



Professur Chemische Verfahrenstechnik und Apparatechnik

Lagern von:
Feststoffen,
Flüssigkeiten und
Gasen

Lagern – allgemeine Prinzipien

- Lagern ist ein passiver Prozess (keine Änderung der Eigenschaften)
- Wird zur Aufrechterhaltung der Produktion in der stoffwandelnden Industrie als Puffer und zur Homogenisierung des Produktes und der Rohstoffe gebraucht; für
 - Roh- und Hilfsstoffe und
 - Zwischen und Fertigprodukte
- Transport, Umschlag und Lagerung bilden eine Einheit
- Größe des Lagers wird von Durchsatz der Anlage bestimmt. Lager stets so groß wie nötig und so klein wie möglich gestalten.
- Unterschieden werden
 - Vorratslager - sind Großraumlager zur Aufrechterhaltung der Produktion und zum Ausgleich zeitlicher Lieferungsschwankungen und auch Auslieferungslager
 - Zwischenlager sind Puffer an Übergabestellen zw. kont. und diskont. Prozesseinheiten und auch zur Überbrückung kurzzeitiger Betriebsstörungen

Lagern fester Stoffen

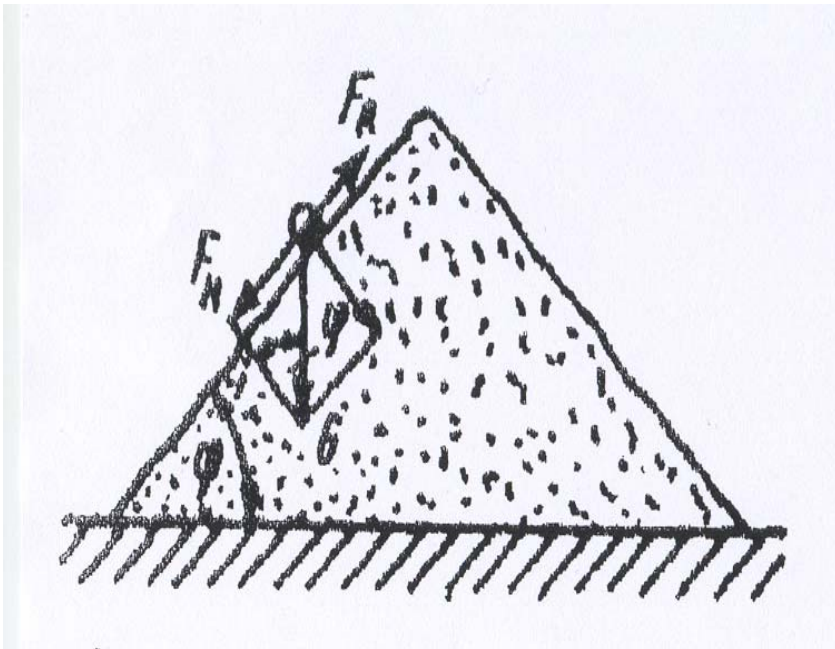
- Stoffeigenschaften und betriebliche Erfordernisse beeinflussen die Auswahl der Lagergestaltung.
- Zum Einsatz kommen folgende Lagertypen:
- Vorratslager:
 - Offene Freilager kein Schutz vor Witterungseinflüssen,
 - Überdachte Freilager Witterungseinfluss wird bedingt abgehalten,
 - Lagerhallen besserer Schutz gegen Witterung
(insbesondere gegen Wind),
- Transportable Lagerbehälter vom Papiersack bis Emballage (bis 5 to)
Dosierung aus der Emballage erfordert
geeignete Vorrichtungen, auch als Zw-Lager
- Zwischenlager:
 - Silos guter Schutz vor Umwelteinflüssen möglich,
 - Bunker Guter Schutz, als Zwischenlager in der
Produktionskette,

Die Dimensionierung der Zwischenlager unter dem Gesichtspunkt einer kurzfristigen Bevorratung und häufigem Wechsel des Inhaltes.

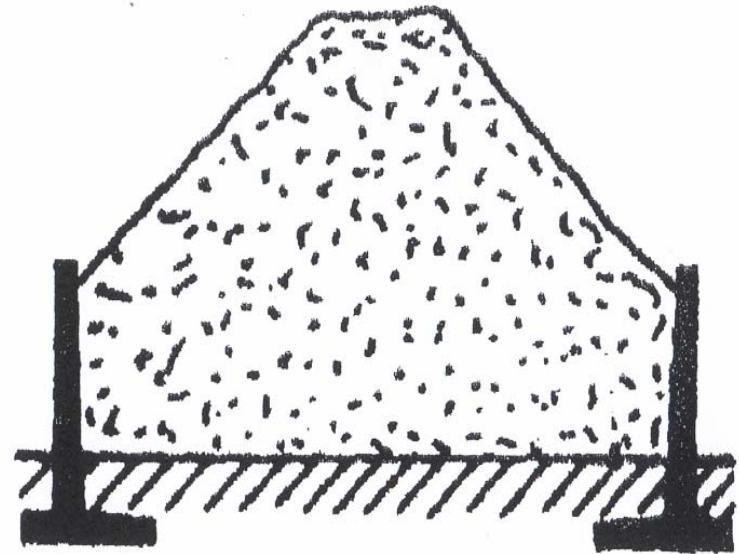
Lagern fester Stoffe

Massengutfreilager im natürlichen Schüttwinkel

Lagerplatz ohne Einfassung



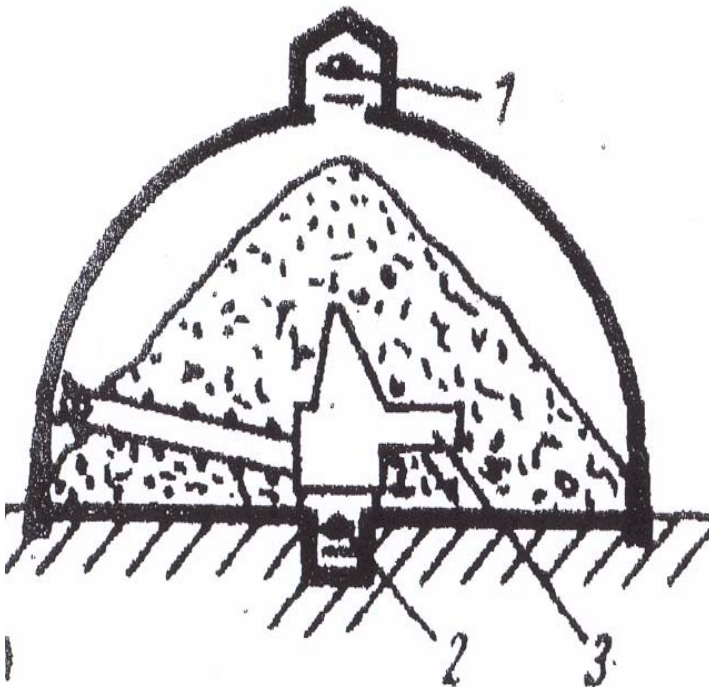
Lagerplatz mit Stützwänden



Lagern fester Stoffe

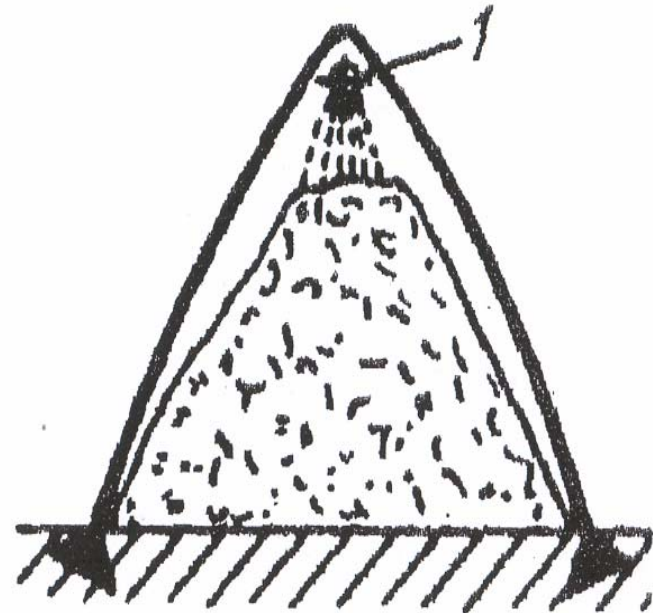
Lagerhallen

Lagerhalle für Kunstdünger



1, 2 Ein- und Ausspeicherung mittels
Gurtbandförderers
3 Kratzförderer

Lagerhalle für
Zucherrübenschnitzel



1 pneumatische Beschickung

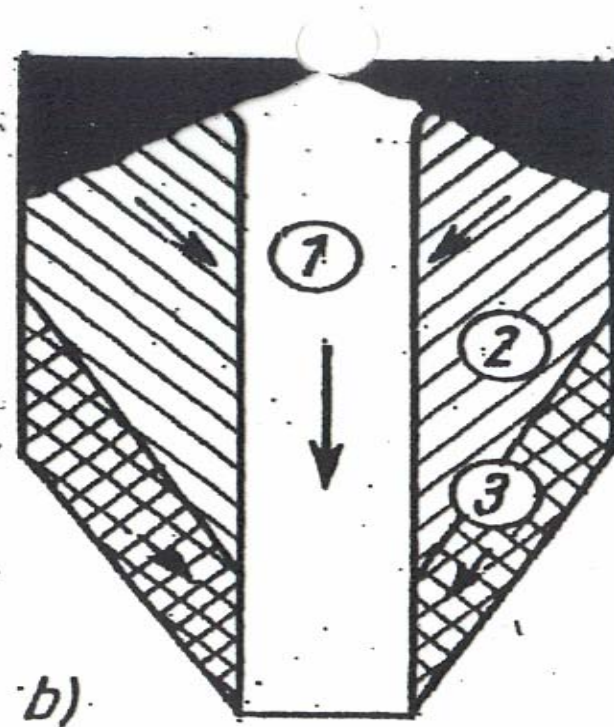
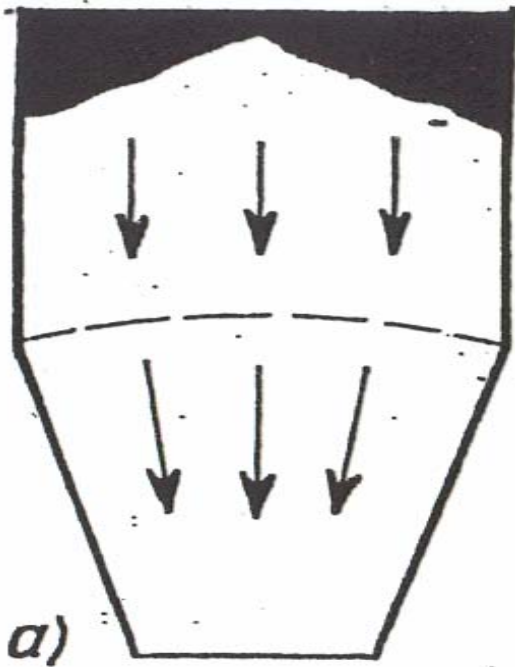
Lagern fester Stoffe

