

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN

DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT

INSTITUT BTCH

ZF Betriebstechnik

2. Semester

von

Katja Mutter

Bachelorstudiengang 2020

Studienrichtung Biotechnologie

Inhalt

1. Strömung	7
1.1. Was ist der Unterschied zwischen einer laminaren und einer turbulenten Strömung? Welche Strömung ist ideal, welche real?	7
1.2. Was besagt die Kontinuitätsgleichung in Worten?	7
1.3. Welche Auswirkungen einer Strömung können durch die Bernoulligleichung beschrieben werden?	7
1.4. Was ist der Unterschied zwischen newtonschen und nicht-newtonschen Fluiden? ..	8
1.5. Was ist Kavitation? Warum ist sie so gefährlich? Wie kann das Auftreten von Kavitation durch das Bernoulligesetz erklärt werden?	8
1.6. Welche Phänomene gehen in die Berechnung des Reibungskoeffizienten ein?	8
1.7. Wie verhält sich die laminare Grenzschicht bei rauen Rohren? Warum verändert sie sich bei unterschiedlicher Turbulenz der Strömung?	9
1.8. Was besagt die Ähnlichkeitstheorie? Wie wird die Reynoldszahl in diesem Zusammenhang verwendet?	9
2. Fördern von Flüssigkeiten	10
2.1. Was ist eine Kavitation?	10
2.2. Warum müssen Kavitationen in technischen Anlagen verhindert werden?	10
2.3. Bei welcher Bauart einer Pumpe sind der Flüssigkeitsraum & der Antrieb komplett, ohne Dichtung, getrennt?	10
2.4. Wie werden bei einer Pumpe Antrieb & Flüssigkeitsbereich getrennt?	11
2.5. Beschreiben sie das Funktionsprinzip verschiedener Pumpen	11
2.5.1. Kreiselpumpe	11
2.5.2. Hubkolbenpumpe	12
2.5.3. Umlaufkolbenpumpen	13
2.5.4. Strahlpumpe	15
2.6. Welches sind die Merkmale einer Kolbenpumpe?	15
2.7. Welches zusätzliche Bauteil muss normalerweise bei Betrieb einer Kolbenpumpe verwendet werden, um mögliche negative Effekte zu verhindern?	15

3.	Fördern von Feststoffen	16
3.1.	Welche mechanischen Fördermittel gibt es für körnige Schüttgüter?.....	16
3.2.	Welche mechanischen Fördermittel gibt es für Stückgut?	16
3.3.	Welche Vor- und Nachteile hat die pneumatische Förderung mit Unterdruck gegenüber der Förderung mit Druckluft?.....	16
3.4.	Welche Fördereinrichtungen werden bei geforderter hoher Dosiergenauigkeit eingesetzt?	17
3.5.	Wie funktioniert ein Zellenrad/Tellerdosierer/etc.?	17
4.	Sicherheit und Instandhaltung	18
4.1.	In welche Kategorien werden Sicherheitszeichen unterteilt?	18
4.2.	Wie werden Rohrleitungen an der ZHAW angeschrieben?*	18
4.3.	In welche Gefahrenklassen werden brennbare Flüssigkeiten unterteilt?.....	18
4.4.	Welche explosionsgefährlichen Gemische gibt es?	18
4.5.	Was ist beim Fetten von Dichtungen zu beachten?	19
4.6.	Nennen Sie unterschiedliche Arten von gesundheitsgefährdenden Stoffen.	19
4.7.	Welche Werte beschreiben die Toleranzgrenze von giftigen Stoffen in der Luft?* ..	19
4.8.	Was versteht man unter Langzeitschadstoffen?	20
4.9.	Schützen Handschuhe immer vor Kontaktgift?	20
4.10.	Erklären sie den Unterschied zwischen erstickenden und giftigen Gasen?	20
4.11.	Wie funktioniert ein Sicherheitsventil?.....	20
4.12.	Wie funktioniert eine Bertscheibe?.....	21
4.13.	Was sind Gründe um Sicherheitsventile und Bertscheiben zu kombinieren?*	21
4.14.	Was muss man bei der Kombination von Sicherheitsventilen und Bertscheiben beachten?	21
4.15.	Wie funktioniert eine Gleitringdichtung?	22
4.16.	Wie ist eine Gleitringdichtung aufgebaut?	22
4.17.	Was ist der Sinn einer SOP?	22

4.18.	Was sind Erscheinungsformen von Korrosion?	22
4.19.	Welche Ursachen gibt es für Korrosion?	23
4.20.	Wie kann Korrosion verhindert werden?	24
4.21.	Was ist eine Lokalanode/Lokalkathode?	24
5.	Energie und Elektrizität.....	25
5.1.	Was ist ein FI-Schutzschalter?	25
5.2.	Welche Schutzklassen gibt es und was bedeuten sie?	25
5.3.	Welche Schutzarten gibt es? Beschreiben Sie allgemein.	26
5.4.	Welche Sicherungen gibt es?*	26
5.5.	Was ist ein voreilender Kontakt?	26
5.6.	Wie funktioniert eine Schutzerdung?	27
6.	Wasser / WFI	28
6.1.	Wie werden Wasserleitungen entlüftet?	28
6.2.	Welche Arten von Wasser gibt es?	28
6.3.	Wie wird Trinkwasser gewonnen?	28
6.4.	Nennen Sie industrielle Qualitäten von Wasser.	29
6.5.	Was sind Endotoxine?	29
6.6.	Wie wird WFI nach Europäische Pharmakopöe hergestellt?	29
6.7.	Was bedeutet EP und USP?	30
6.8.	Wie muss Pharmawasser gelagert werden?.....	30
6.9.	Wie ist eine Entnahmestelle für Pharmawasser aufgebaut?	30
7.	Dampf	31
7.1.	Nennen Sie Anwendungen für Dampf	31
7.2.	Was versteht man unter Sattdampf?	31
7.3.	Wie funktioniert ein Dampferzeuger?.....	31
7.4.	Wie wird Dampf gefördert? Warum gibt es keine Dampfpumpen?	32
7.5.	Weshalb sind Dampf-Wärmetauscher kleiner als Wasser-Wärmetauscher?	32

