

Einleitung (S. 1-2)

1. Was ist Verfahrenstechnik (process engineering, chemical engineering):

selbstständige Ingenieurwissenschaft.

befasst sich mit allen **Vorgängen** bei denen **Stoffe hinsichtlich Zusammensetzung, Eigenschaften oder Stoffart verändert** werden

2. Was ist ein Apparat (process equipment, apparatus):

Technische Einrichtung zur **Verwirklichung von Grundoperationen** oder Prozessstufen.

Besteht aus einem **starren Gehäuse**, in dessen Innerem gegebenenfalls durch **Hilfseinrichtungen Druck, Temperatur, Konzentration und Verweilzeit eingestellt** werden, um die **Kinetik** des im Apparat ablaufenden **Vorgangs** im **gewünschten Sinne zu beeinflussen**.

3. Erklären Sie den Begriff unit operations:

= *Grundverfahren, Grundoperationen*

Bei einem Grundverfahren verlaufen die **Stoffumwandlungsvorgänge stets** nach den **gleichen Prinzipien** in den gleichen **technischen Einrichtungen unabhängig** davon, **welches Produkt** im Gesamtprozess erzeugt wird.

[Bei der Erzeugung egal welchen Produktes verlaufen die Stoffumwandlungsvorgänge stets nach gleichem Prinzip und gleichen technischen Einrichtung unabhängig von welchem Produkt schlussendlich erzeugt wird.]

4. Was ist eine Anlage:

Eine verfahrenstechnische Anlage besteht aus der Gesamtheit aller notwendigen sowie in Reserve stehenden **Einrichtungen und Bauten** für die Durchführung eines Verfahrens. Eine Anlage ist ein weitgehend **autonomes, funktionsfähiges, formschlüssiges** System von **Apparaten, Rohrleitungen und Einrichtungen**.

Eine Gesamtheit für ein Verfahren notwendige Einrichtung samt Bauten (mit Anlagen Rohrleitungen etc.)

5. Was ist ein Verfahren:

Ein Verfahren ist ein Ablauf von physikalischen, chemischen oder biologischen Vorgängen zur Gewinnung oder Beseitigung von Produkten. Verfahren bestehen aus einer Kombination von Grundoperationen.

6. Was ist Prozesstechnik:

Prozesstechnik besteht aus den Bereichen:

Prozessgestaltung (Auswahl u. Anordnung von Grundoperationen, Festlegung günstiger Betriebstechnik) mit Aufgaben für Verfahrenstechnik und Anlagentechnik

Prozessführung (Betriebbarkeit eines Prozesses, Betrieb einer Anlage) mit Aufgaben für Mess-, Steuer- und Regelungstechnik und Betriebstechnik.

7. Welche Arten von Schemata zur Darstellung von Prozessen kennen Sie?

- Grundfließbild (basic flow sheet)
- Verfahrensließbild (process flow sheet)
- Mengenschema
- Rohrleitungs- und Instrumentenfließbild (piping and instrumentation diagram)
- Massenbilanz (mass balance) und Massenfließbild (Sankey-Diagramm)
- Energiebilanz (energy balance) and Energiefließbild (Sankey-Diagramm)
- Funktionsbeschreibung (functional description)
- Funktionsplan

Fließbilder (S. 3-20)

8. Generelle Regeln für die Fließrichtung in Schemata:

- Allgemein Fließrichtung von
 - **Links nach Rechts**
 - **Oben nach Unten**
- **Pfeile** in den Linien deuten die Fließrichtung am Eingang von Maschinen und vor Rohrabzweigungen an (sonst keine Pfeile)
- Besteht ein Fließbild **aus mehreren Blättern** → ein- und austretende Fließlinien eines Blattes so zeichnen, dass beim Aneinanderführen der Blätter die Fließlinien aus der selben Höhe verlaufen.
- Möglichst keine **Überschneidungen**.
 - Überschneidung von 2 Fließlinien ohne Verbindung → Kreuzen der Linien + Unterbrechen der untergeordneten Linie zulässig;
 - gleichrangige Linien → senkrechte = durchgezogen.

9. Überschneidung von Fließlinien:

- Möglichst keine **Überschneidungen**.
 - Überschneidung von 2 Fließlinien ohne Verbindung → Kreuzen der Linien + Unterbrechen der untergeordneten Linie zulässig;
 - gleichrangige Linien → senkrechte = durchgezogen.

10. Was wird im Verfahrensfließbild dargestellt und welche Grundinformationen müssen enthalten sein?

Darstellung eines Verfahrens mit Hilfe von graphischen Symbolen (= Anlagenteile), durch Linien (= Fließlinien für Stoffe/Energien (Energieträger)) verbunden.

Grundinformationen: erforderliche Apparate/Maschinen (- Antriebsm.) + Bezeichnung, Fließweg/Fließrichtung Ein/Ausgangsstoffe + Stoffe/Energien/Energieträger innerhalb Verfahren + Benennung; Benennung Durchflüsse, Mengen Ein-/Ausgangsstoffe; Charakteristische Betriebsbedingungen

11. Was ist ein Mengenschema

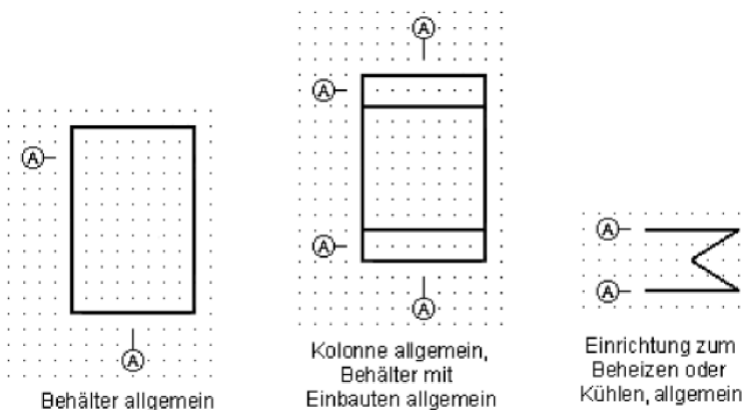
Verfahrensfließbild mit zusätzlich Massenströme, Temperatur, Druck, Zusammensetzungen für Bilanzpunkte

Symbole Grundreihe: Apparate, Maschinen, Rohrleitungen, Armaturen

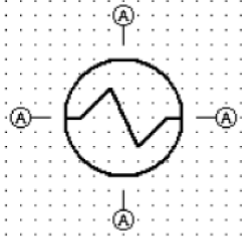
Symbole Nebenreihe: wenn für Verständnis Funktion (bei MSR, Rohrleitungstechnik) notwendig

12. Welche Bedeutung haben folgende Symbole im RI-Diagramm?

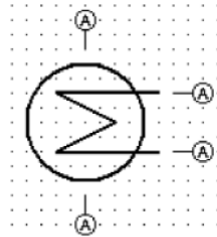
Behälter (B) Kolonnen mit Einbauten (K) Chemische Reaktoren mit Einbauten (C) Einrichtungen zum Beheizen oder Kühlen



Wärmetauscher (W) Dampferzeuger (D) Öfen (D)

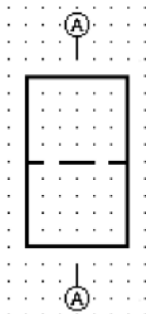


Wärmetauscher mit
Kreuzung der Fließlinien

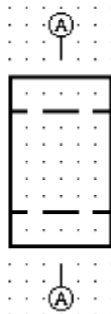


Wärmetauscher ohne
Kreuzung der Fließlinien

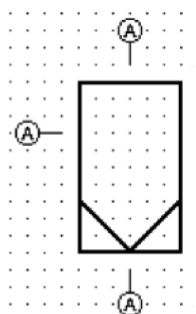
Filterapparate (F) Flüssigkeitsfilter (F), Gasfilter (F)



Fluidfilter, Filterapparat
allgemein

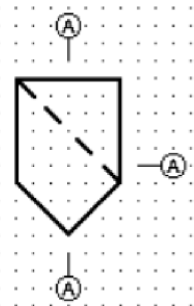


Flüssigkeitsfilter
allgemein,

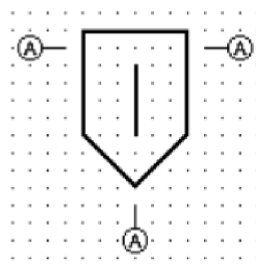


Gasfilter allgemein,
Luftfilter allgemein

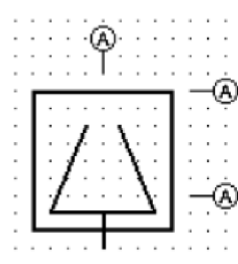
Sichter (F) Siebapparate (F) Abscheider (F) Zentrifugen (S)



Siebapparat allgemein

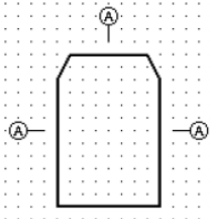


Abscheider allgemein



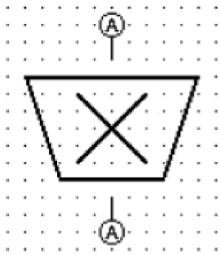
Zentrifuge allgemein

Trockner (T)

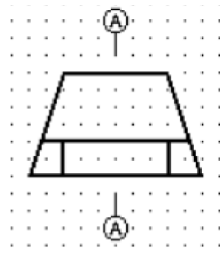


Trockner allgemein

Zerkleinerungsmaschinen (Z) Formgebungsmaschine (A)



Zerkleinerungsmaschine
allgemein

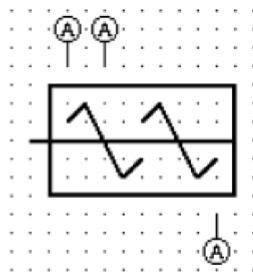


Formgebungs-
maschine allgemein

Rührer (R), Mischer (R)

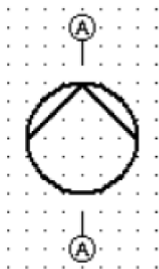


Rührer allgemein

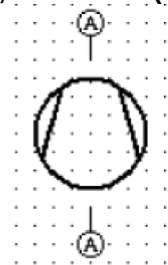


Mischer allgemein

Flüssigkeitspumpe (P) Kompressoren, Verdichter (V), Vakuumpumpe (V)

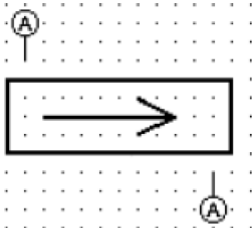


Pumpe
allgemein



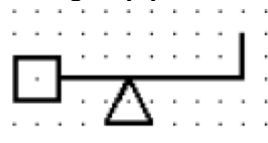
Verdichter,
Kompressor,
Vakuumpumpe
allgemein

Hebe-, Förderer- und Transporteinrichtung (H)



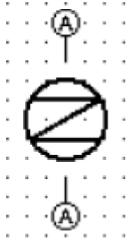
Stetigförderer allgemein

Waagen (A)



Waage allgemein

Zuteil-, Zerteileinrichtung (X)



Zuteiler für feste
Stoffe allgemein



Zerteilelement für
Fluide, Spritzdüse

Kraft-, Antriebsmaschinen, Elektromotor (M), sonst (Y)

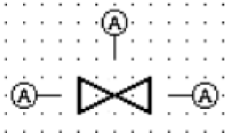


Antriebsmaschine
allgemein

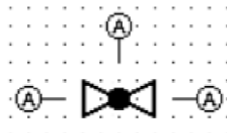


Elektromotor
allgemein

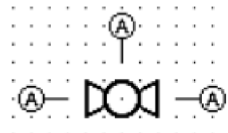
Absperrarmaturen



Absperrarmatur
allgemein

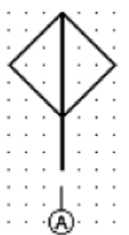


Absperrventil



Absperrhahn

Sonderzeichen

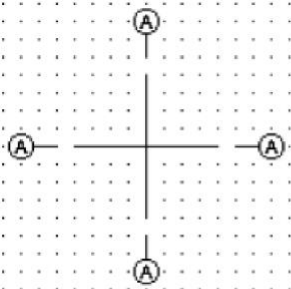


Grenze allgemein

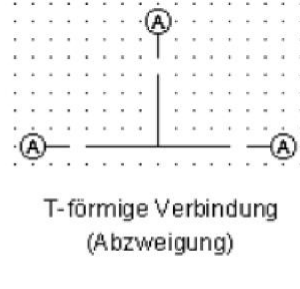


Pfeil für Ein- bzw.
Ausgang wichtiger
Stoffe

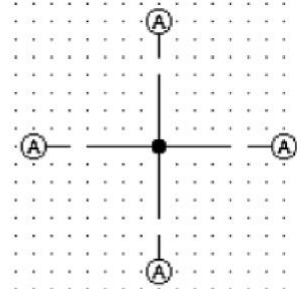
Rohrleitungen



Überschneidung von
Fließlinien ohne
Verbindung, z.B. Rohrleitungen



T-förmige Verbindung
(Abzweigung)



Kreuzförmige Verbindung
(Kreuzung)

13. Welche Regeln bei der grafischen Gestaltung von Fließschemata kennen Sie?

- Fließrichtung von links nach rechts, oben nach unten,
- Angabe Fließrichtung mit Pfeile in den Linien, Pfeile nur am Eintritt zu Apparaten/Maschinen/vor Rohrabzweigungen.