Eigenschaften von ausgewählten Schüttgütern

Stoff	Schüttdichte in 10^3 kg/m^3	Schüttwinkel in rad in Ruhe	auf dem Fördergurt	Kornform	Korn- durchmesser in mm	Härte in Mohshärte	Haft- reibungs- beiwert (auf Stahl)	hygro- skopisches Verhalten
Soda	0,528 ... 1,008		0,35 ... 0,384 (20 ... 22°)	gerundet	0,074 ... 0,25	2,0 ... 4,0		ja
Zement	1,2 ... 1,5	0,874 (50°)	0,175 (10°)	gerundet	0,05	1,5 ... 4,0	0,65	ja
Koks	0,40 ... 1,10	0,874 (50°)	0,264 ... 0,315 (15 ... 18°)	eckig		2,0 ... 4,0	0,33	nein
Salz	0,736 ... 1,184	0,698 (40°)	0,35 ... 0,384 (20 ... 22°)	eckig	0,03 ... 0,25	2,0		ja
Zucker	0,368 ... 0,8		0,35 ... 0,384 (20 ... 22°)	eckig	0,06 ... 0,15	2,0		ja
Quarzsand	0,816 <i>1,6</i>	0,785 (45°)	0,264 ... 0,315 (15 ... 18°)	eckig	0,06 ... 1,5	7,0	0,48	nein
Plastgranulat				gerundet	3			nein
Weizen	0,7 ... 0,8	0,611 (35°)	0,175 ... 0,21 (10 ... 12°)	Ellipsoid	3		0,58	
Asche	0,9	0,874 (50°)	0,264 (15°)	eckig			0,84	
Mehl	0,5	1,03 (59°)	0,264 (15°)				0,65 0,65	
Kartoffeln	0,75		0,175 ... 0,264 (10 ... 15°)	gerundet				

Lagern fester Stoffe

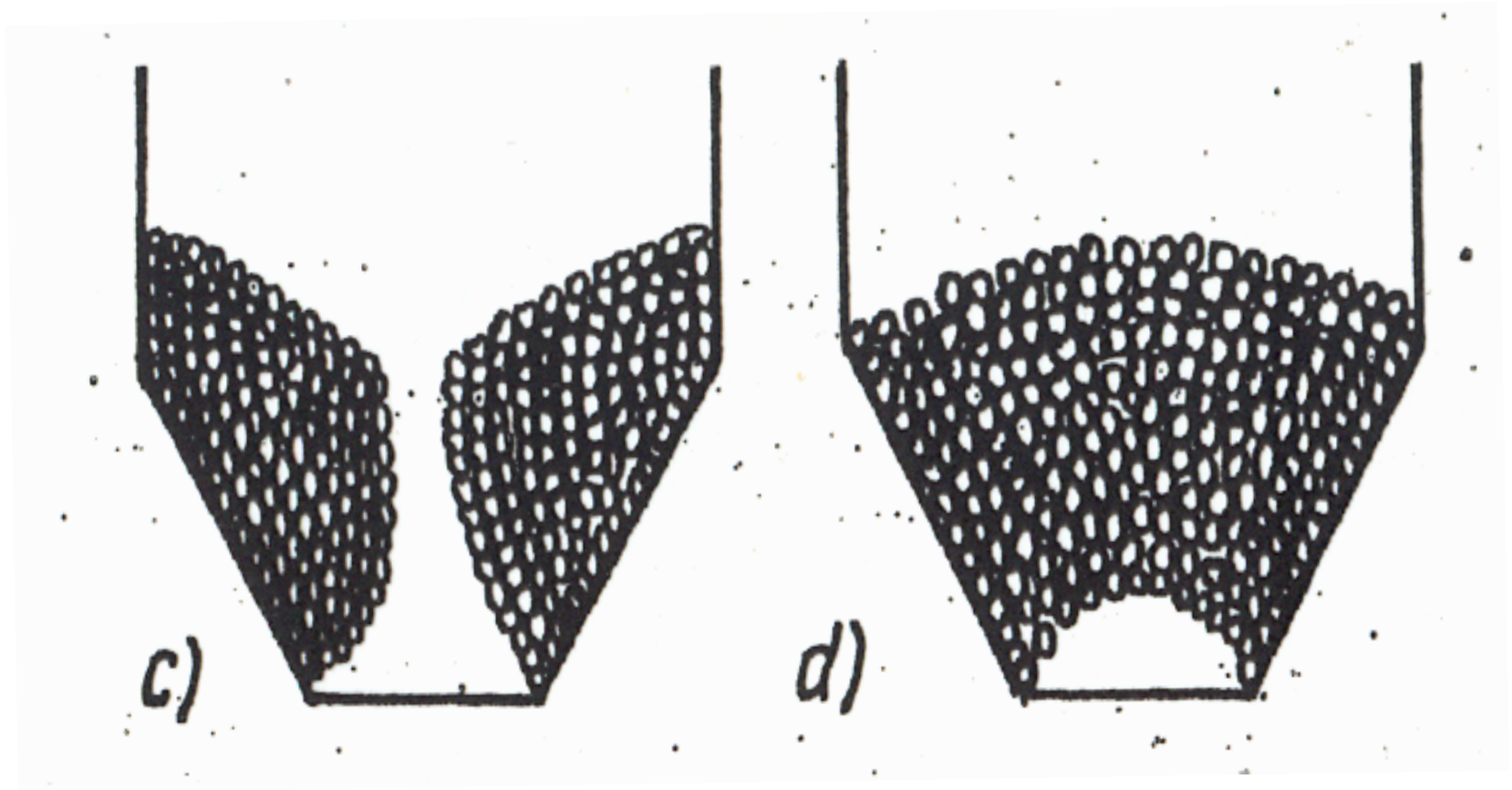
Fließverhalten und Störungen des Fließverhaltens



- a) Massenfluss, das Gut ist frei rieselfähig
- b) Kernfluss, das Gut bildet Zonen mit unterschiedlicher Verweilzeit aus
1 Kernflusszone, 2 seitliche Zone mit mittlerer Verweilzeit und 3 untere seitliche Zone mit der längsten Verweilzeit

Lagern fester Stoffe

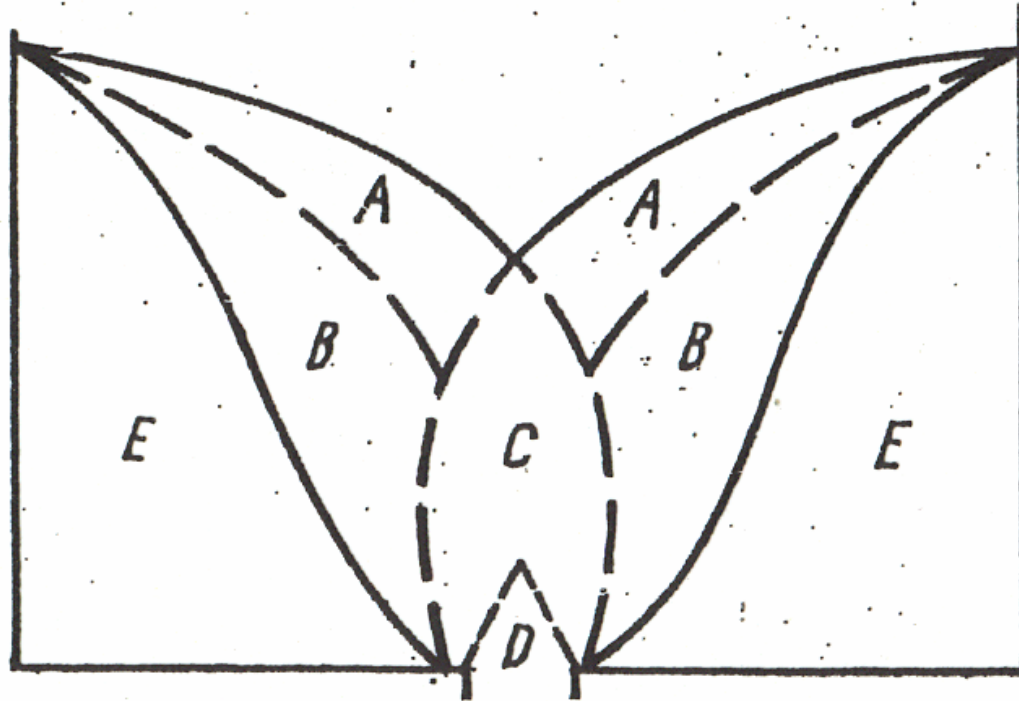
Fließverhalten und Störungen des Fließverhaltens



- c) Schachtbildung
- d) Brückenbildung

Lagern fester Stoffe

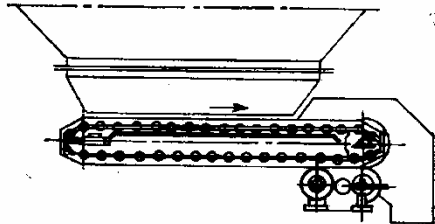
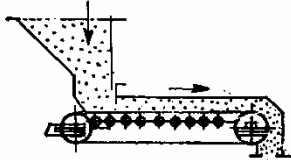
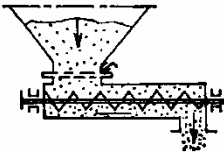
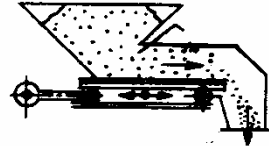
Ausbildung von Fließzonen



Zone A schnelles Gleiten über der Zone B in Richtung auf die Siloachse;
Zone B langsames Gleiten über der Zone E in Richtung auf die Siloachse;
Zone C vertikale Kornbewegung; Zone D freier Fall; Zone D keine Bewegung