7.6.	Erklären sie den Begriff «Enthalpie», gehen Sie dabei auf die Verdampfungsenthalpie ein.	32
7.7.	Wofür wird Reindampf benötigt & was ist der Unterschied zu Schwarzdampf?	33
7.8.	Weshalb sollten Dampf- und Kondensatleitungen ein Gefälle aufweisen?	33
7.9.	Welche Bestandteile hat eine Dampfanlage / ein Kesselhaus?	33
7.10.	Warum ist Nassdampf in Dampfanlagen unerwünscht?	33
7.11.	Wie sollten Dampfleitungen installiert sein? Gehen Sie dabei auf Los- und Festlager ein.	34
7.12.	Wie ist eine Dampfantnahmestelle zu installieren?	34
7.13.	Was ist ein Wasserschlag?	34
7.14.	Was ist ein Dampfschlag?	35
8.	Druckluft und Vakuum	36
8.1.	Begriffe*	36
8.2.	Welcher Zusammenhang besteht zwischen Volumen, Druck und Temperatur?	36
8.3.	Was ist der kritische Bereich von Gasen?	36
8.4.	Erläutern Sie das Prinzip der dynamischen Verdichter und der Verdichter nach dem Verdrängungsprinzip.	37
8.5.	Welche Hauptbereiche der Druckluftaufbereitung kennen Sie?	38
8.6.	Zeichnen & beschreiben Sie das Indikator-(pV)-Diagramm eines Verdichters.	38
8.7.	Was verstehen Sie unter dem Begriff Vakuum?	38
8.8.	Welche Funktionen übernimmt das Öl bei den verschiedenen Vakuumpumpen? ...	39
8.9.	Erklären Sie die Funktionsweise verschiedener Vakuumpumpen.	39
8.10.	Welche Sicherheitsrisiken bestehen bei Einsatz von Druckluft und Vakuum?	40
8.11.	Nennen Sie Druckmessgeräte. Wie ist das Funktionsprinzip?	40
9.	Kälte	42
9.1.	Welche Kälte erzeugenden Geräte gibt es?	42
9.2.	Wie funktioniert eine Kältekompansionsanlage?	42

9.3.	Nennen Sie Vor- und Nachteile von Kältemitteln	42
9.4.	Beschreiben Sie den Unterschied zwischen Kälte- & Kühlmittel.....	43
9.5.	Wie sind die Energie- / Enthalpieverhältnisse bei der Kältemaschine / Wärmepumpe?	43
10.	Abbildungsverzeichnis	44

1. Strömung

1.1. Was ist der Unterschied zwischen einer laminaren und einer turbulenten Strömung? Welche Strömung ist ideal, welche real?

- Wenn ein Fluid in einer solchen Art strömen kann, sodass benachbarte Schichten des Fluids ohne gegenseitige Störung aneinander gleiten können, dann spricht man von laminarer Strömung.
- Bei einer turbulenten Strömung hingegen bilden sich unregelmässige Wirbel, auch Verwirbelungen genannt, aus.
- Eine ideale Strömung ist eine reibungsfreie, inkompressible, isotherme und zeitlich konstante Strömung.
Bei einer Verengung eines Rohres wäre die Durchflussgeschwindigkeit überall gleich.
- Eine reale Strömung ist eine zeitlich konstante und inkompressible Strömung. Die Reibung und Druckverlust werden miteinberechnet.

1.2. Was besagt die Kontinuitätsgleichung in Worten?

- Das Produkt aus mittlerer Strömungsgeschwindigkeit w und Rohrquerschnitt A ist bei einer idealen, stationären Flüssigkeitsströmung an jeder beliebigen Stelle der Rohrleitung zu jedem Zeitpunkt konstant.

1.3. Welche Auswirkungen einer Strömung können durch die Bernoulligleichung beschrieben werden?

- Gilt prinzipiell immer
- Druckverluste bei den realen Strömungen müssen einbezogen werden
- Die Gleichung gestattet die Berechnung der Strömungsgeschwindigkeit, Drücke, Ausflusszeiten sowie der spezifischen Arbeit oder des Förderdrucks von Flüssigkeitspumpen für ideale und nach Einführung entsprechender Terme für den Druckverlust auch für reale Flüssigkeiten und Gase.

1.4. Was ist der Unterschied zwischen newtonschen und nicht-newtonschen Fluiden?

- Ein Newtonsches Fluid ist ein Fluid (Flüssigkeit / Gas) mit linear viskosem Fließverhalten.
- Als nichtnewtonsches Fluid bezeichnet man im Gegensatz zum newtonschen Fluid ein Fluid, dessen Viskosität nicht konstant bleibt, wenn sich die auf dasselbe einwirkenden Scherkräfte verändern.

1.5. Was ist Kavitation? Warum ist sie so gefährlich? Wie kann das Auftreten von Kavitation durch das Bernoulligesetz erklärt werden?

- Kavitation ist eine Form der Korrosion. Wird eine Flüssigkeit mit hoher Geschwindigkeit gefördert, so kann an gewissen Stellen Unterdruck entstehen. Wenn der Druck unter den Dampfdruck der Flüssigkeit fällt, bilden sich Dampfblasen zusammen und erzeugen starke Druckwellen, die zu einem Materialabtrag führen.
- Tritt Kavitation an der Oberfläche fester Körper (wie zum Beispiel eines Schiffspropellers) auf, kommt es unter Umständen zu sogenanntem Kavitationsfrass. Das Oberflächenmaterial wird durch die hohen mechanischen Beanspruchungen in mikroskopisch kleinen Teilen deformiert. Nach einiger Zeit brechen aus der Oberfläche grössere Partikel heraus. Der Mechanismus dieser Schädigung ist noch nicht abschliessend geklärt. Im schlimmsten Fall kann die Pumpe kaputt gehen und muss ersetzt werden.
- Nach dem Gesetz von Bernoulli ist der statische Druck einer Flüssigkeit umso geringer, je höher die Geschwindigkeit ist. Fällt der statische Druck unter den Verdampfungsdruck der Flüssigkeit, so bilden sich Dampfblasen. Mit dem erneuten Ansteigen des statischen Drucks über den Dampfdruck kondensiert der Dampf in den Hohlräumen schlagartig, und die Dampfblasen kollabieren.

1.6. Welche Phänomene gehen in die Berechnung des Reibungskoeffizienten ein?

- $\lambda = \frac{64}{\text{Reynoldszahl}}$ Nur bei laminaren Strömungen
- Die Reynoldszahl $Re(d)$ wird dabei mit dem Rohrdurchmesser d gebildet: $Re(d) = \frac{d \cdot w}{\nu}$

- Ab einem kritischen Wert Re_{krit} wird die laminare Strömung instabil gegenüber kleinen Störungen.

1.7. Wie verhält sich die laminare Grenzschicht bei rauen Rohren? Warum verändert sie sich bei unterschiedlicher Turbulenz der Strömung?