- Überschneidungen vermeiden
- Darstellung der Apparate, Maschinen, Rohrleitungen und Armaturen durch graphische Symbole der Grundreihe
- Symbole der Nebenreihe nur wenn für Verständnis der Funktion, der Aufgabenstellung für MSR, Belange der Rohrleitungstechnik erforderlich.
- Darstellung nach Norm DIN 28004, Teil 3: Fließbilder verfahrenstechnischer Anlagen.

14. Kennbuchstaben für Messstellen 1. Stelle (3 Beispiele)

D	Dichte
E	Elektrische Größen
F	Durchfluss, Durchsatz
H	Handeingabe, Handeingriff
L	Stand
M	Feuchte
P	Druck
R	Strahlungsgröße

15. Kennbuchstaben für Apparate und Maschinen (Seite 13):

Setzen sich zusammen aus: 1-2 Kennbuchstaben, Zählnummer (für Anlagenbereiche, wo befindet sich die Anlage), Anhängkennzeichen (Buchstabe/Zahl)

A	Apparat, Maschine, (wenn nicht andere Gruppe)
B	Behälter, Tank, Bunker, Silo
C	Chemischer Reaktor
D	Dampferzeuger
F	Filterapparat, Flüssigkeits- oder Gasfilter, Siebapparat, Siebmaschine, Abscheider
G	Getriebe
H	Hebe-, Förder-, Transporteinrichtung
K	Kolonne
M	Elektromotor
P	Pumpe
R	Rührwerk, Rührbehälter mit Rührer, Mischer, Knetter
S	Zentrifuge, Schleudermaschine
T	Trockner
V	Verdichter, Vakuumpumpe, Ventilator
W	Wärmetauscher
X	Zuteileinrichtung, Zerteileinrichtung, sonstige Geräte
Y	Antriebsmaschine außer Elektromotor
Z	Zerkleinerungsmaschine

16. Kurzzeichen für Rohrleitungen

setzt sich zusammen aus: (**2-50-25B8**: Leitungsnummer: Zählnummer = **2**, Nennweite **DN 50**, Rohrklasse (Teile mit gleichem Nenndruck, Werkstoff = Nenndruck = **PN 25**, Kennbuchstabe = **B (unlegierter Stahl)** Rohrwerkstoffgruppe, Rohrklassennummer = **8**))

A	Gusseisen
B	Unlegierte Stähle
C	Warmfeste Stähle
D	Hitzebeständige Stähle
E	Druckwasserbeständige Stähle
F	Kaltzähe Stähle
G	Oberflächengeschützte Stähle
H	Nichtrostende Stähle

K	Nichteisenmetalle
L	Kunststoffe
M	Beton
R	Steinzeug
Z	Sonstige Werkstoffe

17. Kurzzeichen für Armaturen (Seite 14):

Setzt sich zusammen aus: Nennweite (wenn erforderlich), **Kennbuchstabe**, Armaturenzahl (vom Anwender festgelegt (= Bauart, Werkstoff)), Kennbuchstabe für Armaturenanschluss (Ausführung Flansch (Dichtfläche Form XY, Gewindeanschlüsse), Zählnummer (w.e.); 50S27B (Nennweite 50, Schieber, Armaturenkennzahl 27, Dichtfläche Form B)

A	Ableiter
F	Filter, Sieb, Schmutzfänger
G	Schauglas
H	Hahn
K	Klappe
R	Rückschlagarmatur
S	Schieber
V	Ventil
X	Sonstige Armatur
Y	Armatur mit Sicherheitsfunktion

18. EMSR-Stellen-Kennzeichnung und Kennbuchstaben (Seite 15,16):

Kennbuchstaben im oberen Teil innerhalb der graphischen Symbole, unterer Teil EMSR-Stellen-Kennzeichnung

19. Wie sind Messstellenbezeichnungen in R+I-Schemata aufgebaut (1., 2., 3. Stelle)

Zuerst bestehen sie aus einem **Kennbuchstaben** (z.B. D für Dichte, P für Druck), **Ergänzungsbuchstaben** (F für Verhältnis, D für Differenz) und einer **Verarbeitung** (E für Aufnehmerfunktion, I für Anzeige, R für Registrierung, C für selbsttätige Regelung)

20. Übliche Elemente einer Funktionsbeschreibung(auflisten): Funktionselemente (S. 18)

Schaltfunktionen: Positionsüberwachung, Drehüberwachung, Überfüllsicherung, Unter-, Überdrucküberwachung, Trockenlaufschutz, Differenzdrucküberwachung(Filter), Umschalten auf Reservegerät(z.B. Pumpe)

Regelungen: Temperaturregelung, Druckregelung, Niveauregelung, Durchflussregelung

21. Erläutern Sie die Funktion der folgenden Messstelle:

PDIC = Druck-Differenz wird gemessen, es gibt eine Anzeige und eine Regelung

GAS = Gate Alarm Schalter: zur Positionsüberwachung von Armaturen, Klappen, Schiebern, Hähnen

GI = Gate Indication: zur kontinuierlichen Positions/Stellungsüberwachung bei wesentlichen Armaturen

SAS = Drehzahl/Speed Alarm Schalter: Drehüberwachung von Wellen von Förderern, Zellenradschleusen, Mühlen, Krählerwerken, Brechern

LIAS = Level Indication Alarm Schalter: Überfüllsicherung, Niveaumessung in Behältern, Reaktoren (wirkt auf Armaturen/Förderaggregate in Zu-/Ablaufleitungen)

LAS = Level Alarm Schalter: zusätzlich zu kontinuierlichen Füllstandsmessung = Schaltkontakt wenn Alarmfüllstand

PAS = Pressure Alarm Schalter: Überwachung des Betriebsdrucks (Behälter, Abgaskanäle), Zulässige Werte überschritten → Förderaggregat angestellt.

Trockenlaufschutz bei Flüssigkeitspumpen verhindern → PAS = Flüssigkeitsdruck vor Pumpe überwachen;

LAS → Füllstand im Behälter aus dem Pumpe mit Flüssigkeit versorgt wird; Messung Förderolumenstrom

PDAS = Differenz-Druck Alarm Schalter: Bei Flüssigkeits-/Gasfiltern auf Grund von Verschmutzungen, Überlastung steigt Differenzdruck an → vor Überschreitung max Wert → Förderaggregat (Pumpe ...) abstellen

22. Erläutern Sie die Funktion der folgenden Regelstellen (S. 19)

TC = Temperaturregelung: vorgegebener Produktstrom → über Regelung Durchfluss des Heizmediums, Heizdampf → Druckregelung Dampf; Bypass-Regelung

PC = Druckregelung: für Reaktoren, Destillationskolonnen (über Kondensator), über Amaturen (Zu-/Ablauf), Förderorgane (Pumpen, Verdichter, Ventilatoren)

LC = Niveauregelung: über Zu-/Ablaufarmaturen, Förderorgane

FC = Durchflussregelung: in Rohrleitungen über Armaturen/Förderorgane

23. Was versteht man unter einer Kaskaden-Regelung (S 20)

Einsatz eines Hilfsreglers über den Hauptregler geregelt wird. → Genauigkeit, Geschwindigkeit verbessert
Regelung. Durchflussregelung: über LIC (Füllstands-Anzeige-Regelung) → FIC (Durchfluss-Anzeige-Regelung).

24. Was versteht man unter einer Verhältnis-Regelung (S 20)

Oft bei Regelung konstanter Mischungsverhältnisse: Ist-Wert Durchflussstrom A (FI) über Verhältnisregler (FFC) dem Folgekreis eingespeist. Menge A (FI → FFC) führt Menge B (FFC → FIC) in einem konstanten Verhältnis

25. Was ist im Grundfließbild dargestellt und welche Grundinformationen müssen enthalten sein?

Wichtigste Schritte eines Verfahrens, Darstellung der **Grundoperationen**, **Verfahrensstufen** und **Teilanlagen** durch Rechtecke mit eingeschriebener Benennung.

(Verfahrensabschnitte bei Verfahren, Grundoperationen bei Verfahrensabschnitten;

Anlagenkomplexe bei Werken, Verfahrenstechnische Anlagen bei Anlagenkomplexen,

Teilanlagen/Anlagenteile bei verfahrenstechnischen Anlagen, Anlagenteile bei Teilanlagen)

Grundinformationen: Benennung Rechtecke + Ein- und Ausgangsstoffe, Fließweg/-richtung Hauptstoffe

26. Welche Zusatzinformationen können in einem Grundfließbild dargestellt werden?

- Benennung der Hauptstoffe zwischen den Rechtecken
- Durchflüsse bzw. Mengen der Ein- und Ausgangsstoffe
- Benennung von Energien bzw. Energieträgern
- Fließweg und Fließrichtung von Energie bzw. Energieträgern
- Durchflüsse bzw. Mengen von Energien bzw. Energieträgern
- Charakteristische Betriebsbedingungen

27. Was ist ein R&I-Fließbild? Welche Informationen sollte ein R&I-Fließbild mindestens enthalten?

Darstellung technischer Ausrüstung einer Anlage mit graphischen Symbolen = Anlagenteile, Linien = Rohrleitungen = Wege für Stoffe, Energien/träger, Signale

Grundinformationen:

- **Art Apparate, Maschinen + Bezeichnung** (+Antriebsmaschinen, Rohrleitungen, Transportwege, Armaturen, + installierte Reserve);
- **Kennzeichnende Größen** (außer Antriebsmaschine, getrennte Liste)
- Bezeichnung von Nennweite, Druckstufe, Werkstoff, Ausführung Rohrleitung
- Angaben zur **Dämmung** (Apparate, Maschinen, Rohrleitungen, Armaturen)
- Aufgabenstellung für **MSR**
- Kennzeichnende Daten Antriebsmaschine (getrennte Liste)

Stoff- und Energiebilanzen (S. 21-25)

28. Was ist eine Massenbilanz und worauf beruht sie?

Beruht auf dem Erhaltungssatz für Masse: Masse in einem geschlossen System ist konstant.

offene Systeme: $\text{Masse}(\text{eintritt}) - \text{Masse}(\text{austritt}) = \text{Zunahme der im System gespeicherten Masse}$

; stationäre Fließprozesse: System enthaltene Masse ist konstant → Zunahme der im System gespeicherten Masse = 0. → $\text{Masse}(\text{eintritt}) = \text{Masse}(\text{austritt})$

29. Was ist eine Energiebilanz und worauf beruht sie?

Beruht auf Erhaltungssätze für Energien; Energie in einem geschlossen System ist konstant.

offene Systeme: über ein-/austretende Massenströme → Zu-/Abführung von Energie

Wärmeenergie über Apparatwände, Antriebswellen.

30. Abhängigkeit der spezifischen Enthalpie eines Stoffes von der Temperatur

Die spezifische Enthalpie h und die Enthalpie H sind Zustandsgrößen (abhängig von der Temperatur und dem Druck wobei der vernachlässigt werden kann).

31. Was ist ein Sankey-Diagramm und wozu dient es?

Dient als Darstellungsform für/zur Darstellung von Massenfließbilder/Massenbilanzen und Energiebilanzen/Energiefließbildern. Massenstrom/Energiestrom = Balken (Breite proportional zu Größe des Flusses); Durchströmte Apparate = Blöcke, Kästchen; Visualisierung von Energie- und Materialflüssen sowie von Ineffizienzen und Einsparpotenzialen im Umgang mit Ressourcen.

Maschinenelemente (S. 26-53)

32. Was ist ein Whitworth-Gewinde?

Werden für Rohre (Wasserleitungsrohre), Fitting und Armaturen verwendet. Haben ein kegeliges Aussengewinde und ein zylindrisches Innengewinde, daher ist es zum dichten geeignet. 55° Flankenwinkel im Gegensatz zu 60° bei metrischen Gewinden.