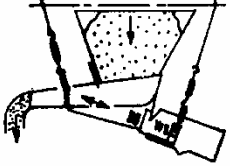
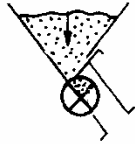
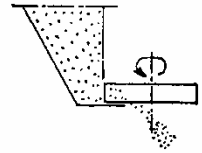
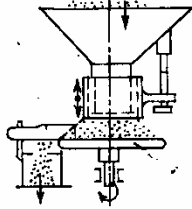
Lagern fester Stoffe

Austragseinrichtungen

Ausrüstung	Skizze	Eignung	Bemerkungen
Plattenband		grobkörnige, schwere und harte Güter Korndurchmesser > 50 mm	meist mit trogförmigen Platten; große Austragleistung, hoher Leistungsbedarf
Gurtband		körnige, wenig abrasive Güter Korndurchmesser < 50 mm	Gurtbandverschleiß erheblich, empfindlich gegenüber Hitze und Chemikalien; als Dosierbandwaage verwendbar; niedriger Leistungsbedarf
Schneckenförderer		staubförmige Güter Korndurchmesser $< 0,1$ mm	für geringe Fördermengen und kurze Förder- strecken; Leistungsbedarf und Verschleiß erheblich
Stoßaufgeber		fein- bis grobkörnige Güter	Austragmenge dem Schubkurbelhub proportional (Beschleunigungsverfahren); Verschleiß und Leistungsbedarf erheblich

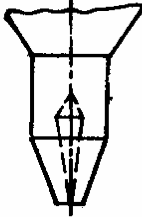
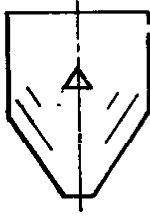
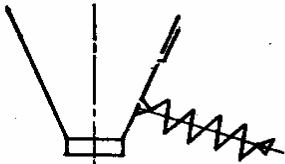
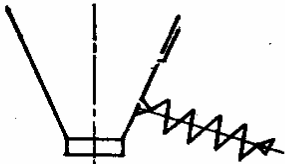
Lagern fester Stoffe

Austragseinrichtungen

Schwingrinne		körnige Güter Korndurchmesser $> 0,1 \text{ mm}$	Austragmenge von Schwingzahl und -weite abhängig
Zellenrad		staubförmige und feinkörnige Güter	für staubende, zum Herausschießen neigende Güter geschlossene Zellenräder, für Kesselbeschickung rückschlagsichere, geschlossene Zellenräder verwenden
Drehkratzer		Kohle und schwer austragbare, klebende Stoffe	für Schlitzbunker (Bunkerentleerungswagen)
Drehteller		fein- bis grobkörnige Güter Korndurchmesser $> 0,1 \text{ mm}$	Einsatz z. B. für Möllieranlagen, hoher Leistungsbedarf; hoher Verschleiß

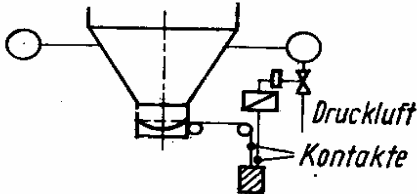
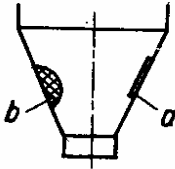
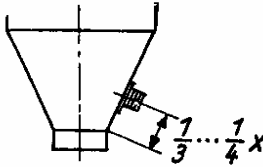
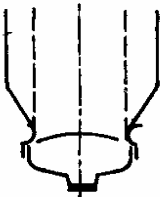
Lagern fester Stoffe

Austragshilfen

Art der Austraghilfe	Skizze	Bemerkung
Verdrängungskörper im Auslaufrichter		Gleichmäßiger Produktaustrag bei heterogenen Schüttgütern unter Rückführung der eingetretenen Entmischung
Verteilerkegel und Gleitplatten oberhalb des Auslaufrichters		Vergrößerung der aktiven Fließzone bei gleichzeitiger Rückführung der eingetretenen Entmischung
Beschichtung der Wandoberflächen (Gummi, Plast, Stahlblech, Formsteinauskleidung)		Verringerung der Reibung zwischen Schüttgut und Speicherwand
Elastische Trichterwände		Bei erhöhtem Druck durch das Schüttgut (Brückenbildung) gibt die elastische Trichterwand nach

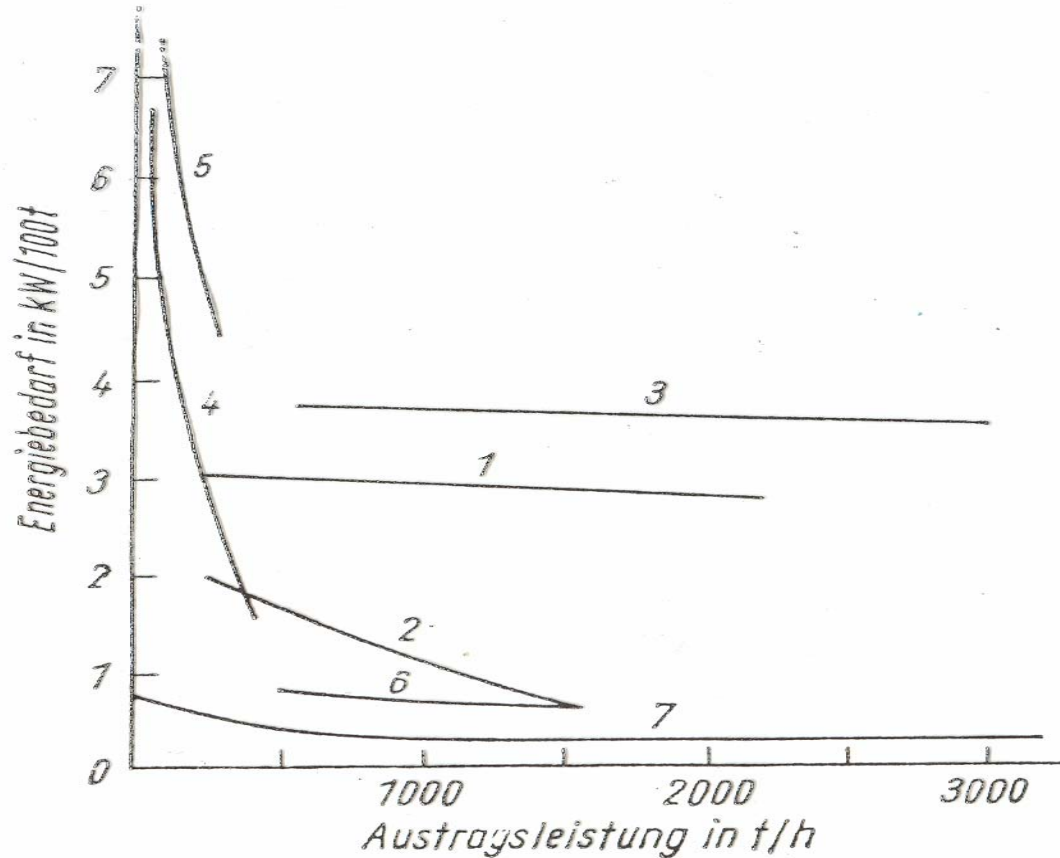
Lagern fester Stoffe

Austragshilfen

Art der Austraghilfe	Skizze	Bemerkung
Pneumatische Austraghilfe Lufteinblasung		Durch Druckluft von etwa 0,6 MPa wird das Schüttgut im Speicher aufgelockert
Bunkerkissen		Periodisches Aufblasen stationär angeordneter Luftkissen
Vibrationseinrichtungen Außenwandvibratoren		Elektrisch oder pneumatisch angetriebene Vibratoren bewirken durch Schwingungen eine Ausflußverbesserung
Schwingende Auslauftrichter (Schwingtrichter)		

Lagern fester Stoffe

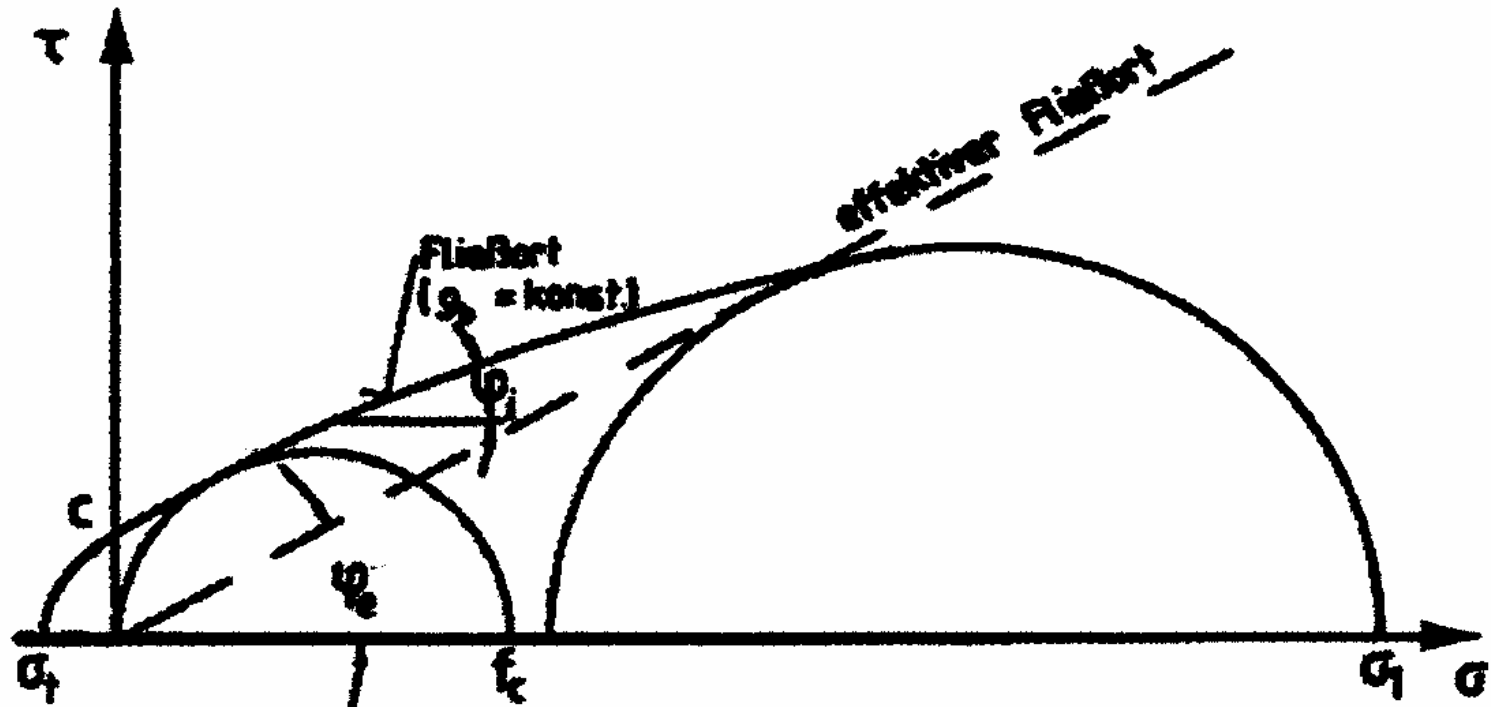
Spezifischer Energiebedarf ausgewählter Austragsvorrichtungen