- Die Strömungsgeschwindigkeit bei turbulenter Strömung ist viel gleichmässiger über den Rohrquerschnitt verteilt als bei der laminaren Strömung. In der wandnahen Strömungsgrenzschicht herrscht laminare Strömung. An der unmittelbaren Rohrwand sinkt dort die Strömungsgeschwindigkeit auf den Wert Null. Da sich bei der turbulenten Strömung stark hin- und herschwankende Querbewegungen der vorwärtsgerichteten Hauptströmung überlagern, stossen ständig Flüssigkeitsteilchen höherer Geschwindigkeit auf solche mit geringerer Geschwindigkeit. Dabei büssen sie an kinetischer Energie ein. Diese Stossverluste in der Flüssigkeit und die Reibungsverluste - namentlich in der Grenzschicht - ergeben zusammen den gesamten Energieverlust.

1.8. Was besagt die Ähnlichkeitstheorie? Wie wird die Reynoldszahl in diesem Zusammenhang verwendet?

- Bei ähnlichen Strömungen ist das Verhältnis von Trägheitskräften zu Reibungskräften gleich. Die Masszahl dafür ist die (dimensionslose) Reynoldszahl Re : $Re = \frac{l \cdot w}{\nu}$.
- l = charakteristische Länge z.B. Rohrdurchmesser d
- w = charakteristische Geschwindigkeit
- ν = kinematische Viskosität
- Zwei Strömungsvorgänge sind ähnlich, wenn die Reynoldszahlen und die geometrischen Bedingungen übereinstimmen. Damit lassen sich die Strömungsgesetze wesentlich vereinfachen.

2. Fördern von Flüssigkeiten

2.1. Was ist eine Kavitation?

- Wird eine Flüssigkeit mit hoher Geschwindigkeit gefördert, so kann an gewissen Stellen Unterdruck entstehen.
- Wenn der Druck unter den Dampfdruck der Flüssigkeit fällt, bilden sich Dampfblasen zusammen und erzeugen starke Druckwellen, die zu einem Materialabtrag führen.

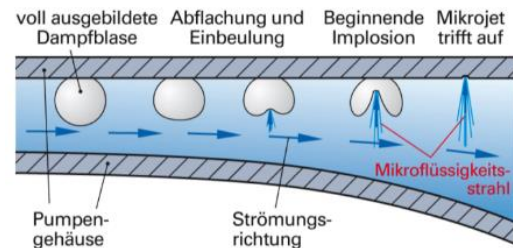


Abbildung 1: Entstehung von Kavitation

2.2. Warum müssen Kavitationen in technischen Anlagen verhindert werden?

Tritt Kavitation an der Oberfläche fester auf, kommt es unter Umständen zum Kavitationsfrass. Das Oberflächenmaterial wird durch die hohen mechanischen Beanspruchungen in mikroskopisch kleinen Teilen deformiert. Nach einiger Zeit brechen aus der Oberfläche größere Partikel heraus. Im schlimmsten Fall kann die Pumpe kaputt gehen und muss ersetzt werden.

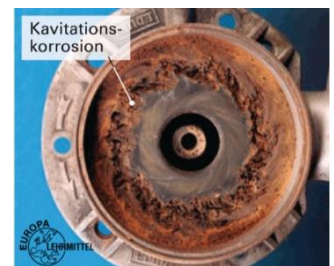


Abbildung 2: Korrosion einer Pumpe

2.3. Bei welcher Bauart einer Pumpe sind der Flüssigkeitsraum & der Antrieb komplett, ohne Dichtung, getrennt?

Bei der Kreiselpumpe mit Magnetkupplung: Es wird die Antriebskraft über das Magnetfeld übertragen. Es sind keine Dichtungen notwendig, die den Antriebsraum vom Förderraum trennen – das System ist komplett gekapselt.

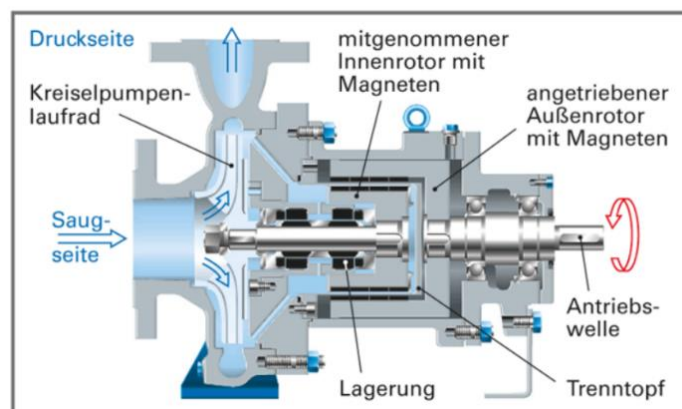


Abbildung 3: Aufbau Magnetkupplung

2.4. Wie werden bei einer Pumpe Antrieb & Flüssigkeitsbereich getrennt?

- Ruhende Dichtung:
 - Verformbare Dichtung unter Druck von zwei Bauteilen zusammengepresst (Membranpumpe)
- Bewegliche bzw. dynamische Dichtung:
 - Wellendichtung. Beruht auf der Drosselwirkung in einem möglichst engen und langen Spalt zwischen dem rotierenden und stillstehenden Bauteil
- Magnetkupplung
 - Die Antriebskraft wird über das Magnetfeld übertragen. Es sind keine Dichtungen notwendig, die den Antriebsraum vom Förderraum trennen – das System ist komplett gekapselt. Allerdings ist im Förderraum eine Lagerung des Innenrotors notwendig, diese Lagerung darf keine Schmiermittel enthalten, da sie produktberührend ist.
- Weitere Dichtungen:
 - Stopfbuchse. Dienen zur Abdichtung bei langsamen Drehzahlen
 - Gleitringdichtung. Eignen sich zum Abdichten von Wellen bei niedrigen und hohen Drücken, sowie bei höchsten Umdrehungszahlen

2.5. Beschreiben sie das Funktionsprinzip verschiedener Pumpen

2.5.1. Kreiselpumpe

Zusammenfassung:

- Häufigste Flüssigkeitspumpe
- Grosse Volumenströme
- Nur tiefer Förderdruck
- Nicht selbstsaugend
- Gleichmässig fördernd
- Keine Oszillation → wenig Verschleiss
- Keine Engstellen (Ventile)
- Normgrößen → kostengünstige Herstellung / Ersatzteile
- Kavitation kann vorkommen
- Auch viskose und sehr trübhaltige Flüssigkeiten
- Es gibt ein- oder mehrstufige Kreiselpumpen / Niederdruck- und Hochdruckpumpen

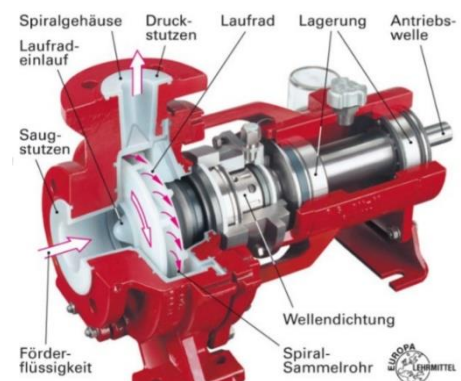


Abbildung 4: Aufbau Kreiselpumpe

Funktionsweise:

- Flüssigkeit wird durch ein sich drehendes Schaufelrad gefördert.
- Die Flüssigkeit wird dabei axial zugeführt und radial weggeleitet.
- Der zum Ansaugen nötige Unterdruck im Saugrohr wird durch ein Laufrad in einem spiralförmigen Gehäuse, welches gekrümmte Schaufeln besitzt, erzeugt.
- Bei Drehung des Laufrades wird ein Teil der Flüssigkeit durch die Fliehkraft in die Druckleitung gefördert. Wenn der Schieber der Saugleitung geschlossen wird, entsteht im Innenraum des Laufrades ein Unterdruck. Wird nun der Schieber geöffnet, drückt der Luftdruck die Flüssigkeit in das Saugrohr.
- Durch das Zusammenwirken von Fliehkraft und Luftdruck entsteht ein stetiger, gleichmässiger Förderstrom.
- Kreiselpumpen saugen nur dann selbsttätig an, wenn sich bereits Flüssigkeit im Saugrohr und in der Pumpe befindet.

2.5.2. Hubkolbenpumpe

Zusammenfassung:

- Selbstansaugend
- Pulsierend
- Kleine Förderströme
- Grosse Drücke

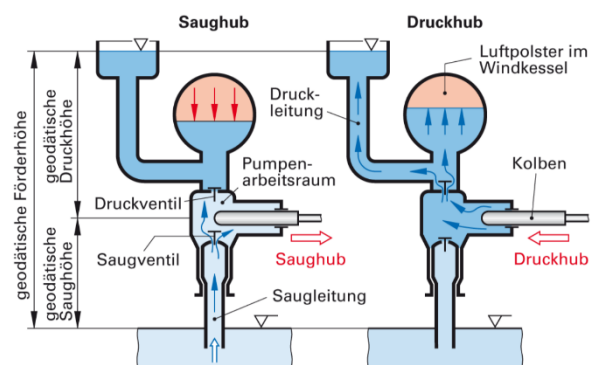


Abbildung 5: Windkessel

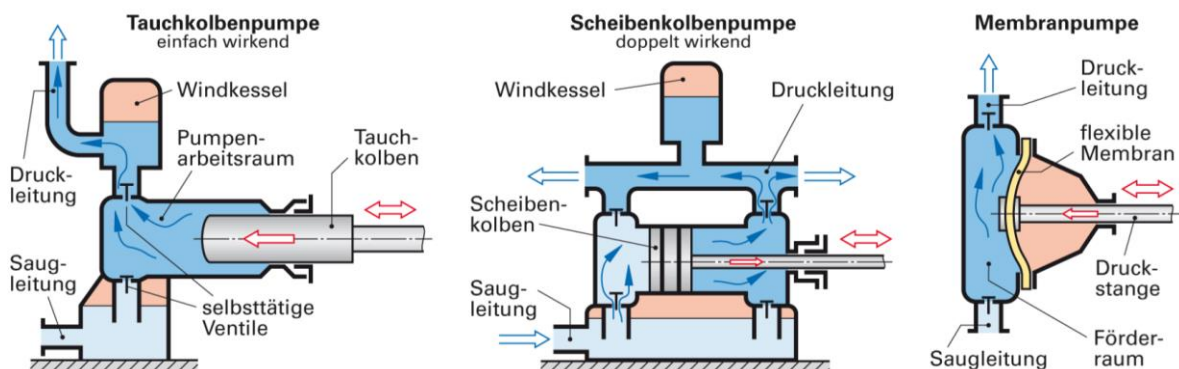


Abbildung 6: Verschiedene Hubkolbenpumpen

Kolbenpumpe:

- Kolben läuft in Zylinder → Verdränger-Wirkung
- Flüssigkeit von Raum mit niedrigem Druck in Raum mit hohem Druck

- Selbstansaugend
- Bypass oder Druckhalteventil nötig weil hoher Förderdruck
- Einfachwirkende Pumpen: nur saugen oder nur drücken, pulsierender Förderstrom
- zweifachwirkende (doppelwirkende) Pumpen: gleichmässiger
- Das angesaugte Fördergut wird über das sich öffnende Druckventil in den Druckwindkessel gefördert. Es presst die darin eingeschlossene Luft zusammen, die durch ihren Druck die Flüssigkeit durch die Druckleitung treibt.

Membranpumpe:

- ähnlich wie Kolbenpumpen
- Pumpenarbeitsraum durch hin- und herbewegende Membrane vergrössert/verkleinert
- Ein- und Auslass der Flüssigkeit durch Ventile gesteuert
- Förderflüssigkeit nur mit Membrane in Berührung
- Stossfreies Fördern
- Einsatz: Dosieren reiner Flüssigkeiten, kleine Fördermengen, hohe Drücke, auch für brennbare, giftige und aggressive Flüssigkeiten
- Problem: Membranbruch durch Ermüdung, Quellung oder Versprödung

2.5.3. Umlaufkolbenpumpen

- Verdrängerpumpe
- Keine Ventile notwendig
- Einfacher Aufbau → Nur Rotation; → Keine Oszillation
- (Nicht immer) Selbstansaugend
- Gleichförmig

Kreiskolbenpumpe oder Drehkolbenpumpe

- Pulsationsarm
- Für Hochviskose Flüssigkeiten oder Feststoffe

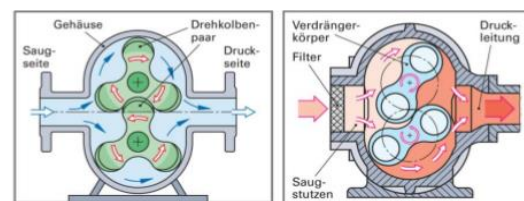


Abbildung 7: Kreiskolbenpumpe

Zahnradpumpe

- Druck : 10 – 40 bar + / Förderstrom : bis 60m³/h
- Keine Pulsation
- Für hochviskose Flüssigkeiten / Keine Partikel !
- Die Antriebswelle ist direkt mit einem Antriebszahnrad verbunden, welches dann das andere Zahnrad antreibt. Die Flüssigkeit wird in den Freiraum zwischen den Zahnradflanken & dem Gehäuse eingesaugt & wird zur Druckseite transportiert. Die

Zähne der beiden Zahnräder füllen die Freiräume gegenseitig auf, nachdem die Flüssigkeit die Druckseite erreicht hat.