33. Welche Arten der Riemenantriebe (Hüllriementriebe) kennen Sie? (S. 46f)

- Flachriementrieb(als offener oder mit Spannrolle): bei größeren Achsabständen, Transportbändern
 - o +: niedrige Kosten, geräuscharmer Lauf
 - o -: höhere Achskräfte wegen Vorspannung nötig
- Keilriementrieb(besitzt bei gleicher Anpresskraft dreifache Übertragungskraft)
 - o + bei gleicher Anpresskraft dreifache Übertragungsfähigkeit (Grund: Keliform)

34. Welche Möglichkeiten der Schmierung kennen Sie? (S.

- **Ölschmierung:** Ölnebelschmierung, Tauchschmierung, Ringschmierung, Umlaufspülschmierung, Zufuhr geringer Ölmengen durch Öler (Dochtöler Tropföler komplettes Ölaggregat mit Druckpumpe und Ölkühler)
 - hydrostatische Schmierung bei Gleitlagern: Schmieröl wird unter hohem Druck zwischen die Teile gepresst → werden in bestimmten Abstand (wenige hundertstel mm), unabhängig ob Gleitfläche stillsteht oder bewegt.
 - hydrodynamische Schmierung bei Gleitlagern: tragender Ölfilm bildet sich wenn sich Gleitflächen bei ausreichender Geschwindigkeit gegeneinander bewegt werden. (S. 39)
- **Fettschmierung:** Zufuhr über Schmiernippel (periodische Nachschmierung nötig) o. selbsttätige Fettschmierbuchsen.
- **Feststoffschmierung**

Arten von Schmierstoffen:

- flüssige Schmierstoffe: Öle, Wasser bzw. Öl-Wasser Emulsionen
- Schmierfette
- Pasten (pulverförmige Festschmierstoffe mit Ölen oder Fetten)
- Festschmierstoffe: feste Stoffe in Pulver form (Graphit, Molybdänsulfid)
- Gleitfähige Kunststoffe: PTFE, PTFP
- Gase: für kleine sehr schnell laufende Gleitlager (S. 44)

Schmierung dient dazu das Gleiten zu erleichtern und den Verschleiß infolge Reibung zu minimieren

35. Welche 2 Arten von Lagern unterscheidet man. Nennen Sie je ein Beispiel. (S.39-42)

Gleitlager: Deckel-Stehlager

Wälzlager: Radiallager (Wälzkörper zw. 2 Ringen), Axiallager (zw. 2 Scheiben); Kugellager (Wälzkörper = Kugel), Rollenlager (= Zylinder, Kegel, Tonnen, Nadel)

36. Welche 2 Gruppen von Welle-Nabe Verbindungen Unterscheidet man? Nenne je 1 Beispiel (S. 37)

formschlüssige: Kraftübertragung durch die Form; Beispiel: Passfederverbindung, Kerbverzahnung

kraftschlüssige: Kraftübertragung über die Reibung; Beispiel: Klemmnaben, konische Verbindung

37. Erläutern Sie den Unterschied zwischen Achsen und Wellen. (S. 35)

- **Achsen:**
 - o tragen ruhende o. umlaufende Maschinenteile (Laufräder, Trommeln, Zahnräder), **können stillstehen** → auf ihnen gelagerten Maschinenteile drehen sich, können mit festsitzenden Maschinenteilen **umlaufen**,
 - o übertragen **kein Drehmoment**

- o werden auf **Biegung** beansprucht
- **Wellen:**
 - o tragen Maschinenteile, **laufen** aber **stets um** (kann nicht stillstehen)
 - o übertragen ein **Drehmoment**
 - o werden auf **Biegung + Torsion** beansprucht.

38. Welche Arten von Schrauben kennen Sie? Nennen Sie je ein Beispiel (S. 26ff)

Befestigungsschrauben: Zum Verbinden von Bauteilen; Bsp.: Federkopfschraube, Sperrzahnschraube,

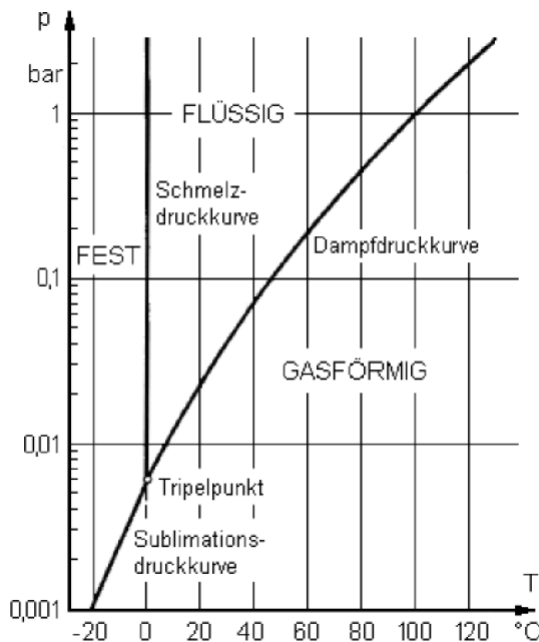
Bewegungsschrauben: Zum umwandeln von Drehbewegung in Längsbewegung; Bsp.: Handspindelpresse

39. Was ist ein Außengewinde?

Ist ein Bolzengewinde, es befindet sich etwa an der Außenseite von Schrauben, wohin gegen ein Innengewinde als Muttergewinde bezeichnet wird, da es sich etwa an der Innenseite einer Mutter befindet.

Fluidmechanik (S. 54-85)

52. typisches Zustandsdiagramm (z.B. von Wasser) (Seite 54 p-T Diagramm)



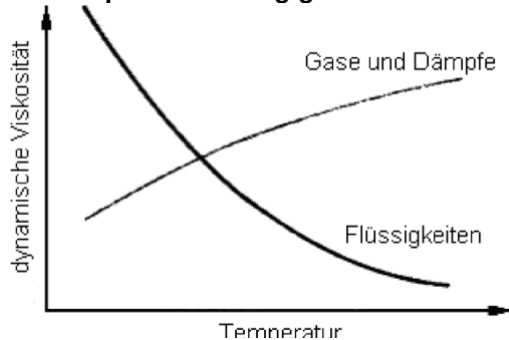
40. Was versteht man unter spezifischer Wärmekapazität? (S. 55)

Wärmemenge die nötig um Stoffmass von 1 kg um 1 Grad zu erwärmen/abzukühlen. Reale Fluide = temperatur + druckabhängig; ideale Fluide = temperaturabhängig (Druckabhängigkeit = vernachlässigt)

41. Was versteht man unter Viskosität? (S. 56)

Ist ein Maß für die Zähflüssigkeit eines Fluides, Teilchen zäher Flüssigkeiten sind stärker aneinander gebunden und somit unbeweglicher; man spricht daher auch von der inneren Reibung. Sie resultiert nicht nur aus den Anziehungskräften zwischen den Teilchen des Fluids ([Kohäsion](#)). Unterscheidung dynamische und kinematische Viskosität; ist temperaturabhängig, auch druckabhängig (erst bei großen Drücken wichtig)

42. Temperaturabhängigkeit der Viskosität (mit Skizze) Seite 56



Gase/Dämpfe: desto höhere Temperatur desto höhere Viskosität und umgekehrt.
Flüssigkeiten: desto höhere Temperatur desto niedriger Viskosität und umgekehrt

(konstanter Druck!)

43. Was sind nicht-newton'sche Fluide (2 Beispiele)?

Viskosität bleibt nicht konstant, wenn sich die einwirkenden **Scherkräfte** verändern. → entspricht nicht **newtonschen Elementargesetz der Zähigkeitsreibung**.

Beispiele: **Blut**, **Zementleime**, **Treibsand**, Sand-Wasser-Gemische (**Schlammung**), **Stärke**-Wasser-Gemische, **Schmiermittel**, **Polymerschmelzen**, **Ketchup**, **Spätzleteig** und **Pudding**.

Grund für solches Verhalten ist eine Abnahme bzw. Zunahme der Wechselwirkungen in dem Fluid auf Grund der geänderten mikroskopischen Struktur.

- **Strukturviskose Flüssigkeiten:** Viskosität nimmt mit zunehmender Schubbeanspruchung ab: mit zunehmender Geschwindigkeit orientieren sich die Partikel in der Flüssigkeit in Fließrichtung → gleiten leichter aneinander
- **Thixotrope Flüssigkeiten:** Viskosität nimmt mit Dauer der Schubbeanspruchung ab. → Ruhezeit → steigt wieder an. Unechte Thixotropie → steigt nicht mehr an
- **Dilatantes Fließverhalten:** Viskosität nimmt mit zunehmender Schubbeanspruchung zu (sehr selten)
- **Rheoplexes Fließverhalten:** Viskosität nimmt mit der Dauer der Schubbeanspruchung zu (sehr selten)

44. Was ist der Dampfdruck?

= Sättigungsdruck; Druck bei dem Stoff gerade im Gleichgewicht zwischen flüssiger und gasförmiger Phase steht (Dampfdruckkurve im P,T-Diagramm). Jeder Druck hat bestimmte Sättigungstemperatur und umgekehrt.

45. Wodurch entsteht Oberflächenspannung?

[Flüssigkeitsteilchen im Inneren einer ruhenden, homogenen Flüssigkeit von benachbarten Teilchen mit gleichen Kohäsionskräften allseitig angezogen werden. Die Anziehungskräfte halten sich im Gleichgewicht und zeigen keine äußere Wirkung]

Oberflächenspannung entsteht da Flüssigkeitsteilchen an Grenzflächen zu einer anderen Flüssigkeit, einem Feststoffe, einem Gas unterschiedlich große Anziehungskräfte erfährt. Ohne Wirkung äußerer Kräfte wollen daher die Oberflächen von Flüssigkeiten einen minimalen Wert annehmen → energetisch optimal sein

Definition: Oberflächenspannung σ ist definiert durch die zur Vergrößerung der Oberfläche O erforderliche Arbeit W. $\sigma = dW/dO$ [N/m]

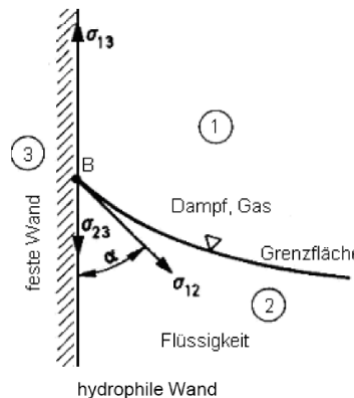
Nimmt mit Temperatur ab

46. Benetzungswinkel bei hydrophiler benetzter Wand(mit Skizze) Seite 58

Benetzungswinkel, wird von Flüssigkeitsoberfläche mit benetzender hydrophiler Wand gebildet.

$$\sigma_{13} > \sigma_{23}; \alpha < 90^\circ$$

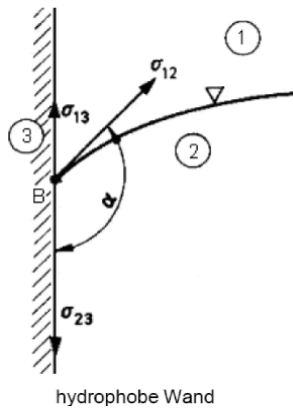
$$\cos \alpha = \frac{\sigma_{13} - \sigma_{23}}{\sigma_{12}}$$



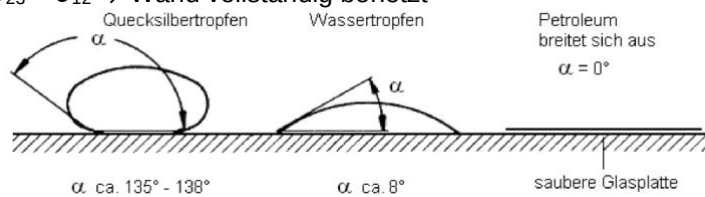
47. Benetzungsrandwinkel bei hydrophober benetzter Wand (mit Skizze)

Benetzungsrandwinkel, wird von Flüssigkeit und nicht benetzender hydrophober Wand gebildet.

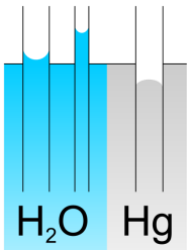
$$\sigma_{13} < \sigma_{23}; \alpha > 90^\circ$$



48. Tropfenbildung von Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Benetzungsrandwinkeln an festen Oberflächen: $\sigma_{13} - \sigma_{23} > \sigma_{12} \rightarrow$ Wand vollständig benetzt



49. Was versteht man unter Kapillarität?



Verhalten von Flüssigkeiten bei Kontakt mit **Kapillaren** zeigen, hervorgerufen durch: **Oberflächenspannung** von Flüssigkeiten, **Grenzflächenspannung** von Flüssigkeiten mit fester Oberfläche

Versuch: Man taucht ein Glasröhrchen senkrecht in eine Flüssigkeit:

- benetzende Flüssigkeiten (z.B.: Wasser): Wasser steigt in der engen Glasröhre ein Stück gegen die Gravitationskraft nach oben und bildet einen Meniskus.
- nicht benetzenden Flüssigkeit (z.B.: Quecksilber): Quecksilber sinkt mit der Gravitationskraft nach unten.

50. Wie kann Druck gemessen werden?

Mit einem Manometer (als Referenz selten ein Vakuum mit $p=0 \rightarrow$ man erhält Absolutdruck oder öfter den Umgebungsdruck $p_0 \rightarrow$ man erhält Überdruck, Unterdruck)

Aufbau S. 62

Druck nimmt mit Abstand zur Flüssigkeitsoberfläche in einer ruhenden Flüssigkeit zu. $p_{\text{ges}} = p_0 + \rho gh$

51. Warum stellt sich bei kommunizierenden Gefäßen ein gemeinsames Flüssigkeitsniveau ein?

Weil der hydrostatische Druck in einer horizontalen Ebene überall gleich groß ist. (S. 63)



52. Was besagt das Hydrostatische Paradoxon?

Gefäße mit gleicher Flüssigkeit, gleich hoch gefüllt, gleiche Bodenfläche $\rightarrow$ gleiche Bodendruckkräfte = unabhängig Gefäßform (S 63f)



53. Warum liegt der Angriffspunkt für die Gesamtdruckkraft (auf Seitenflächen) einen gewissen Abstand unterhalb des Schwerpunkts der Gesamtfläche?

Weil der Druck mit dem Abstand zur Oberfläche zunimmt und sich daher eine ungleichförmige Druckverteilung über die gedrückte Fläche ergibt. (S. 64)

54. Wodurch entsteht Auftrieb?

Auftrieb entsteht wenn ein Körper vollständig in eine homogene Flüssigkeit getaucht wird. Der allseitig wirkende Schweredruck führt zu einer senkrecht nach oben gerichteten Kraft, den statischen Auftrieb (wirkt

entgegen Schwerkraft). Der Statische Auftrieb ist gleich der Gewichtskraft des verdrängten Flüssigkeitsvolumens.