1 Plattenbandförderer; 2 Gurtbandförderer; 3 Räumbandaufgeber; 4 Drehtelleraufgeber;
5 Schneckenförderer; 6 Schwingrinne; 7 Resonanzrinne

Lagern fester Stoffe

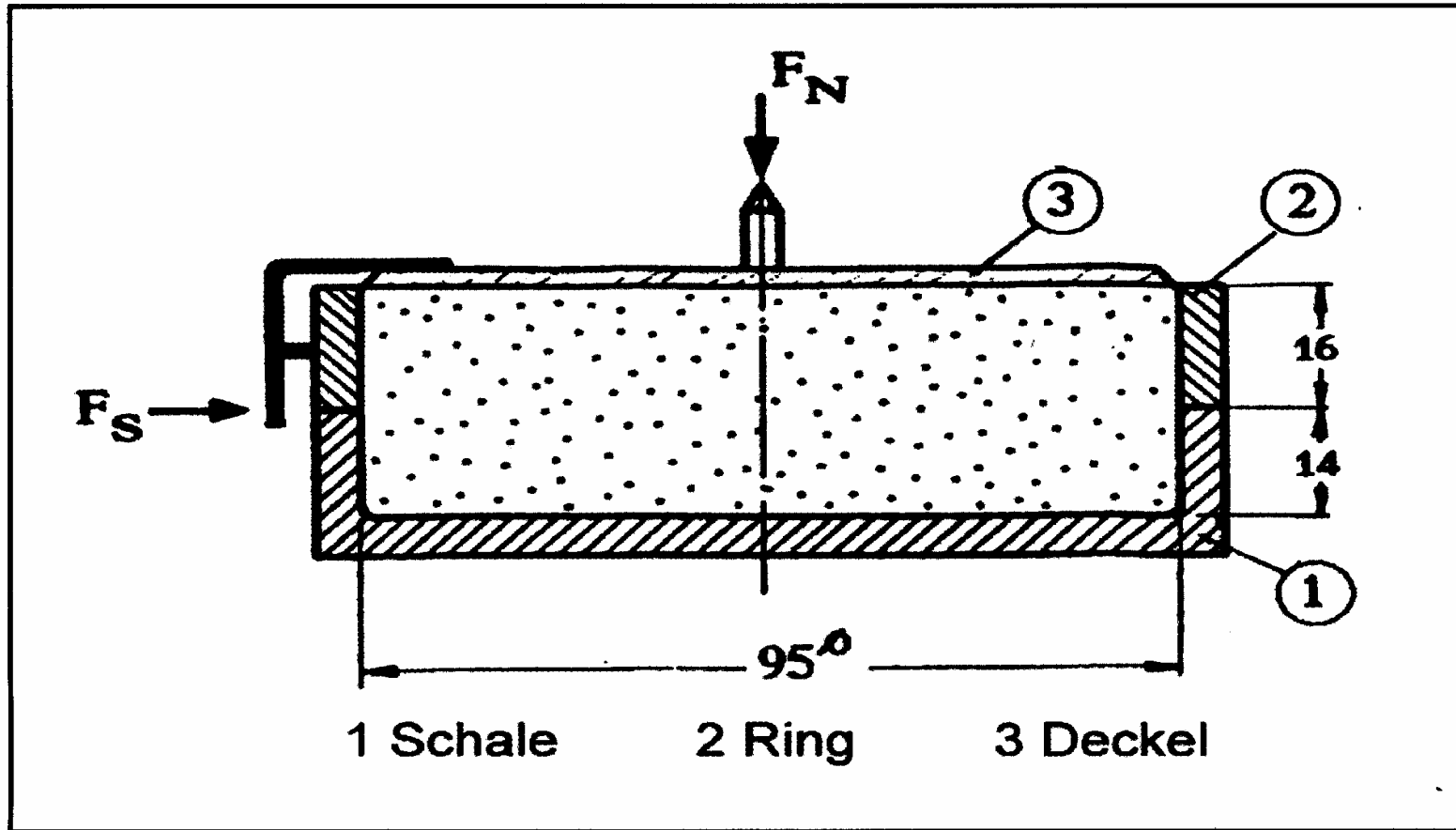
Fließort eines Schüttgutes



Darstellung der tatsächlich wirkenden Spannungen als Spannungskreis (Mohr)
Schüttgut beginnt zu Fließen, wenn die Schüttgutbeanspruchung so weit wächst,
Dass der Fließort tangiert wird.

Lagern fester Stoffe

Aufbau einer Scherzelle nach Jenike



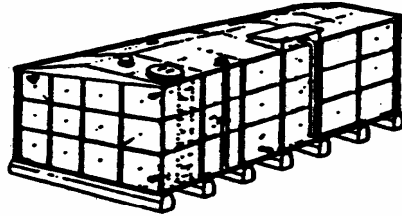
Hersteller: Fa. ATV , Ravensburg

Lagern von Flüssigkeiten

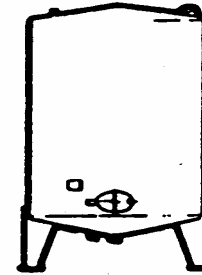
- Die Lagerung von Flüssigkeiten und verflüssigten Gasen erfolgt in ortsfesten Behältern, meist aus Stahl aber auch aus glasfaserverstärktem Kunststoffen und auch aus Beton
- Dabei handelt es sich um stehende oder liegende, zylindrische oder kugelförmige Behälter
- Bei der Lagerung brennbarer Flüssigkeiten sind besondere Sicherheitsvorschriften zu beachten (Betreibssicherheitsverordnung, vor 2003 die „Technischen Regeln für brennbare Flüssigkeiten“)
- Bewegliche Emballagen (Fässer, Gasflaschen) gelten als Stückgüter und unterliegen anderen sicherheitstechnischen Vorschriften
- Tanks sind so aufzustellen, dass im Fall einer Havarie keine Bodenverunreinigung entstehen kann
- Der Auffangraum muss bei einem Tank 100%, bei zwei Tanks 75%, bei drei Tanks 60% und bei Tankfeldern über fünf Tanks 50% fassen
- Großraumtanks über 5000 m³ Fassungsvermögen; es erhält jeder Tank einen separaten 100% - Auffangraum

Lagern von Flüssigkeiten

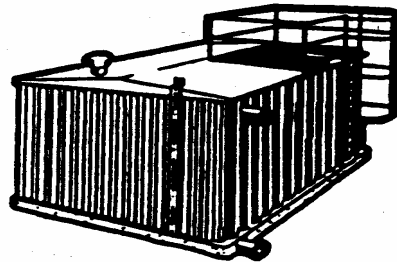
verschiedene Bauformen von Lager- und Prozessbehältern



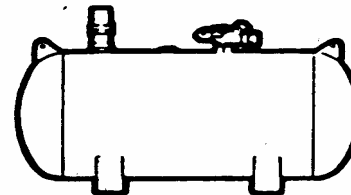
geschraubter Behälter



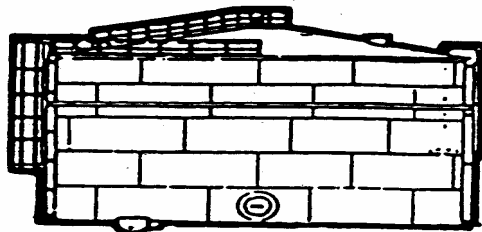
Lagertank



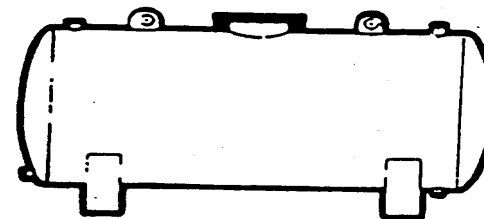
Behälter aus geripptem Blech



Druckkessel



Flachbodentankbauwerk



Horizontalbehälter (drucklos)

Lagern von Flüssigkeiten

Einteilung der brennbaren Flüssigkeiten

Verordnung über brennbare Flüssigkeiten

aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie

Die **Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF)** war ein deutsches Regelwerk.

Sie ist mit Inkrafttreten der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) am 1. Januar 2003 außer Kraft getreten.