Schlauchquetschpumpe

- Mehrere um eine Achse rotierenden Rollen quetschen einen Schlauch gegen die Innenwand des Pumpengehäuses. Jeweils hinter einer Rolle wird die Förderflüssigkeit angesaugt. Das zwischen zwei Rollen eingeschlossene Flüssigkeitsvolumen wird in der Drehrichtung fortbewegt. Jeweils vor einer Rolle wird der Schlauch zusammengepresst und die Flüssigkeit ausgestossen.
- Flüssigkeit kommt nur mit dem Schlauchmaterial in Berührung.
- Schlauchwerkstoff muss mit dem Fördermedium angepasst sein

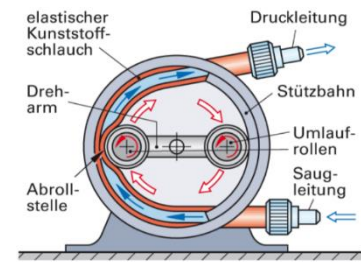


Abbildung 8: Schlauchquetschpumpe

Impellerpumpe

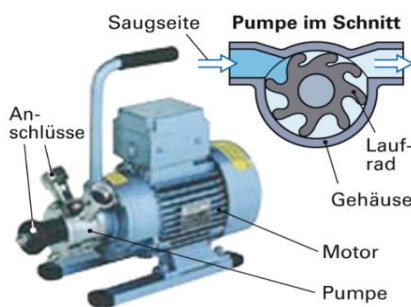


Abbildung 9: Impellerpumpe

Schraubenpumpe

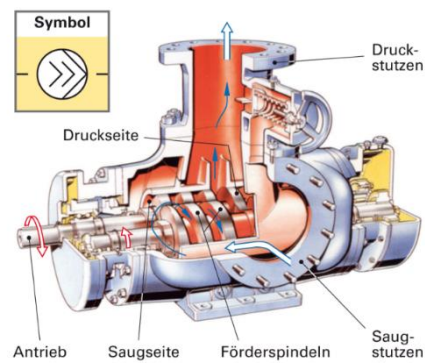


Abbildung 10: Schraubenpumpe

Exzenterschneckenpumpe / Subrotorpumpe

- Hochviskose Medien
- Hoher Feststoffgehalt
- Kein Trockenlauf
- Kennlinie ist im Vergleich zu herkömmlichen Kreiselpumpen sehr steil.
- Eine Schnecke aus Metall dreht sich in einem Gehäuse aus Kunststoff. Dabei bildet sich Saugseitig ein Hohlraum der das Fördermedium ansaugt. Schraubenförmig bewegt die Schnecke dann die Flüssigkeit zur Druckseite.

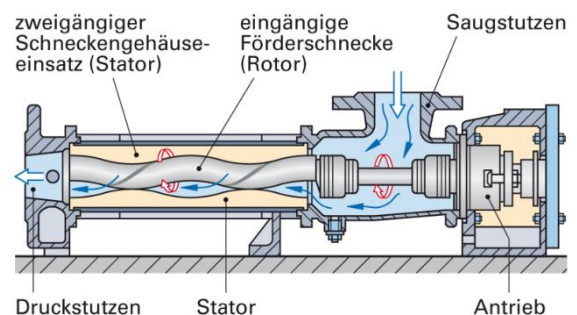


Abbildung 11: Exzenterschneckenpumpe

2.5.4. Strahlpumpe

- Selbstansaugend
- Gleichförmig
- Schlechter Wirkungsgrad
- In einem zylindrischen Gehäuse befindet sich die vom Treibmittel durchströmte Düse.

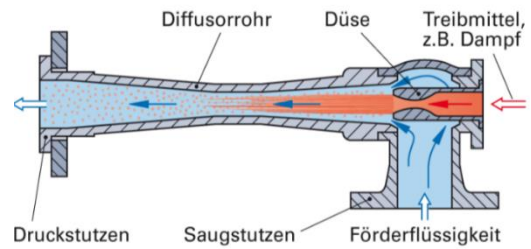


Abbildung 12: Strahlpumpe

In der Verengung kommt es zur Geschwindigkeitserhöhung des Treibmittels. Hinter der Düse verringert sich die Geschwindigkeit wieder. Durch diese Geschwindigkeitsänderungen entsteht im Gehäuse ein Unterdruck und dadurch die Saugwirkung. Das Fördermedium gelangt durch eine Öffnung vor der Düse in das Gehäuse und wird vom Treibmittel mitgerissen.

2.6. Welches sind die Merkmale einer Kolbenpumpe?

- Zum Dosieren reiner Flüssigkeiten
- Kleine Fördermengen
- Erzeugung hoher Drücke
- i.d.R. Selbstansaugend

2.7. Welches zusätzliche Bauteil muss normalerweise bei Betrieb einer Kolbenpumpe verwendet werden, um mögliche negative Effekte zu verhindern?

Durch den hohen Förderdruck wird der Einbau einer Sicherheitseinrichtung empfohlen (Druckventil oder Bypass). Auf der Druckseite der Pumpe, falls die Druckleitung abgesperrt werden kann. Dadurch wird die Apparatur bei plötzlich auftretendem Gegendruck durch Verstopfen der Leitung oder Bedienungsfehler vor dem Zerbersten geschützt.

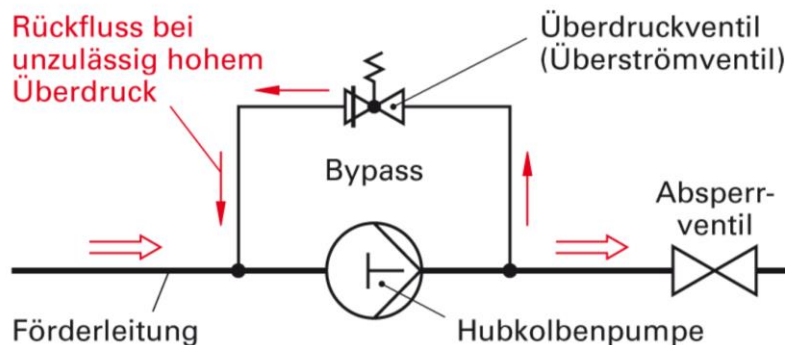


Abbildung 13: Schema einer Sicherheitseinrichtung

3. Fördern von Feststoffen

3.1. Welche mechanischen Fördermittel gibt es für körnige Schüttgüter?

- Stetigförderer
 - Gurtbandförderer
 - Gliederbandförderer
 - Kratzerförderer
 - Schwingförderer
 - Schnecken und Spiralförderer
 - Becherwerke

→ pneumatische Förderer eignen sich sehr gut für körniges Schüttelgut

- Saugluft-Förderanlage
- Druckluft-Förderanlage

3.2. Welche mechanischen Fördermittel gibt es für Stückgut?

- Kranförderer
- Hebezüge
- Rollenförderer

3.3. Welche Vor- und Nachteile hat die pneumatische Förderung mit Unterdruck gegenüber der Förderung mit Druckluft?

	Unterdruck	Druckluft
Vorteile	Es kann staubfrei gearbeitet werden	Deutlich höhere Förderhöhen bei Druckluft
Nachteile	Begrenzte Förderhöhe, da nur 0.8bar Unterdruck zugeschaltet werden kann	Das System arbeitet nicht staubfrei, durch den Überdruck können Partikel austreten

3.4. Welche Fördereinrichtungen werden bei geforderter hoher Dosiergenauigkeit eingesetzt?

Die Masse wird mit der Dosiergeschwindigkeit verrechnet, sodass die Dosierung genau berechnet werden kann.