55. Was versteht man unter idealen Fluiden und nichtidealen Fluiden?

- Ideale Fluiden sind inkompressibel, reibungsfrei, es treten keine Schubspannungen auf.
- Nichtideale Fluiden sind reibungsbehaftet

56. Was versteht man unter stationären Strömungen und instationären Strömungen? (S. 66)

- stationäre Strömungen: Größen (Geschwindigkeit, Druck, Dichte) sind nur von Ortskoordinaten abhängig.
- Instationäre Strömungen: Größen (Geschwindigkeit, Druck, Dichte) ändern sich an einem Ort mit der Zeit

57. Was ist eine Stromlinie? (S. 66)

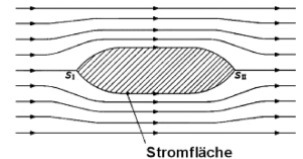
Ist eine Linie, die in einem bestimmten Augenblick an jeder Stelle von den Geschwindigkeitsvektoren tangiert wird. Bei stationären Strömungen sind die Stromlinien ortsfeste Raumkurven und sind dann mit den Bahnkurven der Teilchen identisch.

58. Was ist eine Stromröhre? (S. 66)

Ein Bündel von Stromlinien das von einer geschlossenen Wand umschlungen ist heißt Stromröhre.

59. Was passiert wenn man einen Körper in eine Strömung einbringt? Staupunkte bei einer Stromfläche (mit Skizze) S. 67

Es teilt sich die der Körperkontur folgende Stromlinie und vereinigt sich am Ende des Körpers wieder. Vorderer Verzweigungspunkt S_I = vorderer Staupunkt; Vereinigungspunkt = hinterer Staupunkt S_{II} .



60. Was versteht man unter Stromfläche?

Ist die Gesamtheit aller den Körper umschreibender Stromlinien.

61. Was ist der Partialdruck?

Bei einem Gasgemisch (z.B. Luft) wird der Druck der einem Element (z.B. Sauerstoff oder Stickstoff, etc..) zugeordnet werden kann als Partialdruck bezeichnet.

62. Was ist der Staudruck? (S. 68f)

Beim Auftreffen einer Strömung auf ein festes Hindernis entsteht der Staudruck.

Druckanstieg, in einem strömenden Medium durch Verzögerung der Stoffteilchen auf die Geschwindigkeit null im **Staupunkt** eines umströmten Körpers. Im Staupunkt herrscht der Gesamtdruck (**Bernoulli-Gleichung**).

Gesamtdruck – statischer Druck (Druck in der ungestörten Strömung) = dynamischer Druck.

$$\frac{\rho \cdot w_1^2}{2}$$

→ inkompressible Fluiden dynamischer Druck = Staudruck

Der Staudruck wird mit einem Pitot-Rohr (**Staurohr**) bestimmt.

63. Was besagt die Bernoulli-Gleichung

Die Summe aus statischem Druck p , Schweredruck ρgh und dynamischem Druck $\rho v^2/2$ ist an jeder Stelle einer Stromlinie konstant.

Die Summe aus statischem Druck p , Schweredruck ρgh und dynamischem Druck $\rho v^2/2$ ist an jeder Stelle einer Stromlinie konstant.

hydrodynamische Grundgleichung für stationäre, reibungsfreie, inkompressible Flüssigkeiten und Gase.

Summe aus statischem Druck p + dynamischem Staudruck = konstant:
$$p_2 = \frac{\rho \cdot w_1^2}{2} + p_1 = p_{ges} = \text{konstant}$$

Durch Messung von Gesamtdruck p_{ges} + statischem → Strömungsgeschwindigkeit w lässt sich ermitteln

64. Was ist der dynamische Druck?

Entspricht bei inkompressiblen Fluiden dem Staudruck. (siehe Frage 56.)

65. Was besagt die Kontinuitätsgleichung (Durchflussgleichung) Seite 67

In einer durchströmten Röhre verhalten sich die Strömungsgeschwindigkeiten umgekehrt wie die Querschnittsflächen. Dadurch bleibt der Massenstrom auch bei Querschnittsverengungen oder -erweiterungen konstant. Denn Querschnittsfläche * Strömungsgeschwindigkeit * Dichte = konstant.

$A_1 \cdot w_1 \cdot \rho_1 = A_2 \cdot w_2 \cdot \rho_2 = m^* = \text{konstant} \rightarrow \text{Dichte} = \text{konstant} \rightarrow A_1 \cdot w_1 = A_2 \cdot w_2 = V^* = \text{konstant}$

66. Was ist ein Potentialwirbel? (S. 71)

Eine rotationssymmetrische Strömung, deren Teilchen eine kreisende Drehbewegung um Drehpunkt 0 durchführen, und deren Geschwindigkeit mit zunehmendem Abstand abnimmt

67. Was besagt das Ähnlichkeitsgesetz? (S74)

Um zwei Strömungsvorgänge vergleichen zu können müssen zwei Bedingungen erfüllt sein:
geometrische Ähnlichkeit (Längen-, Flächen-, Raumabmessungen, Rauigkeit)
physikalische Ähnlichkeit (Kräfte, Geschw. Beschl., Stoffeigenschaften)

68. Wozu dienen dimensionslose Kennzahlen (nennen Sie 3 Beispiele)? (S 74ff)

Dienen dazu zwei Strömungsvorgänge mit einander vergleichen zu können. Denn mittels dimensionsloser Kennzahlen werden die einzelnen geometrischen (Längen-, Flächen-, Raumabmessungen, Oberflächenbeschaffenheit) und physikalischen (Kräfte, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Stoffeigenschaften) Größen mit einander verknüpft.

Beispiele:

- **Reynoldszahl:** gibt Verhältnis der an den Strömungsteilchen angreifenden Trägheitskraft (F_a) zu den Zähigkeitskräften (F_r Reibungskräfte) an.

$$Re = \frac{\rho \cdot L \cdot w}{\eta} = \frac{L \cdot w}{\nu}$$

Ist nötig um zu bestimmen ob zwischen zwei Strömungen eine physikalische Ähnlichkeit besteht. Wenn sie besteht, muss an einer Stelle das Verhältnis zw. den drei Kräfte gleich sein. (Druckkräfte F_p , Trägheitskräfte F_a , Reibungskräfte F_r). (v.. kinematische Viskosität)

$$Fr = \frac{w}{\sqrt{L \cdot g}}$$

- **Froudzahl:** gibt Verhältnis von Trägheitskraft und Schwerkraft an (F_a/F_s).
Ist ein Ähnlichkeitskriterium bei Strömungen, die stark von der Schwerkraft beeinflusst werden.

$$Eu = \frac{\Delta p}{\rho \cdot w^2}$$

- **Eulertzahl:** Bei Strömungsproblemen wo Druck und Trägheitskräfte überwiegen, Reibung vernachlässigt wird.

$$Ma = \frac{w}{a}$$

- **Machzahl:** Verhältnis von Strömungsgeschwindigkeit zur Schallgeschwindigkeit. Druckwellen die von Druckstörungen herrühren breiten sich mit Schallgeschwindigkeit a aus.

$$a = \sqrt{\frac{p \cdot \kappa}{\rho}}$$

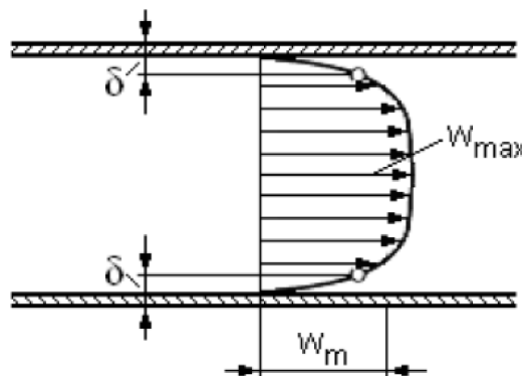
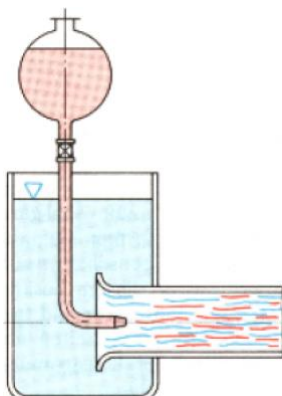
$$\kappa = \frac{c_p}{c_v}$$

69. Welche Bedeutung hat die Reynoldszahl?

gibt Verhältnis der an den Strömungsteilchen angreifenden Trägheitskraft (F_a) zu den Zähigkeitskräften (F_r Reibungskräfte) an.

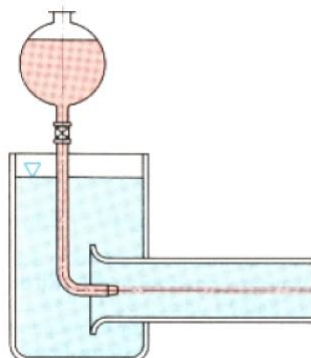
Ist nötig um zu bestimmen ob zwischen zwei Strömungen eine physikalische Ähnlichkeit besteht. Wenn sie besteht, muss an einer Stelle das Verhältnis zw. den drei Kräfte gleich sein. (Druckkräfte F_p , Trägheitskräfte F_a , Reibungskräfte F_r). (v.. kinematische Viskosität)

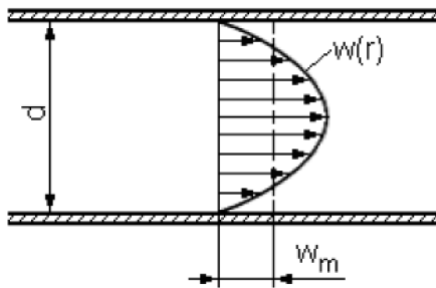
70. Skizzieren Sie ein typisches Strömungsprofil bei turbulenter Strömung in einem Rohr. (S. 76)



$$w_m = 0,7-0,9 \cdot w_{max}; \quad Re > 2320 \text{ oberhalb } 10000 \text{ immer turbulent}$$

Skizzieren Sie ein typisches Strömungsprofil bei laminarer Strömung in einem Rohr. (S.76)

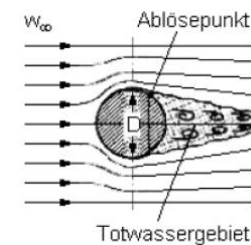
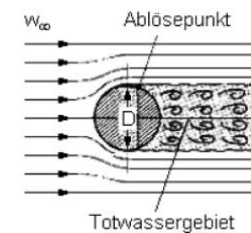
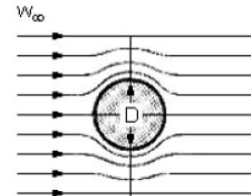




$w_m = 0,5 \cdot w_{\max}$; $Re < 2320$ kann darüber laminar gehalten werden

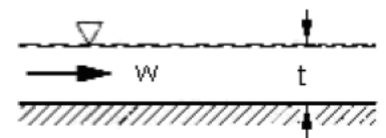
72. Welche Strömungsformen gibt es bei der Umströmung einer Kugel? (S- 77)

- **schleichende Umströmung** ($Re < 1000$)
 - o Strömung schließt sich hinter Kugel ohne Wirbel.
 - o Widerstandskraft Strömung auf Kugel = relativ groß
- **unterkritische Umströmung** ($1000 < Re < (1,7-4) \cdot 10^5$)
 - o Grenzschicht = laminar
 - o Ablösung am größten Durchmesser der Kugel
 - o Hinter Kugel = wirbelbehaftetes Totwassergebiet, Unterdruck
 - o Widerstandskraft noch relativ hoch.
- **überkritische Umströmung** ($(1,7-4) \cdot 10^5 < Re$)
 - o Grenzschicht = turbulent
 - o Ablösung hinter größten Durchmesser der Kugel
 - o Hinter Kugel = Totwassergebiet wesentlich kleiner, Überdruck
 - o Widerstandskraft geringer als unterkritische



73. Welche Strömungsformen gibt es bei Strömungen mit freier Oberfläche?

- **strömende Bewegung** ($Fr < 1$):
 - o w = relativ klein $\rightarrow$ relativ ruhiger Abfluss
 - o Flüssigkeitstiefe = relativ groß
 - o Störungen in der Strömung: breiten sich stromabwärts und -aufwärts aus.
- **schießende Bewegung** ($Fr > 1$):
 - o w = relativ groß
 - o Flüssigkeitstiefe = relativ klein
 - o Störungen in der Strömung: breiten sich nur stromabwärts aus.



74. Was ist ein Druckabfall und wodurch entsteht er?

Druckabfall entsteht durch Reibungsverluste bei realen Rohrströmungen mit inkompressiblen Medien. So ist der Druck am Ende der Strömungsröhre um den Druckabfall Δp niedriger als bei reibungsfreier Strömung.

75. Betrachten Sie die folgende Skizze: Welche Kräfte werden beim öffnen des Ventils auftreten? Und warum?

76. Erklären Sie den Begriff 'Hydraulischer Durchmesser'

Wird für nichtkreisförmige Rohre berechnet.

Durch ihn kann bei **turbulenter Strömung** der Druckverlust berechnet werden. Wobei der hydraulische Durchmesser d_h anstatt dem Rohrrinnendurchmesser d_i verwendet wird.