Nach der Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF) gab es 2 verschiedene Gefährklassen:

- **Gefährklasse A** (nicht wasserlösliche brennbare Flüssigkeiten):
 - Gefährklasse AI: Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 21 °C (z. B. Benzin)
 - Gefährklasse AII: Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt zwischen 21 °C und 55 °C (z. B. Petroleum)
 - Gefährklasse AIII: Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt zwischen 55 °C und 100 °C (z. B. Dieselkraftstoff)
- **Gefährklasse B:**
 - Bei 15 °C wasserlösliche brennbare Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 21 °C (z. B. Ethanol)

Seit 2003 nur noch unterschieden in:
leicht entzündbar und schwer entzündbar

Lagern von Flüssigkeiten


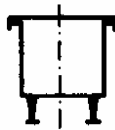

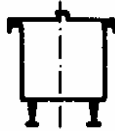
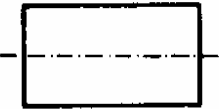




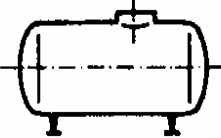
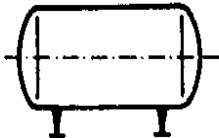

zulässige Lagermengen brennbarer Flüssigkeiten

Lagermenge in m ³			Mindestbreite des Schutzstreifens in m	
AI	A II B	A III B	Festdachtanks ohne Inert- oder Schutzgas	Festdachtanks mit Inert- oder Schutzgas, Schwimmdachtanks und Tanks mit Behälterdoppelwand
≤ 10	≤ 50	≤ 100	0	0
> 10	> 50	≤ 100	5	5
> 25	> 125	> 250	10	7,5
> 100	> 500	> 1000	20	15
> 500	> 2500	> 5000	30	25
> 5000	> 25000	> 50000	30	30

Lagermengen brennbarer Flüssigkeiten in Abhängigkeit von der Schutzstreifenbreite

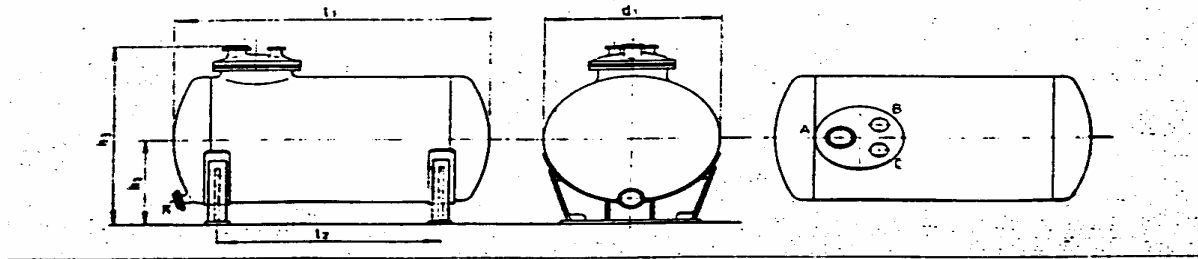
Lagern von Flüssigkeiten

Ausführungsformen von Behältern

Art	offen		Öffnung	Deckel einteilig	
	geschlossen			Deckel geteilt	
Form	rechteckig			Klappdeckel 1/2	
	rund			Klappdeckel ganz	
Lage	stehend			Mannloch (Scheitel)	
	liegend			Mannloch im zyl. Behälterteil	

Lagern von Flüssigkeiten

genormte Behälter



Nenn- inhalt	Gesamt- inhalt	Abmessungen [mm] Main dimensions Dimensions							Gewicht ohne Fußkonstruktion	
Nominal Capacity	Total capacity						Stutzen im Mannlochdeckel Nozzles on manhole cover Turbulures DN		Auslauf Discharge Vidange DN	Weight without support
Capacité nominale	Capacité totale									Poids sans support
[l]	[l]	d ₁	l ₁	l ₂	h ₁	h ₂	A	B + C	K	~ [kg]
1 000	1 245	1 000	1 800	1 200	700	1 550	80	50	80	640
1 600	1 770	1 000	2 500	1 900	700	1 550				810
2 500	2 870	1 200	2 800	2 100	800	1 750				1 060
4 000	4 430	1 600	2 500	1 600	1 050	2 200			1 400	
6 300	7 290	1 800	3 200	2 250	1 150	2 400			1 910	
10 000	11 340	2 000	4 000	2 950	1 250	2 600	100	80	100	3 080
16 000	17 360	2 200	5 000	3 800	1 350	2 800				4 080
20 000	23 235	2 400	5 600	4 350	1 450	3 000				4 930
25 000	27 090	2 600	5 600	4 200	1 550	3 200				5 930
32 000	35 990	2 800	6 400	4 950	1 650	3 400	150	100	150	8 560
40 000	45 590	2 800	8 000	6 500	1 650	3 400				10 370
50 000	52 240	3 000	8 000	6 400	1 750	3 600				12 190
63 000	65 660	3 000	10 000	8 400	1 750	3 600				18 170
80 000	93 990	3 600	10 000	8 100	2 050	4 200				21 100
100 000	115 680	4 000	10 000	7 900	2 250	4 600				23 740

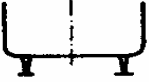

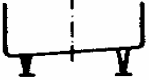




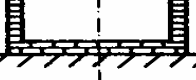

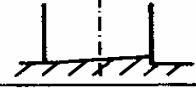

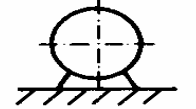
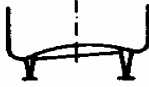


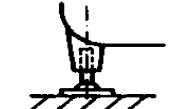
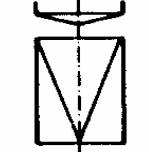

* max. zul. Füllgrenze 95 % des
Gesamtinhalt.

* max. permitted filling level
95 % of the total capacity.

* taux de remplissage autorisé
95 % du capacité totale.

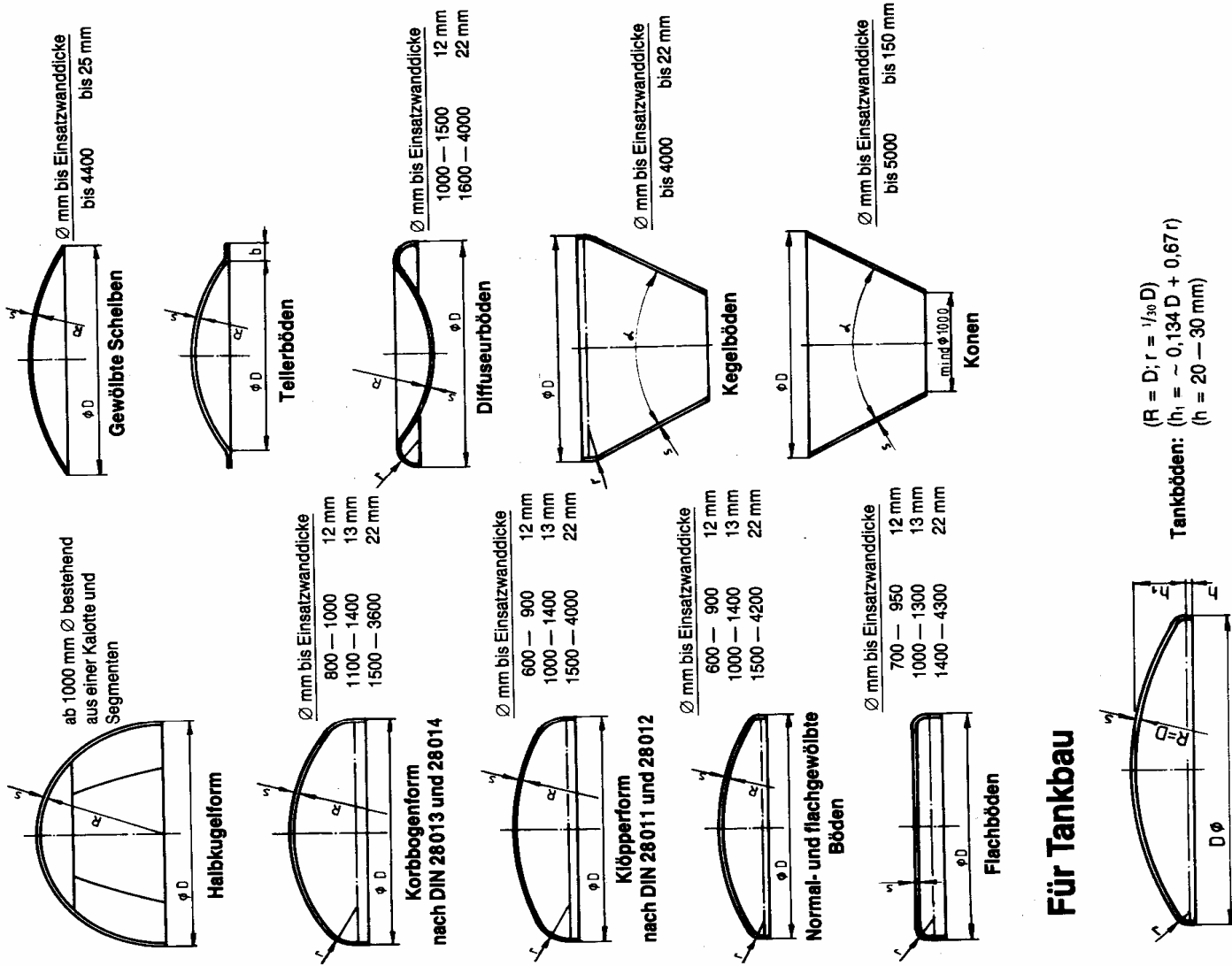
Lagern von Flüssigkeiten

Gestaltung der Behälter

Boden	gerade		Wand	einwandig	
	schräg			doppelwandig isoliert	
	konisch zentrisch			Heizmantel, Kühlmantel	
	konisch exzentrisch			Mauerwerk ausgekleidet	
	gewölbt, außen		Füße	Beton - Rundsockel	
	gewölbt, innen			Sattel	
	gewölbt, innen schräg			Platten	
	Halbkugel			Kalotten	
	Faltboden			Deckenaufhängung	

