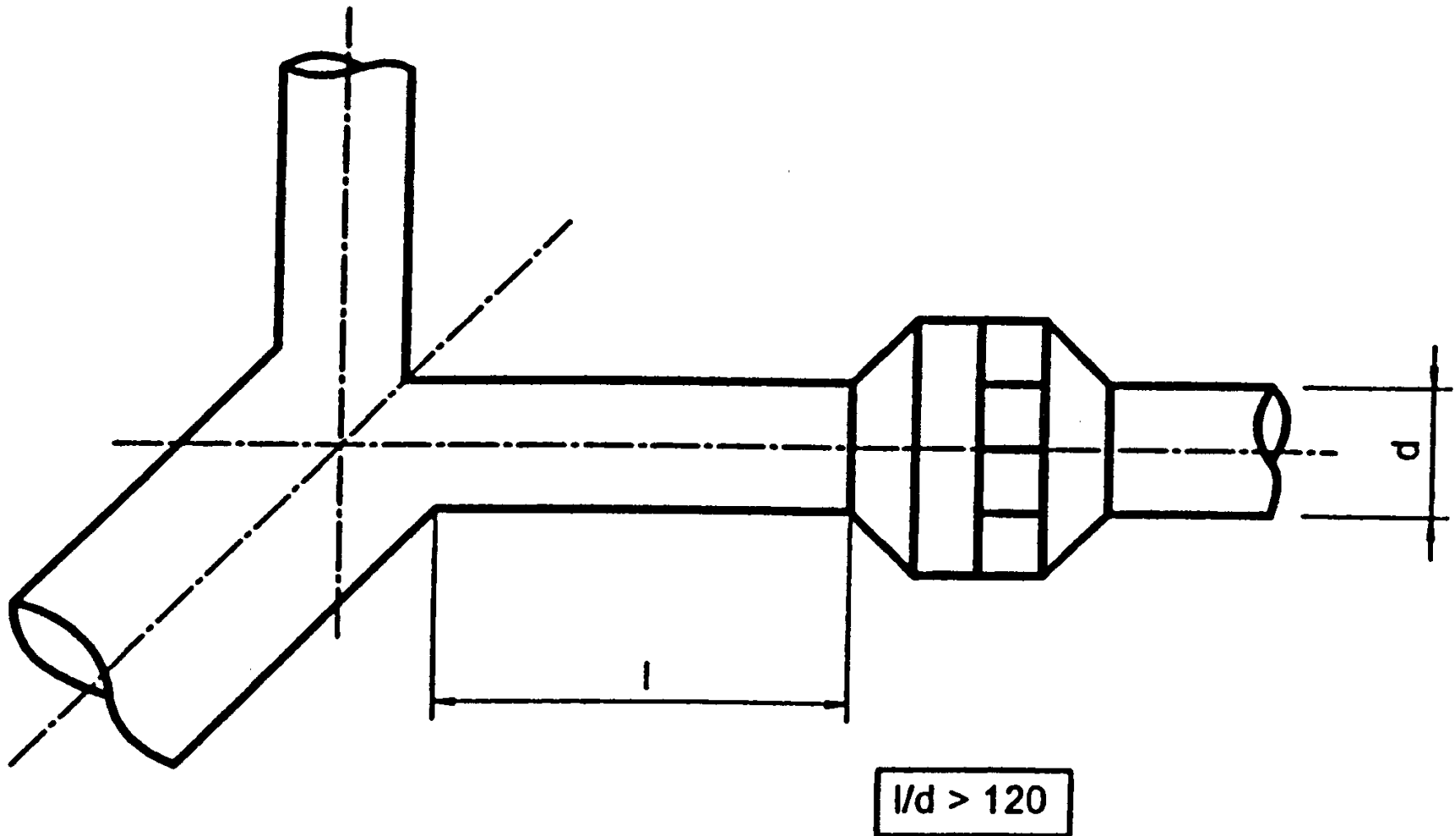




Zulässige Abzweigungen und Formstücke



Anordnung der Flammendurchschlagsicherungen an senkrechten scharfkantigen Rohrabzweigungen



Anordnung der Flammendurchschlagsicherungen an anderen Rohrabzweigungen



In der Rückgewinnungs- oder Abluftreinigungsanlage zu erwartende Zündquellen	Anzahl Schutzmaßnahmen bei Vorliegen folgender Gefahrenbereiche im Abluftsystem		
	Zone 0	Zone 1	Zone 2
betriebsmäßig (z. B. Brennerflamme)	3	2	1
bei üblichen Betriebsstörungen (z. B. Betriebsmittel Gerätekategorie 3 Kennzeichnung "G")	2	1	0
bei seltenen Betriebsstörungen (z. B. Betriebsmittel Gerätekategorie 2 Kennzeichnung „G“)	1	0	0

Anzahl Schutzmaßnahmen nach TRbF 20, 9.2.8