Bei **laminarer Strömungen** würde es bei gleicher Verwendung des d_h zu deutlichen Abweichungen kommen. Daher kann der Wert für die Rohrreibungszahl $\lambda \cdot Re$ hier aus einem Diagramm abgelesen werden. (S 80)

$$d_h = \frac{4 \cdot A}{U}$$

U... benetzter Umfang, A... Querschnittfläche

77. Wodurch kommt es zum Ablösen der Grenzschichten vom Körper, wie kann es verhindert werden?

Bis größte Körperdicke Strömung beschleunigt → Grenzschicht liegt an Körperoberfläche an Stelle mit der größten Dicke → Körper verjüngt sich wieder → Geschwindigkeit nimmt wieder ab + Druck nimmt wieder zu.

→ scharfe Kanten, Krümmung bei Verjüngung zu groß → Grenzschicht löst sich ab → es entsteht wirbelgefülltes Totwassergebiet.

→ Ablösung kann verhindert werden, wenn die Verjüngung sehr schlank ausgeführt wird (Stromlinienform).

78. Arten von Grenzschichten; welche Körperformen gibt es? (S. 81)

Der Geschwindigkeitsübergang auf den vollen Wert der Außenströmung erfolgt in der Grenzschicht

- laminare Gs.: am Körperanfang, Geschwindigkeit ist wegen Nähe zum Staupunkt noch klein
- turbulente Gs.: Längs des Körpers, Grenzschichtdicke nimmt zu + schlägt in turbulente Strömung um.
- Körperformen:
 - o schlank + plattenförmig oder stromlinienförmig = Strömung schließt sich hinter Körperkante erneut
 - o gedrungene oder kantige Körper = Totwassergebiet hinter Körper

79. Was ist eine Karmansche Wirbelstraße? (S 83)

- Als Kármánsche Wirbelstraße bezeichnet man ein **Phänomen** in der **Strömungsmechanik**, bei der sich hinter einem umströmten **Körper** gegenläufige **Wirbel** ausbilden
- Ablösung von Wirbeln erfolgt an gegenüberliegenden Körperkanten paarweise. Die sich abwechselnd lösenden Wirbel bilden hinter dem Körper eine Wirbelstraße.
- Karman: Strömungsbild Wirbelstraße bleibt konstant wenn Verhältnis Wirbelabstand a zur Teilung $t = 0,281$.

80. Unterschied im Druck-(Geschwindigkeits-)Verlauf bei inkompressibler und kompressibler Rohrströmung Seite 85

Im Gegensatz zu Flüssigkeiten sind **Luft, Gase, Dämpfe kompressibel**.

Es handelt sich in Rohrleitungssystemen bei Gasen und Dämpfen um eine **Expansionsströmung** ← Druck nimmt wegen Strömungsverluste durch Reibung ab.

Es ändert sich: Druck, Längenkoordinate l , Temperatur, Dichte, Geschwindigkeit.

- inkompressible: Strömungsgeschwindigkeit bleibt konstant. Der Druck sinkt linear als Gerade.
- Kompressible: Strömungsgeschwindigkeit steigt. Der Druck sinkt als Kurve.

81. Warum kann die Berechnung der Wirbelfrequenz bei der Apparatedimensionierung von Bedeutung sein?

Bei Übereinstimmung der Eigenfrequenz des umströmten Körpers mit der erregenden Wirbelablösefrequenz können unzulässig hohe Schwingungsbeanspruchungen entstehen.

Schwingungen können zu Dauerbruch der Rohrleitungen in einem Apparat führen. Speziell gefährdet ist der Gerdarohr Wärmetauscher (keine Ausgleichsmöglichkeiten bei den Rohren)

82. Unter welchen Voraussetzungen kann eine Luftströmung als inkompressibel betrachtet werden?

Bei vielen Strömungsvorgängen ist die Kompression auch bei gasförmigen Fluiden vernachlässigbar:

Luft bei Normaltemperatur: Strömungsgeschwindigkeit $< 0,5$ - fache Schallgeschwindigkeit

Gase bei denen als $w < a$ können als inkompressibel betrachtet werden.

Apparate und Rohrleitungen (S. 86-138)

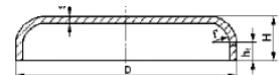
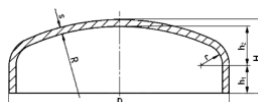
83. Arten von Böden für Apparate (auflisten)

Gewölbte Böden:

Halbkugelboden (Halbkugel mit zylindrischem Bord)

a. Korbbojenboden

b. Klöpperboden



- c. Tellerboden.
- d. Flachboden

84. Welche Schweißnähte werden zur Verbindung von Boden und Mantel verwendet? (Skizze) (S. 89)

Verbindung ist möglichst als Stumpfstoß. Exzentrisches zusammenfügen steigert Biegebeanspruchung.

85. Typische Stutzensausführungen, Rohreinleitung mit Mantel(mit Skizze) (S. 89)

Rohrstutzen seitlich, plattiert; Rohrstutzen gekröpft, Stutzen für Rohreinleitung

86. Warum sind Apparate oft zylindrisch?

Bei zylindrischer Bauweise können Apparate höhere mechanische Belastungen aufnehmen.

Weiters ist die Verteilung/Vermischung der Stoffe in einem Zylinder homogener als in einem Quader.

Zylindrische Apparate sind einfach herzustellen(Blech einrollen)

Weil es die optimale Form für Druck ist

weil sich die Strömungen besser verteilen,

es gibt keinen Toten Winkel

Der Materialaustragung funktioniert besser

87. Wie wird ein Zylindrischer Apparat hergestellt? (S. 87)

Basiselemente für den Mantel werden aus Blechen durch Umformverfahren (Pressen, Tiefziehen, Einrollen) hergestellt bei erhöhter oder Umgebungstemperatur. Der Zylinder wird aus Blechen durch einrollen hergestellt.

88. Möglichkeit zur Verbindung von Mantelschüssen(auflisten) (S. 91)

- **Behälterflansche:** am häufigsten eingesetzte Verbindungen bei Apparaten (Flansche mit Schrauben), Abdichtung mittels Dichtung, Leckraten abhängig von Bauform, Dichtung, Temperatur
- **Dichtschweißungen:** vollkommen dicht (egal ob Temperaturschwankung), nicht (schwer) wieder lösbar → für Apparate mit gefährlichen, übel riechenden Medien.
- **Klammerschrauben:** Zur Befestigung von Apparateteile, die regelmäßig entfernt werden.

89. Tragelemente für Apparate(auflisten) (S.92)

- **Füße:** kleinere Behälter in vertikaler Lage
- **Standzargen:** zylindrische Standzargen = Verlängerung zylindrischen Mantels. Große Apparate, Belüftungsöffnung nötig
- **Pratzen:** Behälter vertikale Lage, hängen in Gerüst. Wahl der Lage im Verhältnis zu Schwerpunkt → stabile Lage. **Tragringe:** bei größeren Lasten = über gesamten Umfang ausgedehnte Pratze.
- **Tragsattel:** Behälter horizontale Lage
angeschweißt → 1 Festsattel, 1 Gleitsattel, lose aufgelegt → 2 Festsättel.
- **Tragzapfen** und **Hebeösen:** zum Transport/Montage von Apparaten

90. Apparative Möglichkeiten zur Beheizung von Behältern(auflisten) (S. 95)

- **Heizschlangen:**
 - o direkt im Produktraum, Produktverschmutzung bei Leckage
 - o kleine Rohrdurchmesser, hohe Drücke möglich
 - o Länge begrenzt (Ansammlung von Kondensat)
 - o Zu- und Ableitung der Schlangen meist durch Behälterdeckel oder -boden geführt.
- **Doppelmantelkonstruktion:**
 - o einfachste, billigste Konstruktion
 - o betriebssicher, keine Vermischung der Stoffe möglich
 - o Drücke im Ringraum dürfen nicht zu hoch sein, da Innenzylinder unter Außendruck belastet, durch die relativ große erforderliche Wanddicke ist der Wärmedurchgang behindert.
- **Halbrohre:**
 - o Am weitesten verbreitet
 - o Bester Wärmeübergang
 - o Teuerste Variante
 - o Spannungen vom Schweißen werden durch des Glühen teilweise ausgeglichen
 - o Bodenzone ist schwierig zu beheizen

91. Verwendungszweck und Arten von Rohrwänden(auflisten) (S. 97)

Verwendung: Erhitzung von Wasser mit heißen Rauchgasen, Kühlung von Abgasen mit Kühlwasser

Arten: Direkt aneinander geschweißte Rohre, Geschweißte Rohr-Steg-Rohr Konstruktion

92. Möglichkeiten zum Abdichten von bewegten Bauteilen (auflisten) (S. 98)

- **Gleitringdichtung** (bei rotierenden Bewegungen)
- **Stopfbuchsendichtung** (rotierend und oszillierende)
- **Membranbälge** (für Armaturen, oszillierende und Winkelbewegung)
- **Labyrinth-Dichtung** (rotierende Bewegung)

93. Welche Stoffaustauschelemente in Apparaten kennen Sie, Wo werden Sie benötigt, Wo mit werden sie befestigt? (S.100)

Stoffaustauschelemente sind: Packungen, Füllkörper (aus Metall, Keramik, Kunststoff)

Strömungsführungselemente sind: Glockenböden, Siebböden. Werden benötigt bei Destillationskolonnen, Absorbern; liegen auf ebenen Auflageböden.

Befestigung mit Hammerschrauben

94. Wozu dienen Isoliermaßnahmen, Was muss bei der Kühlung beachtet werden? (S. 101)

Verringerung der Wärmeverluste (Wärmeschutz)/des Aufwandes zur Kühlung (Kälteschutz → Durchfeuchten durch Kondensat aus Umgebungsluft verhindern)

Abwägung von Betriebs- und Investitionskosten

95. Berechnungsschema für Festigkeitsberechnung mit Erklärung: (S. 103)

Beanspruchungsermittlung: Geometrie und Belastung → daraus Beanspruchung → Festigkeitshypothese →

Vergleichsspannung; Beanspruchung darf Tragfähigkeit des Werkstoffes nicht überschreiten $\leq$

Tragfähigkeitsermittlung: Betriebsbedingungen → Werkstoffkennwert → Sicherheit → zulässige Spannung

96. Hauptbelastung bei der Festigkeitsmäßigen Auslegung von Apparaten? (S. 103)

äußern sich unmittelbar als Spannung in den Bauteilen

Druck, Eigengewicht, unterschiedliche Dehnungen, Eigengewicht, Gewicht von Füllungen, Kräfte durch angeschlossene Rohrleitungen, Abstützungen, Windkräfte Schneelast, dynamische Kräfte (Erdbeben ...)

97. Nebenbelastung bei der Festigkeitsmäßigen Auslegung von Apparaten? (S.104)

Bestimmen die Lebensdauer der Bauteile

Aggressivität von Medien (Korrosion), mechanischen Abtrag (Erosion), Temperatur (Kriechen, Alterung), Zahl der Lastspiele (Wechsel- und Schwellbeanspruchung)

98. Wichtigste Vorschriften und Normen zur Festigkeitsmäßigen Auslegung von Druckbehältern (auflisten) (S. 104)

Verordnungen:

EU: Richtlinie 97/23/EG über Druckgefäße >0,5 bar → nationales Recht in **Österreich:**

Druckgeräteverordnung DGVO.

Normen: Europäische Norm EN13445 entspricht ÖNORM EN13445, außerhalb EU vers. Nationale Normen.

99. Arten des Wärmeübergangs (auflisten) (S. 105)

Wärmeleitung (Wärmetransport innerhalb eines Stoffes durch Molekülstöße), Konvektion und Wärmeübergang(in Fluid), Wärmeübergang beim Kondensieren und Verdampfen, Wärmeübergang durch Strahlung, Wärmedurchgang (zw. zwei strömenden Medien).

100. Möglichkeit zur Optimierung von Wärmeaustauschern (auflisten) (S. 115)

α -Wert durch geeignete Maßnahmen erhöhen:

- Durch: Beeinflussung der Strömung (Turbulenzerrhöhung)
- Erhöhung der Geschwindigkeit
- Einbau zusätzlicher Lammellen oder Rippen (Oberfläche vergrößern)

101. Typische Ausführung von Rohrbündelapparaten mit Vor-Nachteil (auflisten) (S.116)

Geradrohrwärmetauscher:

Vorteil: in allen Werkstoffen möglich, kostengünstig, einfache Fertigung, undichte Rohre kann man zustopfen-zuschweißen, gut zu Reinigen (Innenseite).

Nachteil: Einbaulage vorgegeben, Schwingungen führen zu Bruch, empfindlich bei Temperaturschwankung. Schlecht zu Reinigen (im Raum um die Rohre)

Schwimmkopfwärmetauscher:

Vorteile: fester + beweglicher Rohrboden, Rohrbündel herausziehbar; gut zu reinigen innen und außen; gleiche Rohrlängen, keine Ausgleichselemente bei Temperaturdifferenzen nötig

Nachteil: Teuer, viel Platzbedarf, Wärmespannungen im festen Rohrboden, schlechter Wärmeübergang außen, muss Korrosionsfest sein

U-Rohrwärmeaustauscher:

Vorteile: nur ein Rohrboden fest, gut zu reinigen da Rohrbündel ausziehbar, keine Ausgleichselemente nötig

Nachteile: ungleiche Rohrradien daher teurer, viel Platzbedarf bei Demontage, unterschiedliche Druckverlust unterschiedliche Rohrlängen), Wärmespannungen im Rohrboden, innen schwer zu reinigen

102. Arten von nicht lösbaren Rohrverbindungen (auflisten) (S. 123)

Schweißverbindungen:

Vorteile: stoffschlüssige Verbindung, dicht gegen Hochdruck, Vakuum, mechanisch und thermisch bis zur Belastungsgrenze des Rohrwerkstoffe oder des Schweißzusatzwerkstoffe belastbar, kostengünstig)

Lötverbindungen, Klebeverbindungen

103. Welche Dichtungsarten kennen Sie? (S. 124)

Materialien: Weichdichtungen (Gummi, Presspappe, Gummi-Faser-Material)

armierte Weichdichtungen (Mineralfaser mit Kupferumhüllung)

Metалldichtungen (Kupfer, Eisen, Blei), Schweißringdichtungen.