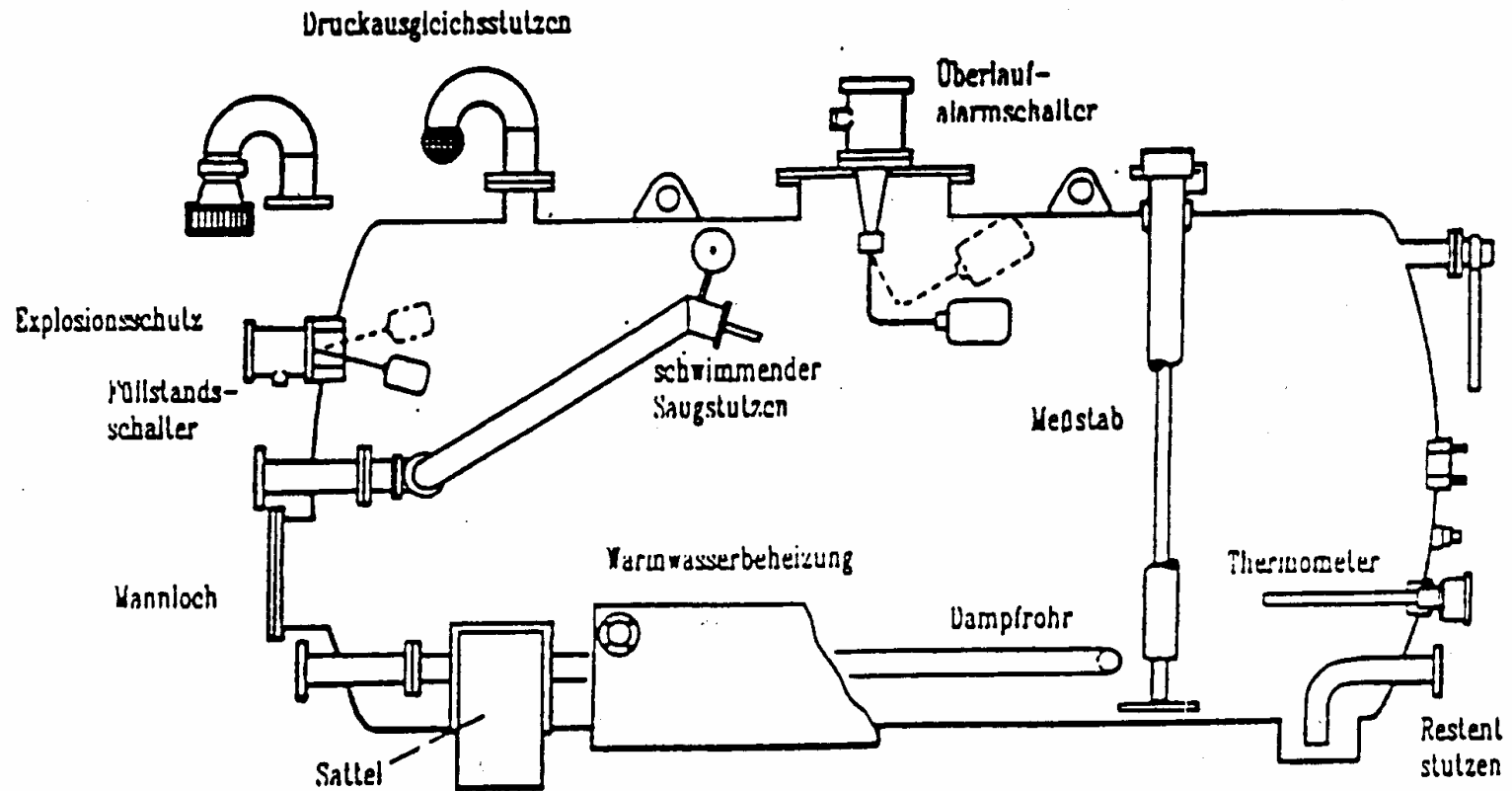
Lagern von Flüssigkeiten

übliche Ausführung gepresster Böden



Lagern von Flüssigkeiten

Beispiel für einen ausgerüsteten Lagertank



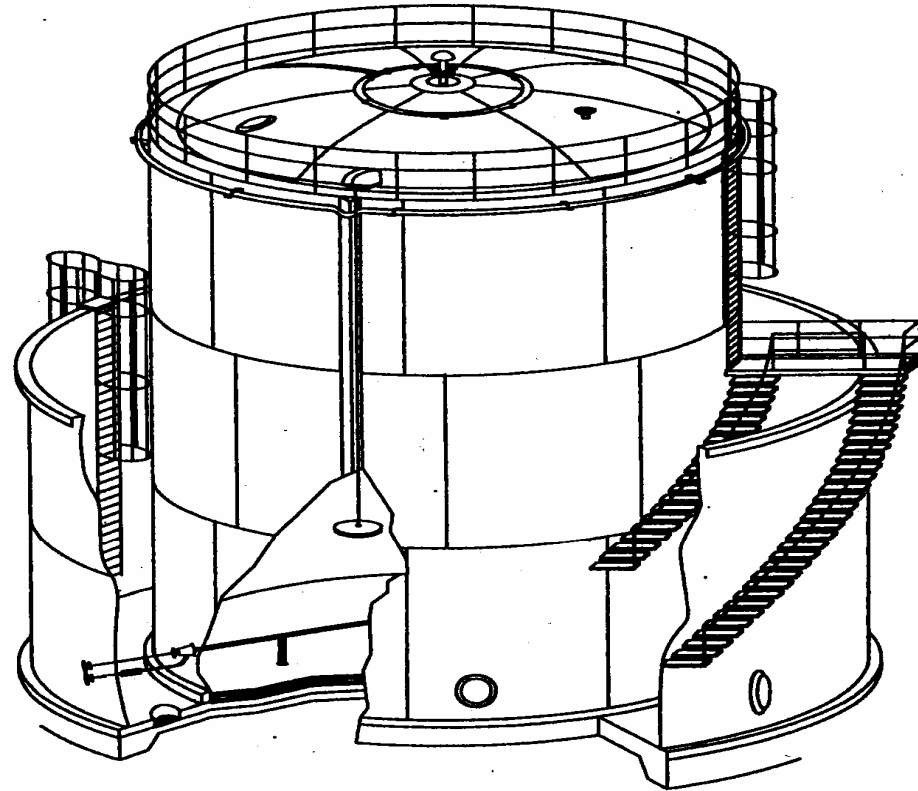
Lagern von Flüssigkeiten

Prüfgruppen der Druckbehälterverordnung

- Gruppe I:
- Druckbehälter für flüssige Gase mit $0,01 \text{ bar} < p \leq 0,1 \text{ bar}$ oder für
 - $p \leq 25 \text{ bar}$ und $p \cdot L \leq 200 \text{ bar l}$ oder
 - Druckbehälter als Rohranordnungen mit einem lichten Querschnitt von höchstens 100 cm^2 und $D \cdot p \leq 2000 \text{ mm bar}$ (D in mm, D = lichter Durchmesser)
- Gruppe II:
- $p > 25 \text{ bar}$ und $p \cdot L \leq 200 \text{ bar l}$ sowie
 - $p \leq 1 \text{ bar}$ und $p \cdot L > 200 \text{ bar l}$
- Gruppe III:
- $p > 1 \text{ bar}$ und $200 \text{ bar l} < p \cdot L \leq 1000 \text{ bar l}$
- Gruppe IV:
- $p > 1 \text{ bar}$ und $p \cdot L > 1000 \text{ bar l}$
- Gruppe V:
- $p \leq 500 \text{ bar}$ oder
 - $p > 500 \text{ bar}$ und $p \cdot L \leq 1000 \text{ bar l}$
- Gruppe VI:
- $p > 500 \text{ bar}$ und $1000 \text{ bar l} < p \cdot L \leq 10000 \text{ bar l}$
- Gruppe VII:
- $p > 500 \text{ bar}$ und $p \cdot L > 10000 \text{ bar l}$