Normale Dosierer	Dosierer mit hoher Genauigkeit
<ul style="list-style-type: none">• Zellenrad• Tellerdosierer• Banddosierer• Dosierschnecke	<ul style="list-style-type: none">• Dosierwaagen<ul style="list-style-type: none">○ Dosierbandwaage○ Dosierschneckenwaage

3.5. Wie funktioniert ein Zellenrad/Tellerdosierer/etc.?

Zellenrad:

Das Zellenrad besteht aus einer Walze, welche in die Aussparung eingearbeitet ist. Das Fördergut fällt in die Aussparung, wird vorwärts bewegt und wird unten freigegeben. Zellenräder können sowohl aus Druck- wie auch Unterdruckräumen dosieren. Die Dosiermenge kann durch die Drehzahl angepasst werden. Die Bauart kann den Anforderungen entsprechend aufgebaut sein.

Tellerdosierer:

Der unter dem Silo angeordnete Teller ist mit einem Abstand angebracht, der so bemessen ist, dass das Fördergut bei still stehendem Teller nicht vom Teller rutscht. Dreht sich der Teller, dann wird das Gut durch die Zentripetalkraft nach aussen geschleudert und es kann Fördergut aus den Silo nachrutschen.

4. Sicherheit und Instandhaltung

4.1. In welche Kategorien werden Sicherheitszeichen unterteilt?

- Gebote / Verbote / Warnzeichen / Rettungszeichen

4.2. Wie werden Rohrleitungen an der ZHAW angeschrieben?*

Kennfarbe	Kennzahl (Gr.)	Stoffgruppe	Bsp. Durch Stoffname	Bsp. Durch Kennzahl
Grün	1	Wasser	Brauchwasser	1.2
Rot	2	Wasserdampf	Heizdampf	2.1
Grau	3	Luft	Druckluft	3.1
Gelb / schwarz	5	Nicht brennbare Gase	Stickstoff	5.0
Blau	0	Sauerstoff	Sauerstoff	0.3

4.3. In welche Gefahrenklassen werden brennbare Flüssigkeiten unterteilt?

- Hochentzündlich (F+), Flammpunkt < 0°C & Sdp. < 35°C
- Leichtentzündlich (F), Flammpunkt < 21°C
- Entzündlich (kein Gefahrensymbol), Flammpunkt 21°C – 55°C

4.4. Welche explosionsgefährlichen Gemische gibt es?

- Explosionsfähige Stäube
 - Obere und untere Explosionsgrenze
 - (Mehl, Kunststoffe beim Mahlen, Trocknen, pneum. Fördern)
- Selbstentzündliche Stoffe:
 - Stoffeigenschaften, Temperatur
 - (Weisser Phosphor, Lithium, Acetaldehyd, Kohlenwasserstoffe unter Gegenwart von Sauerstoff)

4.5. Was ist beim Fetten von Dichtungen zu beachten?

Nicht zu viel Fett verwenden, da sonst die Produktqualität beeinflusst werden kann, wenn das Fett in die Leitung gelangt. Beim Verwenden von zu wenig Fett können Teile beim auseinandernehmen kaputt gehen, wenn die Dichtungen haften.

4.6. Nennen Sie unterschiedliche Arten von gesundheitsgefährdenden Stoffen.

- Gas unter Druck
 - Sauerstoff (weiss/blau), Stickstoff (schwarz/grün), Kohlenstoffdioxid (grau/grau)
- Ätzende Stoffe
 - Säuren & Laugen
- Ätz- und Reizgase
 - Ammoniak, Chlorwasserstoff, Schwefeldioxid, etc.
- Atemgifte
 - Kohlenstoffmonoxid, Schwefelwasserstoff, Cyanwasserstoff
- Erstickende Gase
 - Stickstoff, Kohlendioxid, Argon
- Lösungsmittel und giftige Flüssigkeiten
 - Aceton, Phenol, Trichlormethan
- Feste Giftstoffe
 - Cyanide, Chromate, Blei, Kupfer, Zink,
- Langzeitschadstoffe
 - Flüssigkeiten wie Benzol, Aromate, etc.
 - Stäube wie Asbest, Bleistäube, etc.
 - Teratogene Stoffe

4.7. Welche Werte beschreiben die Toleranzgrenze von giftigen Stoffen in der Luft?*

- AGW = Arbeitsplatzgrenzwert (MAK + TRK)
- MAK = Maximale-Arbeitsplatz-Konzentration
- TRK = Technische-Richt-Konzentration
- BAT – Wert = Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte
- KZGW = Kurzzeitgrenzwert

4.8. Was versteht man unter Langzeitschadstoffen?

- Stoffe die erst nach Jahren ihre letale Wirkung zeigen
- Kanzerogene Stoffe
- Teratogene Stoffe
- Beispiele: Benzol, Quecksilber, Chloroform, Asbest, Bleistäube, Arsenverbindungen,

4.9. Schützen Handschuhe immer vor Kontaktgift?

Nicht immer. Nur falls die Handschuhe resistent gegenüber dem Kontaktgift sind, dann schützen die Handschuhe.

4.10. Erklären sie den Unterschied zwischen erstickenden und giftigen Gasen?

Erstickende Gase sind nicht im eigentlichen Sinne giftig, sondern verdrängen in hoher Konzentration den zur Atmung notwendigen Sauerstoff. Sie sind definiert als nicht oxidierende, nicht entzündbare und nicht giftige Gase, die den in der Atmosphäre normalerweise vorhandenen Sauerstoff verdünnen oder verdrängen. Z.B. CO₂, verdichtete Luft, tiefgekühlter Stickstoff

Als Gift oder auch Giftstoff bezeichnet man einen Stoff, der Lebewesen über ihre Stoffwechselvorgänge, durch Berührung oder Eindringen in den Organismus ab einer bestimmten, geringen Dosis einen Schaden zufügen kann.