Arten: Flachdichtungen mit ebener Dichtfläche (bis 40 bar) und Flachdichtung mit Nut und Feder (bis 160 bar). Flachdichtungen: Flanschkraft wird über die Dichtung übertragen, nicht für hohe Drücke

104. Bauarten von Armaturen für Rohrleitungen und deren Aufgabe (auflisten) (S. 125)

Armaturen in Rohrleitungen dienen zum sperren und öffnen regulieren der Durchflussmenge sichern der Anlage

Bauarten:

Schieber: schnelles öffnen/schließen von Rohrleitungen, Nachteil: großer Platzbedarf, vergl. hohe Kosten (Keilflachschieber)

Klappen: Alternative zu Schieber, Klappblatt bleibt in Strömung → Druckverlust höher, für geringe Drücke, wenig korrosive Medien geeignet; Vorteil: preiswerter als Schieber (Absperrklappe, Rückschlagklappe)

Hähne: öffnen/schließen, Umschalten an Rohrverzweigung (Kugelhahn: Dichtung zw. Gehäuse und Kugel mit PTFE Sitzringen)

Ventile: Absperren, Regulieren der Durchflussmenge bei Regelventil; Unterschied Absperr-/Regelventil: feinfühligere Dosierung durch Ausführung des Ventilteller mit Drosselkragen. (Kegelsitzventil)

Sicherheitsventile: federbelastete Ventile, ab eingestelltem Überdruck öffnen sie, Einstellung durch Vorspannen einer Feder. Position der Vorspanneinrichtung mittel Plombe gesichert.

105. Welche Armaturen zur Rückflussverhinderung kennen Sie? (S. 127)

Rückschlagklappen (arbeitet bei geringem Differenzdruck)

Rückschlagventil (Gegendruck über die Feder einstellbar), Kugelventil

106. Arten von Stellantrieben für Armaturen und deren vor und Nachteile (auflisten): (S. 127)

Armaturen (Schieber, Hähne, Klappen, Ventile) meist mit Stellantrieben ausgerüstet

Handantrieb: Für selten zur betätigende Armaturen (fixe Einstellungen, Wartungszwecke); Ausführungen je nach Stellkraft: Handhebel (kleine Kräfte), Handrad (größere), Handrad mit Übersetzungsgetriebe (große)
Vorteile: billig, Nachteile: muss von Hand betätigt werden, wenn öfter gebraucht umständlich

Elektrischer Schub oder Drehantrieb: Elektromagnet (nur für Schubantriebe) kleine Kräfte, Elektromotor mit Übersetzungsgetriebe für größere

Pneumatischer Schub- Drehantrieb: Antrieb durch Druckluft (6 bar)
in Bereichen mit Explosionsgefahr einsetzbar → Vorteil

Hydraulischer Schub- oder Drehantrieb: ähnlich pneumatische Antriebe, bei großen Stellkräften, Hydrauliköl bis 200bar

107. Kompensatorentypen für verschiedene Ausgleichsaufgaben (auflisten) (S. 128)

kompensieren auftretende Längenänderungen die nicht durch Rohrleitungen selbst aufgenommen werden

Axial- (Axialbewegungen), Lateral- (Seitlichem Versatz)
Angular-Kompensatoren (Winkelbewegungsaufnahme)

108. Welche Sonderbauteile bei Armaturen kennen Sie? (S. 129)

Blenden: Lochblenden: Begrenzung des Druckflusses, Messblenden: Bestimmung Volumenstrom
Berstscheibe: letzte Sicherung gegen Bersten von Rohrleitungen/Behälter

109. Arten von Rohrhalterungen(auflisten) (S. 130)

Stützen (starr, federnd), Hängen (starr, federnd, Führen (gleitend, rollend, gelenkig),
Festlager und Gleitlager für Axiale Ausdehnung
Rundstahlbügel und Rohrschellen zur Rohrunterstützung.

110. Warum müssen Rohrleitungen entlüftet werden und wo werden sie entlüftet? (S. 135)

An den höchsten Stellen einer Rohrleitung für Flüssigkeitstransport müssen Entlüftungen vorgesehen sein, da sich dort beim Befüllen sonst Gasblasen bilden und dort verbleiben.

111. Kondensatableitung aus Rohrleitungen (S.135)

Das in Wasserdampf oder Gasleitungen (Wenn Gas Feuchte enthält) → durch Wärmeverlust ab erreichen Sattdampf Temperatur fällt Kondensat an.

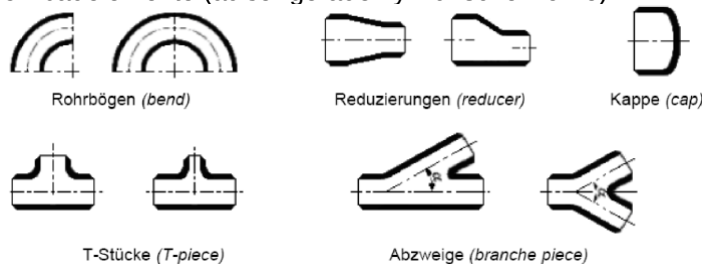
→ Rohrleitungen mit Gefälle ausführen. → anfallendes Kondensat an den tiefsten Stellen abgeleitet für horizontale symmetrische Rohrstücke nicht verwenden. Ausschleusung durch Kondensatableiter (mechanische = Niveaugregler mit Schwimmer)

112. Isolierstoffe zur Isolierung von Apparaten mit Einsatzbereich (auflisten) (S. 101)

Bis 100°C: Mineralfaser mit Kunstharzbindung, Schaumstoffe (-200 – 120°C), Korksteinschalen
>100°C Mineralfasern: Glaswolle (bis 700°C), Keramikfasern (bis 1500 °C), Schaumglas (-260 – 430 °C)

113. Welche Formstücke in Rohrleitungen kennen Sie? (Skizze) (S. 122)

Vorgefertigte genormte Rohrbaulemente (außer gerade zylindrische Rohre)



114. Was ist der Nenndurchmesser/Nennweite? Warum wird dieser verwendet? (S. 120)

DN [mm]: Kenngröße bei Rohrleitungssystemen, kennzeichnendes Merkmal zueinander passender Teile (Rohre, Formstücke, Armaturen). Um zu erkennen ob Teile zusammenpassen und welche nicht kombiniert werden können.

115. Was ist der Nenndruck? (S. 120)

PN [bar]: kennzeichnendes Merkmal für Druckstufe, in der Rohrleitungsteile gleichartiger Ausführungen zusammengefasst sind.

Zahlenwert gibt maximal zulässigen Betriebsüberdruck bei 20°C an.

Wandstärken ausgelegt um Nenndruck standzuhalten

In einer Rohrleitung nur gleiche Druckstufen. Teile höherer Druckstufen, erhöhen Belastbarkeit nicht, Teile niedrigerer gefährden Anlage

116. Erklären Sie die Begriffe Berechnungsdruck, Nenndruck, Prüfdruck (S. 104)

Berechnungsdruck= Druck für den die Anlage zur Erzielung ihrer Funktionsfähigkeit berechnet wurde.

Prüfdruck= zulässiger Betriebsdruck inklusive einer Reserve von 10-25% je nach Anwendung und Fluid

Prüfdruck: Druck (gemessen am höchsten Punkt) mit dem der Behälter zu Prüfen ist.

Höhe des Druckes bei Durchführung einer Festigkeitsprüfung. Sicherstellung einer ausreichenden Reserve der Festigkeit von Bauteilen sicherzustellen (Behälter, Rohrleitungen)
angewandter Prüfdruck liegt immer über dem maximal zulässigen Betriebsdruck.

Berechnungsdruck: Druck, für den Geräte oder Anlagen unter definierten Bedingungen zur Erzielung der Funktionsfähigkeit berechnet sind

Berechnungsdruck: ist allgemein der zulässige Betriebsdruck $p_B \rightarrow$ statischer Druck p_{hyd} nur berücksichtigen, wenn er Beanspruchung der Wand um mehr als 5% erhöht.

Der Berechnungsdruck kann für den **Betriebsdruck** (entspricht dem **Istdruck**) bestimmend sein oder auch ein Maß dafür, bis zu welchem maximal zulässigen Betriebs- (Über)druck Geräte, Anlagen oder Komponenten betrieben werden dürfen.

Drucktragende Wand beidseitig gleichzeitig mit Druck belastet $\rightarrow$ normal nicht mit Druckdifferenz gerechnet, Berechnung einzeln; Ausnahme: Nachweis höhere Beanspruchung als Druckdifferenz tritt nicht auf. Gleichzeitig Überdruck, Unterdruck $\rightarrow$ Berechnungsdruck = Differenz

117. Welche Arten von Wärmeaustauschern kennen Sie? (S. 116)

Rohrbündelapparate (Ausführungen: Geraderohr-, Schwimmkopf-, U-Rohr-Wärmetauscher)

Spiralwärmetauscher: [Vorteile: hohe Wärmedurchgangszahlen, Materialspannungen gleichen sich aus, gleichmäßige Strömungsverteilung (glatte Kanäle), geringe Verschmutzungsgefahr, geringer Druckverlust, geringes Gewicht, kleines Bauvolumen]

Nachteile: große Dichtflächen, hohe Kosten, maximaler Druck 15 bar]

Doppelrohrwärmetauscher: aus Doppelrohrelementen, in beliebiger Anzahl hintereinander geschaltet.

Vorteile: für hohe Drücke, gute Strömungsverteilung, hohe Wärmedurchgangszahlen;

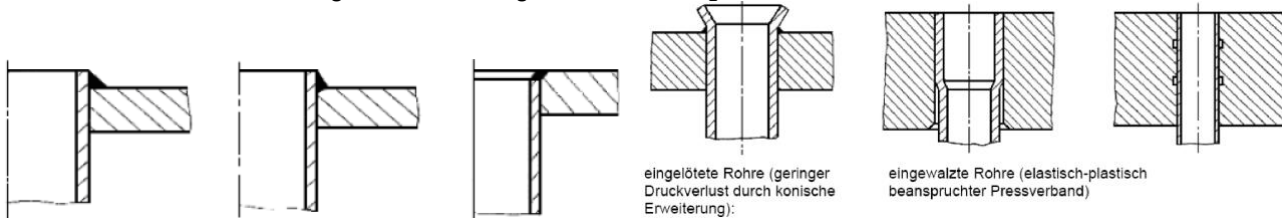
Nachteile: großes Bauvolumen

Plattenwärmetauscher: aus beliebigen Platten in einem Spannrahmen aneinander gepresst

Spiralwärmetauscher:

118. Wie können Wärmetauscherrohre mit der Kopfplatte verbunden werden? (Skizzen) (S.116)

Rohre werden entweder eingeschweißt, eingelötet, oder eingewalzt



119. Was bedeutet die Nußelt-Zahl? Wo wird Sie angewandt? (S 106)

Dient zur dimensionslosen Darstellung des Wärmeübergangskoeffizienten α , nach den Richtlinien der Ähnlichkeitstheorie. Wobei α erfasst Übertragungsverhältnisse in Temperaturschichten, Überlagerung von Wärmeleitung und Konvektion

Normalerweise verwendet man die Nußelt-Zahl, um die Wärmeübertragung an strömende **Fluide** zu beschreiben

Für erzwungene Konvektion $Nu=f(Re,Pr)$, für natürliche Konvektion $Nu=f(Gr,Pr)$

120. Was bedeutet die Prandtl-Zahl? Wo wird Sie angewandt? (S. 106)

Stoffwert für Ermittlung der Nußelt-Zahl bei freier u. erzwungener Konvektion

Die Prandtl-Zahl ist eine reine, im Allgemeinen temperaturabhängige **Stoffgröße**

121. Was bedeutet die Mach-Zahl? Wo wird Sie angewandt?

Druckwellen verursacht durch Druckstörungen breiten sich in Schallgeschwindigkeit aus.

Mach-Zahl = Verhältnis zw. Strömungs- und Schallgeschwindigkeit

122. Was bedeutet die Grashoff-Zahl? Wo wird Sie angewandt? (S. 106)

Gr: Charakterisiert Strömungsvorgänge mit freier Konvektion, wird bei der Berechnung von Konvektionen und Wärmeübergängen zur Berechnung des übertragenen Wärmestroms benötigt.

beschreibt den Einfluss der freien Konvektion auf ein Fluid

123. Was bedeutet die Reynolds-Zahl? Wo wird Sie angewendet? (1 Bsp.) (S.106)

Re: Reynoldszahl: gibt Verhältnis der an den Strömungsteilchen angreifenden Trägheitskraft zu den Zähigkeitskräften an.

Anwendung in der Strömungslehre, zur Berechnung von Rohrreibung in der Abhängigkeit der Reynoldszahl!!!