Lagern von Flüssigkeiten

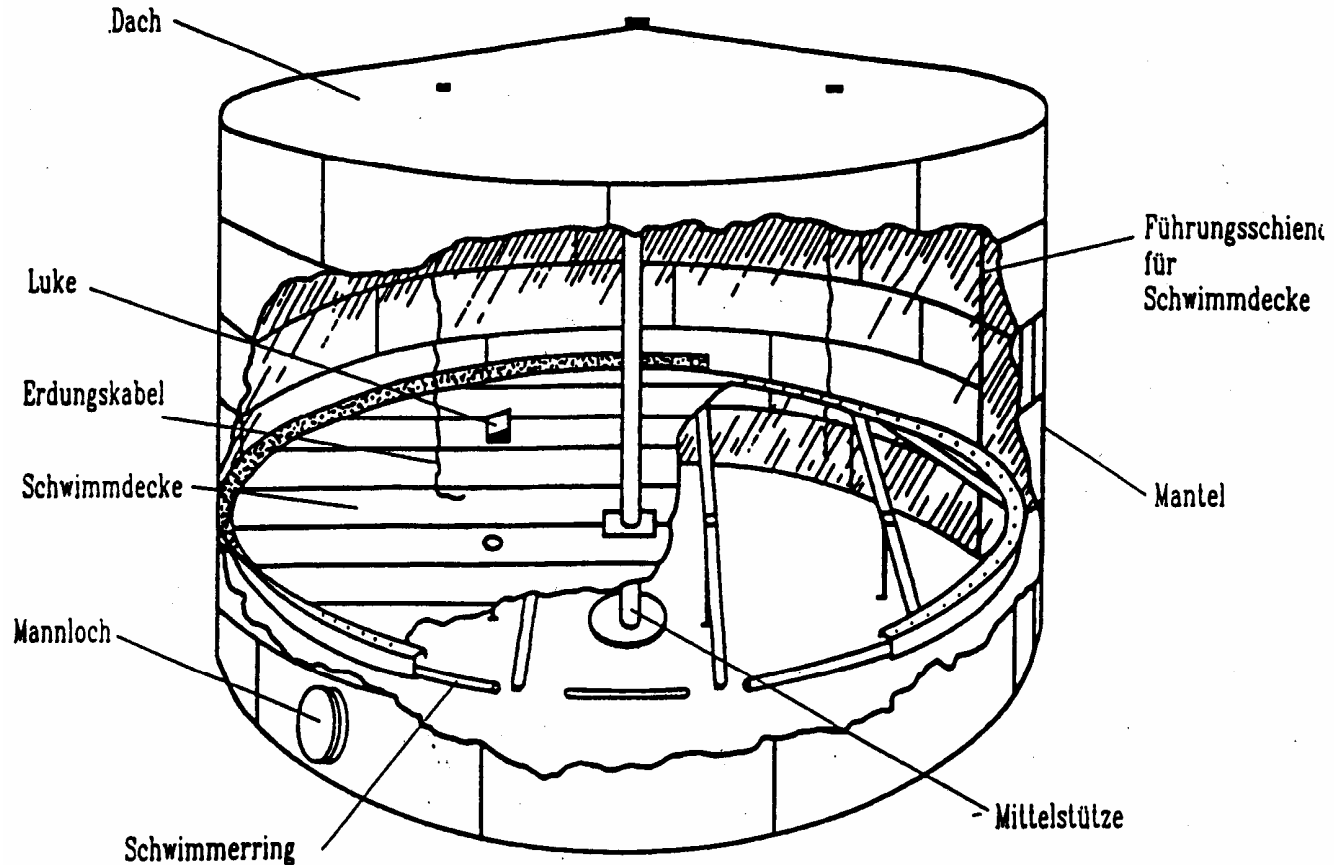
Tankbauwerk



Georg Fischer Anlagenbau, Pratteln

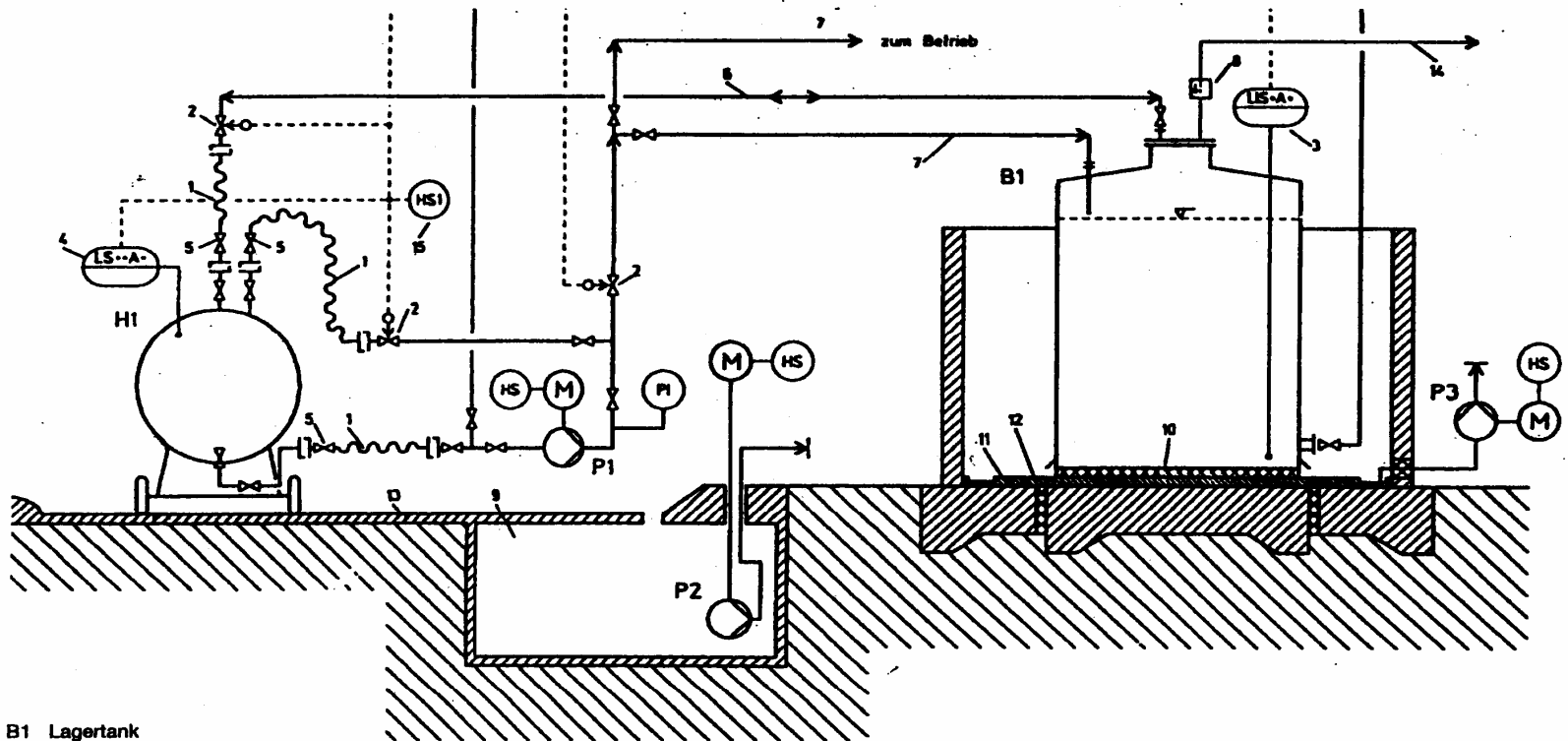
Lagern von Flüssigkeiten

oberirdisches Flachtankbauwerk nach DIN 4119 T1 + T2



Lagern von Flüssigkeiten

Fließbild einer Tankanlage für Flüssigkeiten der Wassergefährdungsgruppe 3

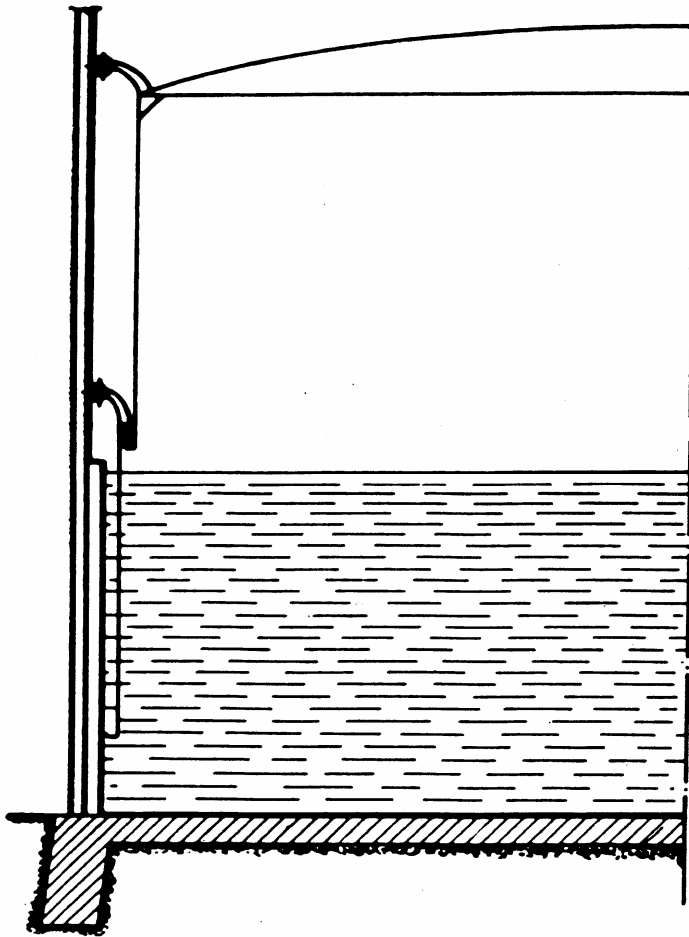


- B1 Lagertank
- H1 Transporttank
- P1 Füll-/Entleerpumpe
- P2 Stop-Pumpe
- P3 Stop-Pumpe
- 1 Verbindungsschläuche
- 2 Schnellschlußarmaturen
- 3 Überfüllsicherung am Lagertank
- 4 Überfüllsicherung am Transporttank
- 5 Absperrventil
- 6 Gaspendelleitung
- 7 Füll-/Entleerleitungen
- 8 Unterdruck-/Überdrucksicherung

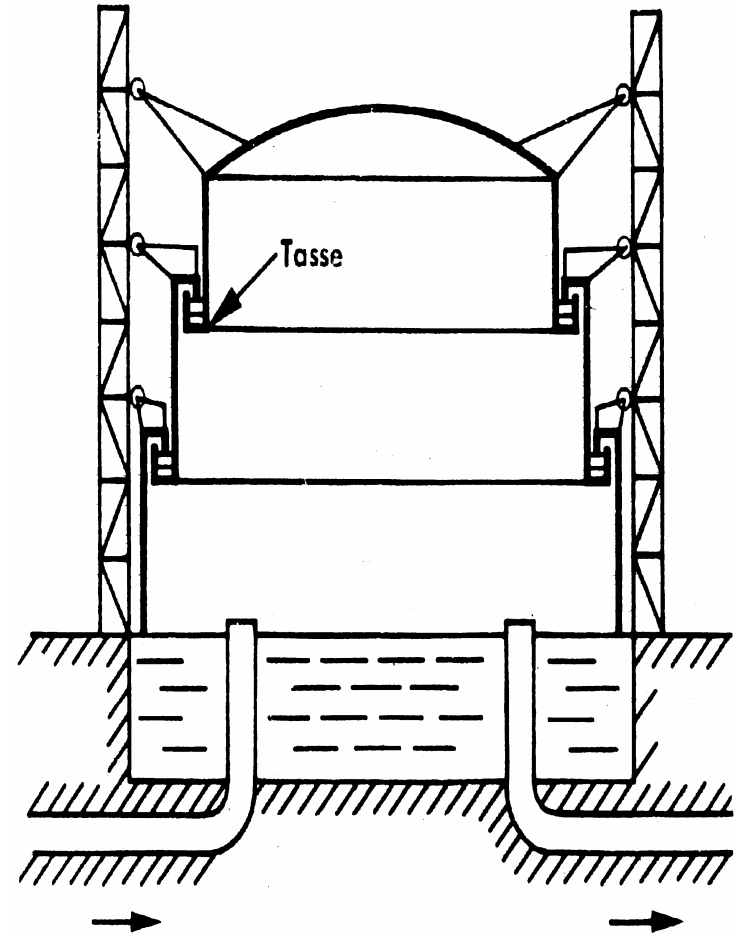
- 9 Auffangraum
- 10 Sperrschicht
- 11 Flüssigkeitsbeständiger Belag
- 12 Fugendichtung
- 13 Flüssigkeitsundurchlässige Befestigung in Straßenbauweise mit Nachweis der Beständigkeit
- 14 Entlüftungsleitung zur Abgasentsorgung
- 15 Not-Aus-Abschaltung