4.11. Wie funktioniert ein Sicherheitsventil?

Beim direkt belasteten

Normalsicherheitsventil wirkt dem Mediumdruck unter dem Ventilteller eine Federkraft entgegen und hält so das Ventil geschlossen. Wird der Ansprechdruck erreicht, beginnt das Ventil zu öffnen. Wird der Ansprechdruck um max. 10% überschritten, öffnet das Ventil fast schlagartig, so dass die gesamte Abblaseleistung abgeführt werden kann. Wird der Ansprechdruck unterschritten, beginnt das Ventil wieder zu schliessen, bis der Schliessdruck erreicht ist.

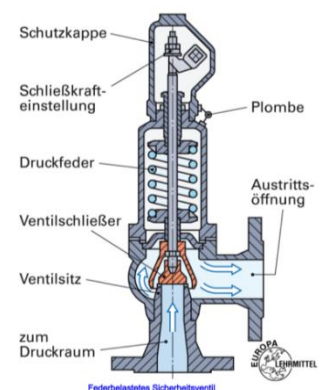
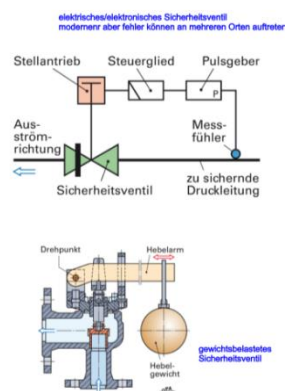


Abbildung 14: Arten von Sicherheitsventilen

4.12. Wie funktioniert eine Bertscheibe?

Berstscheiben bestehen aus einer oder mehreren dünnen, meist geschlitzten oder vorgekerbten Metallfolien. Dabei können neben Edelstahl äusserst korrosionsbeständige Werkstoffe verwendet werden, die für Sicherheitsventile nicht einsetzbar sind oder zu hohe Kosten verursachen würden. Eine Berstscheibe funktioniert so, dass beim Überschreiten des Berstdruckes diese dünne Metallfolie zerstört wird und somit schlagartig den Entlastungsquerschnitt freigibt.

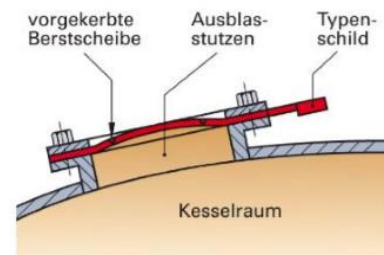


Abbildung 15: Skizze Berstscheibe

4.13. Was sind Gründe um Sicherheitsventile und Bertscheiben zu kombinieren?*

- 100%ig dicht (Berstscheibe)
- Wiederverschliessbar (Sicherheitsventil)
- Anlagen können auch nach Ansprechen der Sicherheitseinrichtung in Betrieb bleiben.
- Schutz des S-Ventils
- Überwachung
- Kein Entweichen von Prozessmedien in die Atmosphäre
- Längere Betriebszeiträume zwischen grösseren Grundüberholungsarbeiten
- Ventile können an Ort und Stelle überprüft werden
- Weniger kostspieliges Ventilmaterial kann verwendet werden
- Durch Isolierung korrosiver Flüssigkeiten von internen Ventiltteilen wird die Einsatzdauer des Ventils verlängert.

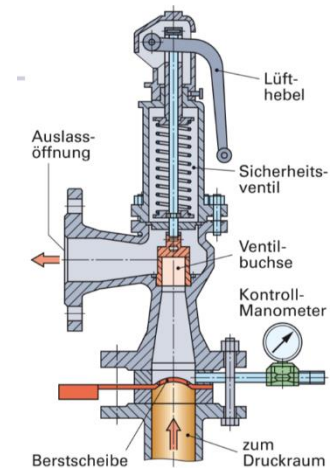


Abbildung 16: Aufbau der kombinierten Variante

4.14. Was muss man bei der Kombination von Sicherheitsventilen und Bertscheiben beachten?

Eine Vielzahl von Parametern muss beachtet werden, dazu zählen Prozessdaten wie Drücke und Druckwechsel, Füllstände, Volumen, Förderleistungen und Betriebsdaten der Peripherie (z.B. Zu- oder Ableitungen). Hinzu kommen sämtliche Stoffdaten wie Zustand des Mediums, Dichte, Viskosität, abzuführender Massenstrom u.v.m.

4.15. Wie funktioniert eine Gleitringdichtung?

Die dynamische Dichtheit in den Gleitringdichtungen wird dank eines feinen Flüssigkeitsfilm erreicht, der sich zwischen den beiden Gleitflächen bildet und den Verlust des restlichen Mediums verhindert. Des Weiteren übt dieser Film eine Schmierfunktion aus und verringert die Abnutzung der Gleitflächen. Häufig ein Dampfkondensat als Sperrflüssigkeit, sodass im Falle keine Kontamination entstehen kann.

- Schutz des Produktes
- Personenschutz
- Alternative: magnetische Kupplung

4.16. Wie ist eine Gleitringdichtung aufgebaut?



Abbildung 17: Aufbau Gleitringdichtung

4.17. Was ist der Sinn einer SOP?

SOP = Standard Operating Procedure

- Korrekter Umgang mit Maschinen / Substanzen
- Sachgemässe Nutzung sicherstellen
- Materialschutz / Mitarbeiterschutz

4.18. Was sind Erscheinungsformen von Korrosion?

- Flächenkorrosion: gleichmässiger und langsamer Abtrag
- Muldenkorrosion: unregelmässiges Vernarben der Werkstoffoberfläche
- Lochfrasskorrosion: nadel- und höhlenartige Einkerbungen
- Kontaktkorrosion: lokale Korrosion im Kontakt zweier unterschiedlicher Werkstücke und Feuchtigkeit
- Spaltkorrosion: lokale Korrosion durch unterschiedliche Sauerstoffkonzentration in einem Spalt

- Erosionskorrosion: Durch eine strömende Flüssigkeit, die nach einem Hindernis verwirbelt wird, entstehen Kräfte, die zur Werkstoffabtragung beitragen
- Kavitationskorrosion: Zusammenwirken von korrosiven Einflüssen mit Auftreten von Kavitation
- Spannungsrisskorrosion: Zusammenwirken von elektrochemischem Angriff (z.B. korrosive Atmosphäre oder Chlorid-haltigen wässrigen Lösungen) und mechanischer Belastung
- Belüftungskorrosion: Im oberflächennahen Bereich durch unterschiedliche Sauerstoffkonzentration

4.19. Welche Ursachen gibt es für Korrosion?

(Elektro)-chemische Reaktionen von Werkstoffen mit:

- Raumluft, Gase
- Wasser, wässrige Lösungen
- Säuren, Laugen, Salze
- Korrosion an Metalloberfläche in Kontakt mit einer elektrisch leitenden Flüssigkeit (Elektrolyt)
- Aggressivität eines wässrigen Elektrolyten ist umso höher, je grösser seine H⁺-Ionenkonzentration ist → Reinstwasser!