Vergleich von Strömungsvorgängen nach dem Ähnlichkeitsprinzip!!!
Charakterisiert von außen aufgezwungene Strömungsvorgänge

124. Wie gehen Sie bei der Auslegung von Wärmetauscher vor (Schritte) (S.106)

Ermittlung der Wärmeübergangszahl:

- Beschreibung der Geometrie (L, s)
- Ermittlung des Strömungszustandes (freie, erzwungene Konvektion)
- Ermittlung der Stoffkonstanten $\lambda, \eta, c_p, \nu, \beta, Pr$
- Berechnung der Re-Zahl (erzwungene K.) oder Gr-Zahl (freie K.)
- Ermittlung der für den Anwendungsfall gültigen Gleichung für die Nu- Zahl
- Berechnung der Nu – Zahl
- Berechnung von α aus der Nu – Zahl

Berechnung der übertragenen Wärme:

→ Anschließend mit α für jede Seite, λ für Wand → Wärmedurchgangszahl k

Stoffwerte verändern sich stark, un stetig mit Temperaturänderung → Zerlegung Apparat in Sektionen.

Wärmeaustauschoptimierung:

k immer kleiner als der kleinere α -Wert. → kleinerer α -Wert erhöhen durch: Beeinflussung der Strömung (Turbulenzzeugung), Erhöhung der Geschwindigkeit (Erhöhung der Zahl der Umlenkleche), Einbau Rippen, Lamellen)

125. Wie können die Wärmeverluste von Rohrleitungen und Apparaten verringert werden? (S. 101)

Durch Isolierung, Isolierschicht außen mit Blechverkleidung gegen Witterungseinflüsse geschützt. Einsatz von Mineralfasern, Schaumstoffe, Korkensteinschalen, Keramikfaser, Schaumglas

126. Welche Arten von Wellenabdichtungen kennen Sie? (S. 98)

Schleifende Dichtung, Berührungsfreie Dichtung, Gleitringdichtung, Stoffbuchsendichtung (S. 98)

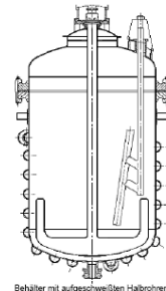
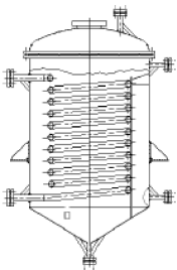
127. Wie isolieren Sie Rohrleitungen bei hohen Temperaturen? (101)

Mit Isolierstoffen für höhere Temperaturen:

Mineralfasern: Glaswolle, Steinwolle (Bis 700°C), Keramikfasern (bis 1500°C), Schaumglas (ca. -260 + 430°C)

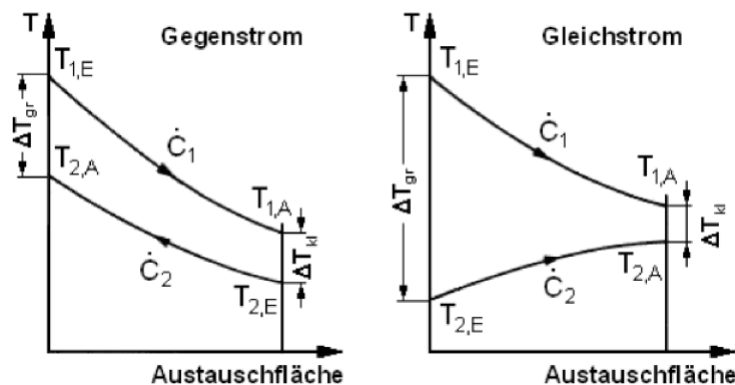
128. Welche Möglichkeiten der Einbringung von Wärme in Apparate kennen Sie (Skizzen) (S.96)

Behälter mit Heizschlangen, Doppelmantelbehälter, Behälter mit aufgeschweißten Halbrohren



Behälter mit aufgeschweißten Halbrohren

129. Temperaturverlauf in einem Wärmetauscher bei Gleichstrom (S. 114)



Strömungsausführung und damit der Temperaturverlauf von Apparaten haben wesentliche Bedeutung für Wärmeübertragung. Man unterscheidet hinsichtlich Strömungsführung: Gegen-, Gleich-, Kreuzstrom

130. Vor- und Nachteile von Stopfbuchsen (S.99)

Vorteil: billig, kein plötzliches Versagen.

Nachteil: Leckageströme, periodische Wartung (nachziehen der Brillenschrauben), kürzere Lebenszeit, Leckagemengenerhöhung bei Radialbewegung, Wellenabnutzung

verdichtbare Packung wird mittels Brille angepresst, durch Querdehnung des Dichtwerkstoffes wird der Spalt zur Welle geschlossen

Werkstoff: PTFE, Graphitfaser; Einsatz: Pumpen, Rührwerke, Armaturen

131. Vor- und Nachteile von Gleitringdichtungen (S. 98)

Vorteile: geringe Undichtheiten, wartungsarm (keine Wellenabnutzung), geringe radiale Bewegung zulässig.

Nachteil: teuer, Gefahr plötzliches Versagen

- Dichtflächen senkrecht zur Wellenachse, kraftschlüssige Abdichtung, zwei Gleitringdichtungen hintereinander (Zwischenraum mit Sperrflüssigkeit)
- Werkstoffe: Kohle/Metall, Kohle/Oxidkeramik, Kohle/Hartmetall
- Einsatz: Pumpen, Rührwerke, Mischer, Knetter, Zerkleinerungsapparate

132. Wie können Rohrleitungen mit Apparaten verbunden werden?

über Flansche (Vorschweißflansch, Gewindeflansch, loser Flansch)

an Stutzen (seitlich platzierte, gekröpfte, Stutzen mit Rohreinleitung)

133. Was ist ein Blindflansch?

Blindflansche sind ohne Mittelbohrung und werden zum Verschließen verwendet z. B. von zusätzlichen Stutzen an [Druckbehältern](#) oder von Rohrleitungsenden.

134. Was ist ein Apparatflansch? Wozu dient er?

Ist ein Verbindungselement um 2 Teile eines Apparates miteinander zu Verbinden. z.B.: um einen Deckel auf einem Apparat zu fixieren. ist verschraubt

Sie haben die gleiche Funktion wie normale Flansche, werden aber vorzugsweise an [Kessel](#), [Druckbehälter](#) und Ähnlichem eingesetzt. Sie können daher andere Abmessungen der Flanschblattdicke haben, z. B. bei Gussgehäusen.

135. Was ist ein Mannloch?

Einstiegsloch für Bedien- oder Wartungspersonal um den jeweiligen Apparat zu reparieren, reinigen, warten.

136. Nennen Sie verschiedene Bauarten von Kolonnenböden (mind. 3) Welche Vorteile haben Sie jeweils? (S. 87)

Klöpferboden: Mischung aus Tellerboden und Halbkugelboden; billiger als Halbkugelboden bessere mechanische Stabilität als Tellerboden und Flachboden

Tellerboden: einfach zu fertigen

Halbkugelboden: beste mechanische Stabilität

Korbbogenboden: ähnliche Eigenschaften wie Klöpferboden

137. Arten von lösbaren Rohrverbindungen (S. 123)

Schraubverbindungen: (Unterteilung: Gewinde Dichtfunktion (Whitworth-Gewinde mit Dichtungsmittel) oder keine),

Rohrverschraubung: Anpresskraft durch Überwurfmutter erzeugt und auf Dichtungselement (Schneidring) übertragen. Bis Rohraussendurchmesser 38 mm.

Flanschverbindung: Maßnormen unabhängig von Bauart; gleiche Nennweite, Nendruck, → gleiche Anschlussmaße → kombinierbar; Anzahl Schraublöcher durch 4 teilbar, an Hauptachsen keine Schraubenlöcher; Vorteil: auch für hohe Drücke bei begrenzten Temperaturen; Nachteil: nicht 100%ig dicht, durch Längskräfte auf Flanschverbindung → Verformung; Arten: Gewindeflansch, Vorschweißflansch, loser Flansch

138. Welche Regelarmaturen kennen Sie? (S. 126)

Ventile: Absperrern, Regulieren der Durchflussmenge bei Regelventil; Unterschied Absperr-/Reglerventil: feinfühligere Dosierung durch Ausführung des Ventilteller mit Drosselkragen. (Kegelsitzventil)

139. Welche Auf/Zu Armaturen kennen Sie? (S. 126)

Schieber (Keilflachschieber): schnelles öffnen/schließen von Rohrleitungen, Nachteil: großer Platzbedarf, vergl. hohe Kosten

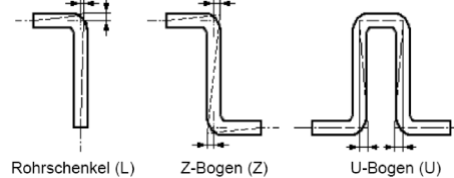
Klappen: (Absperrklappe) Alternative zu Schieber, Klappblatt bleibt in Strömung → Druckverlust höher, für geringe Drücke, wenig korrosive Medien geeignet; Vorteil: preiswerter als Schieber (Absperrklappe, Rückschlagklappe)

Hähne: (Kugelhahn) öffnen/schließen, Umschalten an Rohrverzweigung (Kugelhahn: Dichtung zw. Gehäuse und Kugel mit PTFE Sitzringen)

140. Möglichkeiten zum Ausgleich von Wärmedehnungen von Rohrleitungen (S.134)

Aufnahme der Dehnung:

- durch das Rohr selbst (z.B. Rohrbögen)
- durch Ausgleichselemente Kompensatoren
axial = axialbew., angular =Winkelbew., lateral =seitlicher Versatz
- Rohrschenkel (L) Z-Bogen, U-Bogen (Lyrabogen)

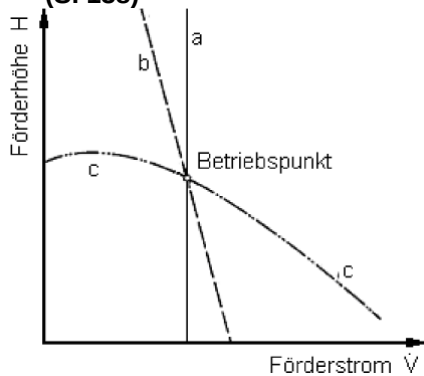


141. Was ist ein Festpunkt (einer Rohrleitung) (S.129)

Rohrleitungen werden durch Festpunkte (FP) und Gleitlager (GL) fixiert. Festpunkte zur Begrenzung eines Rohrleitungsabschnittes, aus Rohrleitungssystem kommenden Kräfte aufgenommen → System an FP fixiert. Gleitlager: Bewegung zur Aufnahme von Dehnungen, kraftschlüssige Abstützung

Fördern von Fluiden (S. 138-154)

142. Typische Kennlinien der verschiedenen Pumpentypen (mit Erklärung warum sie so aussehen) (S. 138)



a Kolbenpumpe

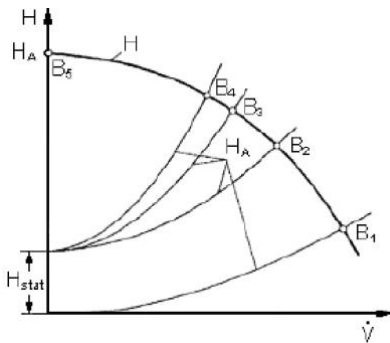
b Drehkolbenpumpe

c Kreiselpumpe

Kreiselpumpe: Laufräder: Halbaxial-, Radialräder (offen oder geschlossen), Axialräder
 Mehrstufige Pumpen: für größere Förderhöhen, mehrere Laufräder auf einer Welle in Serie geschaltet
 Mehrflutige Pumpe: größere Fördermenge, mehrere Laufräder parallelgeschaltet.

143. Erklärung des Zusammenwirkens von Pumpe und Rohrleitung (mit Skizze) (S. 142)

Der Betriebspunkt der Anlage ergibt sich aus dem Schnittpunkt von Anlagen-, und Pumpenkennlinie.



B₁ ... keine statische Förderhöhe

B₅... Armatur geschlossen

2-5: verschiedene statische Förderhöhe und unterschiedlicher Drosselung einer Armatur

144. Arten von Laufrädern für Kreiselpumpen (S. 139)

Axialräder, Halbaxialräder, Radialräder

145. Wodurch geschieht der Anschluss der Pumpen an die Rohrleitungen, Wodurch werden Wartungsarbeiten erleichtert? (S. 144)

Anschluss über Kompensatoren, damit auf Pumpengehäuse keine Spannungen durch Rohrleitungen übertragen werden.

Vor, teilweise nach Pumpen Absperrarmaturen → Ausbau bei Wartungsarbeiten ohne Pumpe zu entleeren, Saugleitung möglichst kurz → druckverlustarm

146. Kolbenhubpumpen: Unterteilung, Funktionsweise (S. 145)

Unterteilung: Hubkolbenpumpen, Drehkolbenpumpen

Hubkolbenpumpe: Verdrängerkolben (geht im Pumpenraum hin und her) über je einem selbsttätigen Ventil mit Saug-/Druckleitung in Verbindung, Pulsationsdämpfer für Druck-/Saugleitung um Druckstöße auszugleichen.

Konstante Drehzahl Antrieb → konstanter Förderstrom

Drehkolbenpumpen: zwei ineinander greifende, drehende Kolben.