Lagern von Gasen

Glockengasbehälter



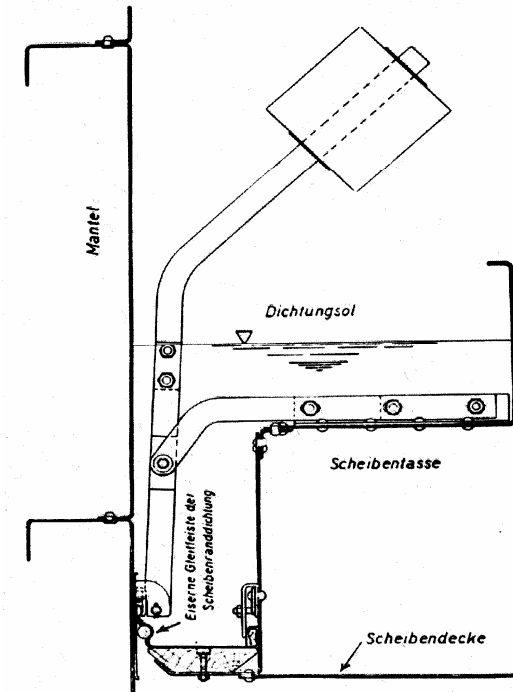
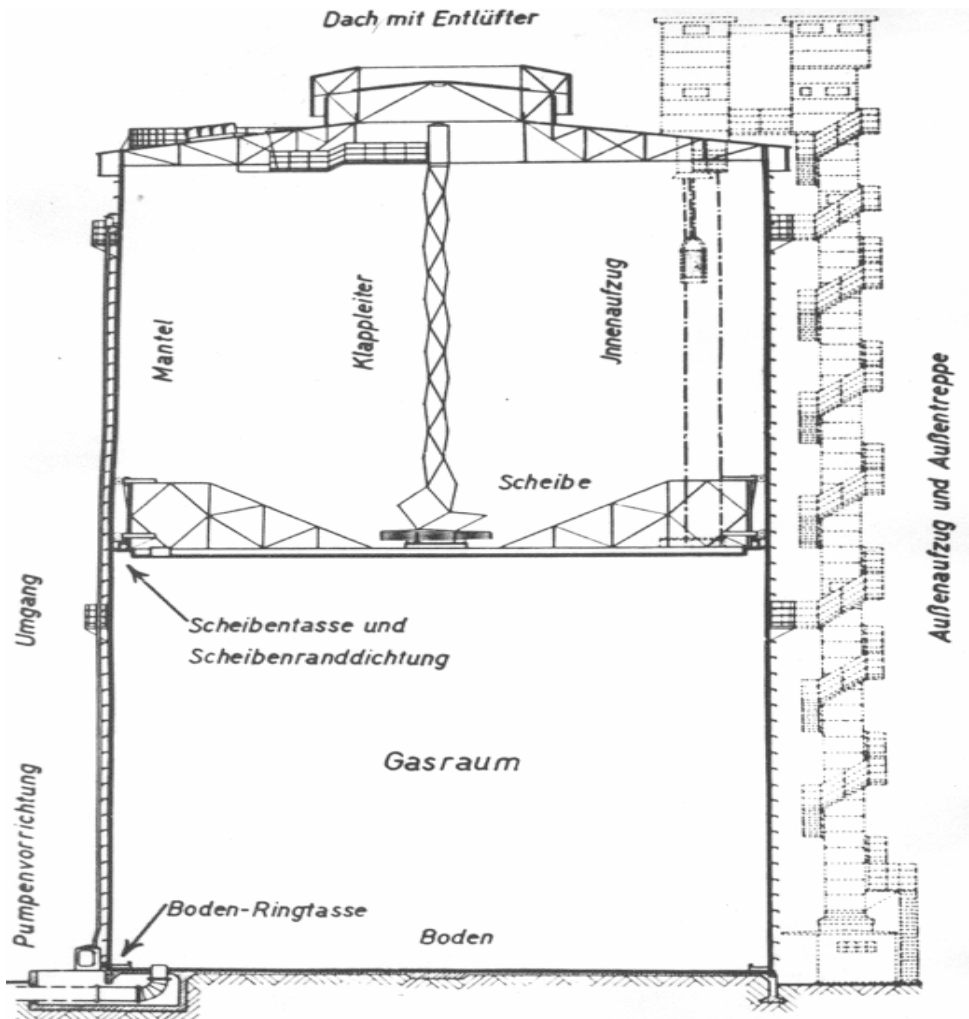
Glockengasbehälter mit oberirdischem eisernem Zylinderbecken



Dreihübiger Glockengasbehälter

Lagern von Gasen

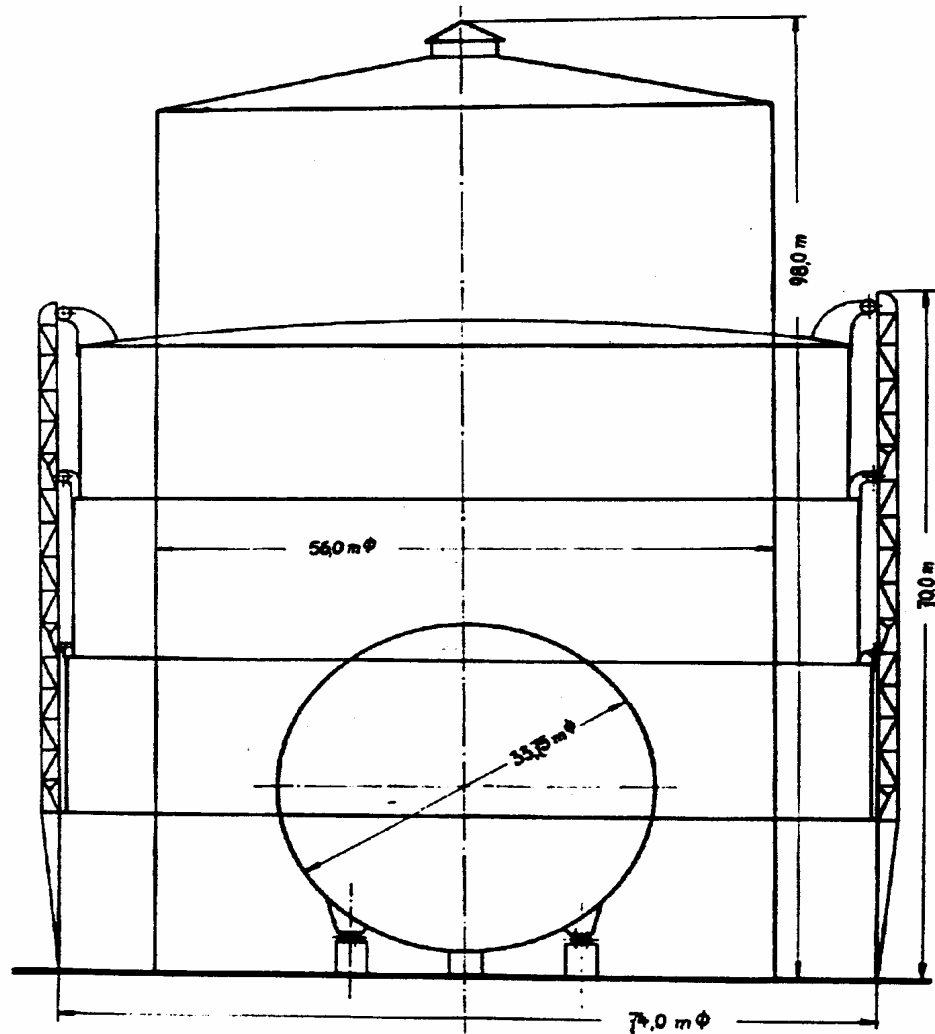
Scheibengasbehälter



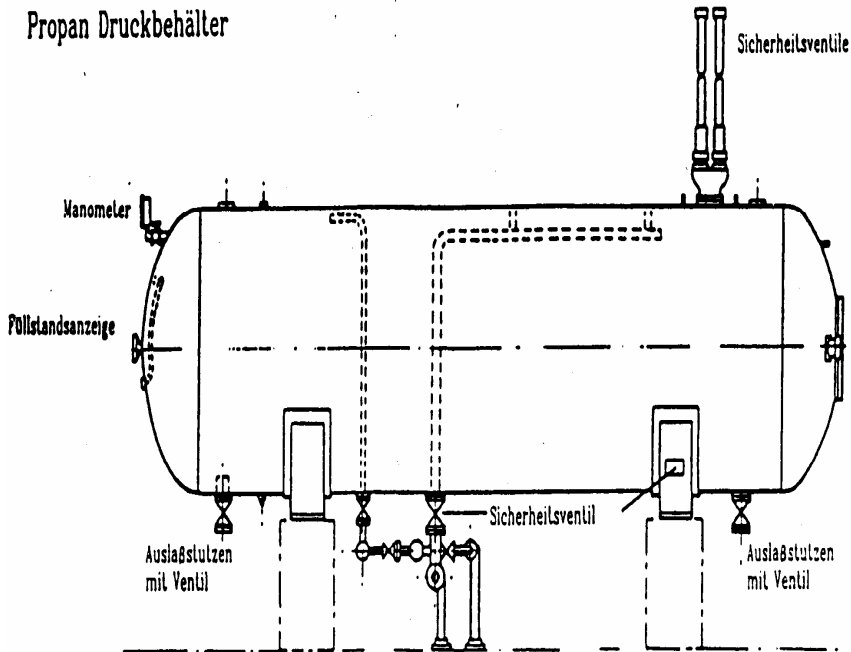
Randabdichtung

Lagern von Gasen

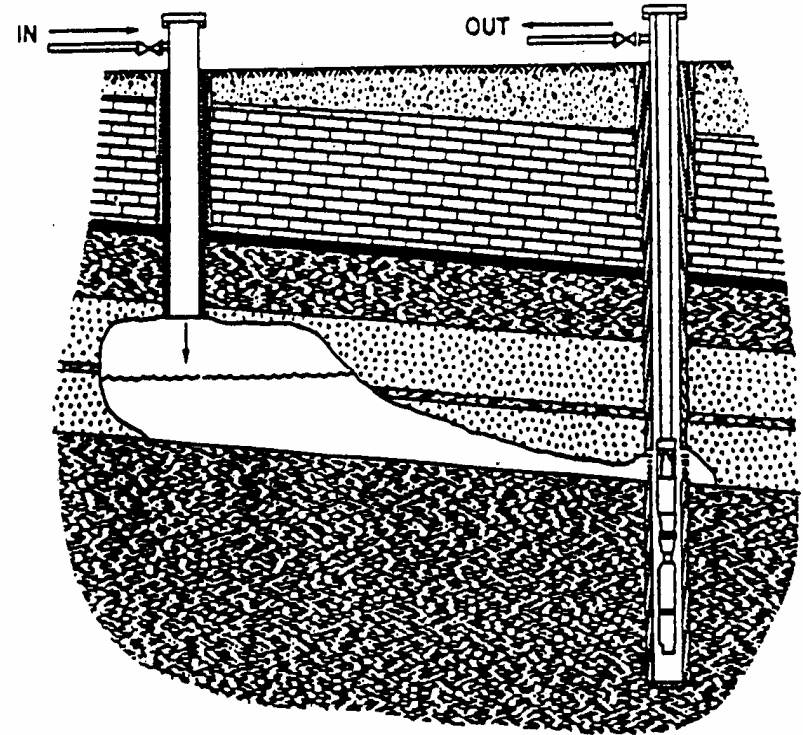
Größenvergleich zwischen einem Glocken-, Scheiben- und Hochdruck
– Kugel – Gasbehälter mit Fassungsvermögen je 100.000 m³



Lagern von Gasen



Horizontaler Druckbehälter für Propangas



Darstellung einer Kaverne zur Lagerung von Flüssigkeiten (auch für Gas möglich)