Fördermenge (in gewissen Ausmaß) abhängig Förderhöhe

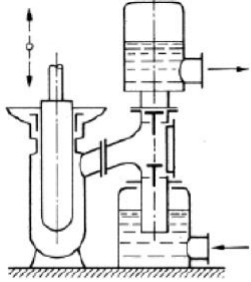
147. Arten von Hubkolbenpumpen und Erklärung der Funktion (mit Skizze) (S. 145)

Tauchkolbenpumpe: Kolben kommt direkt mit dem geförderten Medium in Kontakt

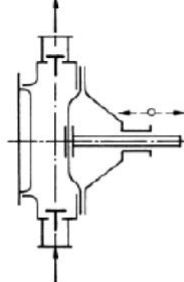
Membranpumpe: wird eine Membran als Verdrängungselement eingesetzt welche mechanische oder durch

Tauchkolben-Membranpumpe: durch eine Flüssigkeit auf der Membranrückseite in Bewegung gesetzt wird, die durch einen Tauchkolben bewegt wird.

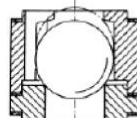
Druckluft-Membranpumpe: Membran durch Druckluft in Förderrichtung gedrückt, Rückbewegung der Membran erfolgt durch den Druck der Flüssigkeit bei Druckfreischaltung der Druckluftseite.



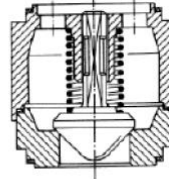
Tauchkolbenpumpe – schematisch
(piston pump)



Membranpumpe – schematisch
(diaphragm pump)



Kugelventil



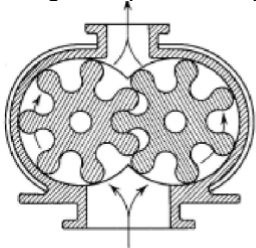
federbelastetes Kegelventil

148. Arten von Drehkolbenpumpen und Erklärung der Funktion (mit Skizze) Seite 146

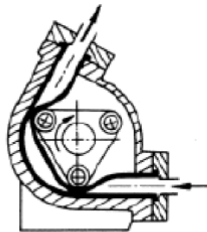
Allgemein: 2 Drehkolben greifen ineinander → zu jedem Zeitpunkt der Drehung Abdichtung zw. Saug-/Druckseite → Förderung hochviskoser oder. schäumender Flüssigkeit

Zahnrad: Zwei Zahnräder greifen so ineinander ein, dass Druck- und Saugseite gegeneinander abgedichtet werden

Schlauchpumpe: Ein Rotationskörper quetscht einen Schlauch zusammen dabei entsteht eine Druck und Saugseite (Schlauchquetschpumpe)



Drehkolbenpumpe – schematisch



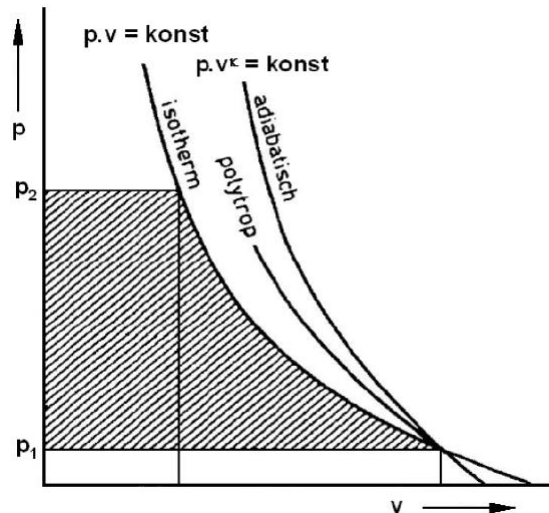
Schlauchpumpe

149. Darstellung der Verdichtung im p-V Diagramm (mit und ohne Zwischenkühlung) Seite 147

Isotherme: Verdichtungswärme ständig durch Kühlung abgeführt

Adiabate: Kompressionswärme vollständig von komprimierten Medium aufgenommen

Polytrop: $p v^k = \text{konstant}$



150. Diffusoren: (S. 151)

Sind Einrichtungen in der Druckseitigen Rohrleitung zur Verzögerung der Strömung.

dynamischer Druck in statischen Druck umgewandelt

gleichmäßige Zuströmung ist wichtig, Einhaltung kritischer Öffnungswinkel wichtig α_{krit} . Öffnungswinkel $> \alpha_{\text{krit}}$ = 4° → Strömungsablösung, Wirkungsgrad nimmt ab

151. Arten von Verdichtern und typische Einsatzbereiche (S. 151)

Allgemein: Strömungsmaschinen, Kolbenmaschinen zur Förderung von Gasen Druckverhältnis $p_2/p_1 > 1,3$

Bauarten:

Strömungsmaschinen(Axialverdichter, Radialverdichter),

Kolbenmaschinen(Drehkolbenverdichter, Hubkolbenverdichter)

Fördern von Gasen je nach Druckerhöhung und Ansaugvolumen erfolgt die Auswahl der Verdichter (Kolbenverdichter für kleinere Fördermengen)

Begrenzung der Temperatur bei: ölgeschmierten Verdichtern; Trockenlaufenden Verdichtern mit berührungsfreien Spaltdichtungen

152. Arten von Hubkolbenverdichtern (S. 152)

In ein oder Mehrstufiger Ausführung

153. Arten von Drehkolbenverdichtern (S. 153)

Schrauben-, Rotations- (Drehschieber-Vakuumpumpe), Flüssigkeitsringverdichter (Flüssigkeitsring-Vakuumpumpe), Rootsgebläse (Wälzkolben-Vakuumpumpe)

154. Bereiche für das Vakuum (S.154)

Großvakuum: 2,3 - 101,2kPa,

Feinvakuum: 10^{-4} – 2,3kPa,

Hochvakuum: 10^{-6} – 10^{-4} kPa,

Ultrahochvakuum.: $<10^{-6}$ kPa

155. Welche Arten von Ventilatoren kennen Sie? (S.149)

Strömungsmaschinen zur Förderung von Gasen, mit Druckverhältnis bis zu $p_2/p_1 = 1,3$

Typen: Radial-, Axial-, Diagonal-, Seitenkanalventilatoren

Radialventilator:

Gas strömt drallfrei durch Eintrittsdüse axial durch Ansaugstutzen zu Laufrad.

Laufrad radial durchströmt. Besteht aus Kreisbogenschaukeln aus Blech mit Boden-/Deckscheibe verbunden.

Wirkungsgraderhöhung: Einsatz profilierte Schaufel, 2 flutige für große Fördermengen,

störungsfreie Saugeitige Zuströmung nötig, Strömungsstörungen → Verringerung Wirkungsgrad,

Betriebsstörungen:

wegen flieh Kraft fördert Radialventilator auch in falsche Drehrichtung → Verringerung Wirkungsgrad,

Bauformen: **K:** Laufrad fliegend gelagert Antrieb elastische Wellenkupplung; **M:** Ventilatorlaufrad direkt auf Motorwellenstumpf; **R:** Laufrad fliegend gelagert, Antrieb Keilriemen

Axialventilator:

Einfach: 2 frei laufende Axialventilatoren **ohne Leitrad**, ohne/mit Gehäuse

Einsatz: Lüfter in Räumen, Belüftung von Kühlern

Einsatz Leitrad: Wirkungsgraderhöhung.

Nachleitrad verringert mit Leitschaufeln durch Laufrad Mitdrall Drehrichtung der Strömung →

Geschwindigkeitsenergie wird zu Druckenergie.

Vorleitrad: erzeugt Drall gegen Drehrichtung Laufrad → durch Laufrad anschließend beseitigt

156. Was ist ein Muscheldiagramm? (S. 141)

Der Wirkungsgrad einer Pumpe ist stark vom Betriebspunkt der Pumpe (V, H, n) abhängig. Darstellung im Muscheldiagramm. Man kann den besten Wirkungsgrad einer Pumpe bei einer definierten Drehzahl(Pumpenkennlinie) ablesen der in Zusammenhang mit der Förderhöhe (Y-Achse) und dem Fördervolumen (X-Achse) steht.

Die Wirkungsgradlinien sehen muschelförmig aus deswegen der Name Muscheldiagramm.

157. Was ist eine Chemienormpumpe? (S. 144)

dicht+kompakt aufgebaut → geeignet zur Förderung von aggressiven Medien (Chemieindustrie, Petrochemie) besitzen sehr hohe chemische Beständigkeit, einflutige Pumpen mit einstufigem Laufrad (offen/geschlossen)

158. Welche Arten von Pumpen kennen Sie? (S. 138)

Kreisell-, Drehkolben-, Kolbenpumpen (Hubkolbenpumpe; Membranpumpe, Tauchkolbenpumpe)

Drehkolbenpumpen (Schlauchpumpe), Strahlungspumpen (Treibmittelpumpen), Mammutpumpen

159. Was ist der Betriebspunkt einer Pumpe? (S. 142)

Betriebspunkt ergibt sich als Schnittpunkt der Pumpenkennlinie mit der Anlagenkennlinien (V,H)

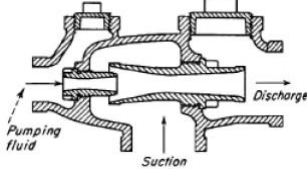
Aufgetragen Volumenstrom gegen Förderhöhe, mit oder ohne statische Höhe
Der Betriebspunkt sollte möglichst im Wirkungsradoptimum liegen(abzulesen im Muscheldiagramm)

160. Erläutern Sie den NPSH-Wert: (S. 142)

Der NPSH-Wert (Net positiv suction head) ist eine wichtige Größe zur Beurteilung des Saugverhaltens einer Pumpe. Es sollen keine Dampfblasen (Kavitation) im Flüssigkeitsstrom entstehen. Kavitation führt nämlich zu stärkerer Geräuscentwicklung, Absinken des Pumpenwirkungsgrades, einer Materialabtragung, wenn Dampfblasen schlagartig durch Kondensation an der Oberfläche implodieren, Es sollte gelten $NPSH_A > NPSH_P$ mit Sicherheitsabstand von 0,5 m
 $NPSH_A$... available: vorhandene Haltedruckhöhe
 $NPSH_P$... erforderliche Haltedruckhöhe

161. Wie funktioniert eine Strahlpumpe? (S. 146)

Ein Treibmittel strömt mit hoher Geschwindigkeit durch aus und erzeugt einen Unterdruck. In einem anschließenden Diffusor wird die Geschwindigkeit verzögert → Druck wird aufgebaut.



162. Welche Vor- und Nachteile haben Kolbenpumpen?

Nachteil: mit zunehmender Förderhöhe steigt der Druck linear an

163. Wie kann das Auftreten unzulässiger Betriebsdrücke in Apparaten und Rohrleitungen verhindert werden? (S. 127/129)

Durch **Sicherheitsventile**: federbelastete Ventile, die ab eingestelltem Überdruck öffnen. Einstellung durch vorgespannte Feder. (S. 127)

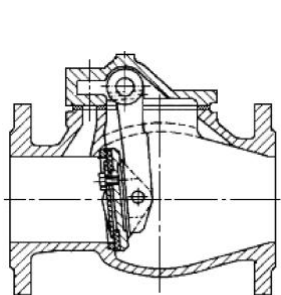
Berstscheiben: letzte Sicherung gegen Bersten einer Rohrleitung/Behälter

Überdruckventile oder **Überdrucküberwachung** die an ein Förderaggregat gekoppelt ist.

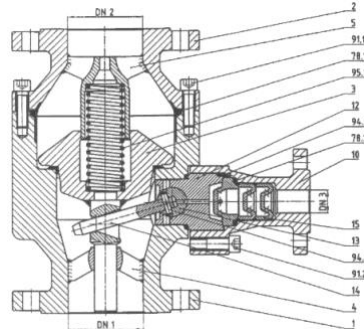
Überdruckventile: Dadurch wird bei einem definierten Druck der Druck in der Leitung abgebaut und ins freie entlassen.

Weiters ist bei der Auslegung der Anlage darauf zu achten die Rohre mit genügend Sicherheit zum Betriebsdruck jedoch ökonomisch zu planen.

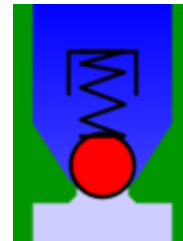
164. Welche Arten von Rückflußverhinderern kennen Sie (Skizzen) (S. 127)



Rückschlagklappe



Rückschlagventil



Kugelventil

Rückschlagklappen:

arbeitet bei geringem Differenzdruck

Rückschlagventil

Gegendruck über Feder einstellbar

165. Was ist bei der Förderung feuchter Luft in Rohrleitungen zu beachten? Welche Gefahren bestehen? (S.135)

Kondensatbildung, durch Wärmeverluste an der Kanal/Leitungswand → Notwendigkeit, Kondensate abzuleiten! → Gefahr durch Gewicht, verringerten Querschnitt und Wasserbewegungen in der Leitung.

Kavitation ist natürlich, in dem Zusammenhang Beschädigung von Turbinenteilen durch Kavitation (Wenn der statische Druck der Flüssigkeit bis zur das der Dampfdruck der Flüssigkeit erreicht wird, entstehen Dampfblasen → erhöht sich der statisch Druck wieder implodieren die Dampfblasen = Kavitation – diese können zu Materialabtrag führen

166. Skizzieren Sie eine typische Kennlinie einer Kreiselpumpe (S. 143)