EI. Chem. Sauerstoffkorrosion an feuchten Stahloberflächen

- In feuchter Atmosphäre innerhalb weniger Tage an unlegierten oder niedrig legierten Stählen (Metallen)
- Chem. Reaktion des Luftsauerstoffs mit Metall unter Mitwirkung von Wasser
- $\text{Fe}^{3+} + 3 \text{OH}^- \rightarrow \text{FeO}(\text{OH}) + \text{H}_2\text{O}$

Säurekorrosion von Metallen (Wasserstoffkorrosion)

- Lokalkathode
 - stark saure Elektrolyte → H⁺-Ionen entziehen dem Metall Elektronen
 - $2 \text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2 \text{H} \rightarrow \text{H}_2$
- Lokalanode
 - Metallatome werden an einer anderen Stelle oxidiert und gehen in Lösung
 - $\text{Me} \rightarrow \text{Me}^{2+} + 2\text{e}^-$

EI. Chem. Korrosion an Korrosionselementen

- Galvanisches Element
- Kombination von Werkstoffen
- Zwei Elektroden aus unterschiedlichen Metallen tauchen in eine gemeinsame Elektrolytflüssigkeit
- Das weniger edle Metall löst sich auf (Beispiel Zink/Kupfer)
- Korrosionselement (Lokalelement) → Berührung zweier verschiedener metallischer Werkstoffe + Elektrolyt

4.20. Wie kann Korrosion verhindert werden?

- Oxidschicht muss auf dem Stahl sein (Selbstheilend) >12% Cr
 - Eisen wird passiviert
- Nickelbasislegierungen
- Auftragen von Schutzschichten (Kunststoff, Lack, Metall → Verchromen/Verzinken)
- Fetten und Ölen der Stahlteile
- Herabsetzen der Aggressivität des korrodierenden Mediums
- Gebrauch richtiger Materialien
- Isolierschichten bei unterschiedlichen Werkstoffen aus Kunststoff
- Spaltfreie Verbindungen
- Schweissnahtausführung

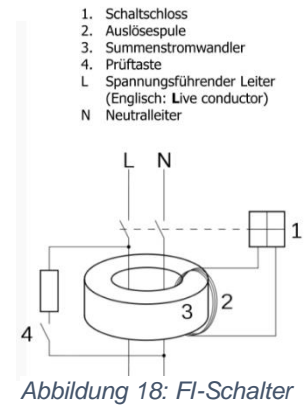
4.21. Was ist eine Lokalanode/Lokalkathode?

- Lokalkathode
 - stark saure Elektrolyte → H⁺-Ionen entziehen dem Metall Elektronen
 - $2 \text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2 \text{H} \rightarrow \text{H}_2$
- Lokalanode
 - Metallatome werden an einer anderen Stelle oxidiert und gehen in Lösung
 - $\text{Me} \rightarrow \text{Me}^{2+} + 2\text{e}^-$

5. Energie und Elektrizität

5.1. Was ist ein FI-Schutzschalter?

Ein Fehlerstromschutzschalter. Er misst die ein und austretende Stromstärke. So verhindert er gefährlich hohe Fehlerströme gegen die Erde & trägt so zur Reduzierung lebensgefährlicher Stromunfälle in Niederspannungsnetzen massgeblich bei. Er entdeckt Stromdifferenzen im Bereich von 30 mA.



5.2. Welche Schutzklassen gibt es und was bedeuten sie?

0 Basisisolierung

- Kein besonderer Schutz
- Anschluss an Schutzleitersystem nicht möglich
- Schutz durch die Umgebung des Betriebsmittels
- kein Symbol ohne Kennzeichnung
- bei Neugeräten nicht mehr erlaubt!

1 Schutzerdung

- Alle elektrisch leitfähigen Gehäuseteile mit Schutzleitersystem verbunden (Erdpotential)
- Steckverbindung mit Schutzleiterkontakt (Schuko)
- Schutzleiterverbindung beim Einstecken als erstes hergestellt (voreilender Kontakt)
- Anschlussleitung mechanisch zugentlastet Schutzleiter muss zuletzt abreißen
- im Fehlerfall Körperschluss → Leitungsschutzschalter Fehlerstromschutzschalter löst aus
- Neutralleiter N → Führt den Strom zur Erde ab
- Aussenleiter L → Verbindet Strom-/Spannungsquelle mit dem Gerät
- Schutzleiter PE → Verbindet Körper (Gehäuse) mit der Erde



Abbildung 19: Schutzerdung

2 Schutzisolierung

- verstärkte oder doppelte Isolierung zwischen Netzstromkreis und Ausgangsspannung beziehungsweise Metallgehäuse
- meist keinen Anschluss an den Schutzleiter
- Kann elektrisch leitende Oberflächen haben
- meist keinen Schutzkontaktstecker



Abbildung 20: Schutzisolierung

3 Schutzkleinspannung

- verstärkte oder doppelte Isolierung zwischen Netzstromkreisen und der Ausgangsspannung
- Schutzkleinspannung aus der Netzspannung
 - Spannungen nicht über 50 V~ oder 120 V = erzeugen
 - Nur mit Sicherheitstransformator
- Schutzkleinspannung aus Batterien bzw. Akkumulatoren ohne weitere Massnahmen.



Abbildung 21:
Schutzkleinspannung

5.3. Welche Schutzarten gibt es? Beschreiben Sie allgemein.

Die Schutzart IP wird getrennt in 2 Kennziffern. Die erste Ziffer wird nach Schutz gegen feste Fremdkörper und Schutz gegen Berührung zugeteilt. Dabei stellt die tiefste Zahl den geringsten Schutz dar. Die Zweite stellt den Schutz gegen Wasser dar.

5.4. Welche Sicherungen gibt es?*

Überstromschutzeinrichtung: Schützen vor hohem Stromfluss

- Schmelzsicherung
- Leitungsschutzschalter
 - Auslöser:
 - Überlast → Bimetall (abhängig vom Überstrom)
 - Kurzschluss → Elektromagnetisch binnen Millisekunden
 - Manuell → bei Wartungsarbeiten
 - Verhindert Wiedereinschalten bei nicht-behobenem Fehler
 - Ein gehaltener Einschalter hat keine Auswirkung!
- Elektronische Sicherung
 - Kompakt
 - Keine mechanischen Teile
 - Schnelles Ansprechverhalten
- Automatische Wiedereinschaltung
 - Kaltleiter (Polymerbasis)
 - Bei Erwärmung steigt der Widerstand → Strom geht zurück (max. 40A)

5.5. Was ist ein voreilender Kontakt?

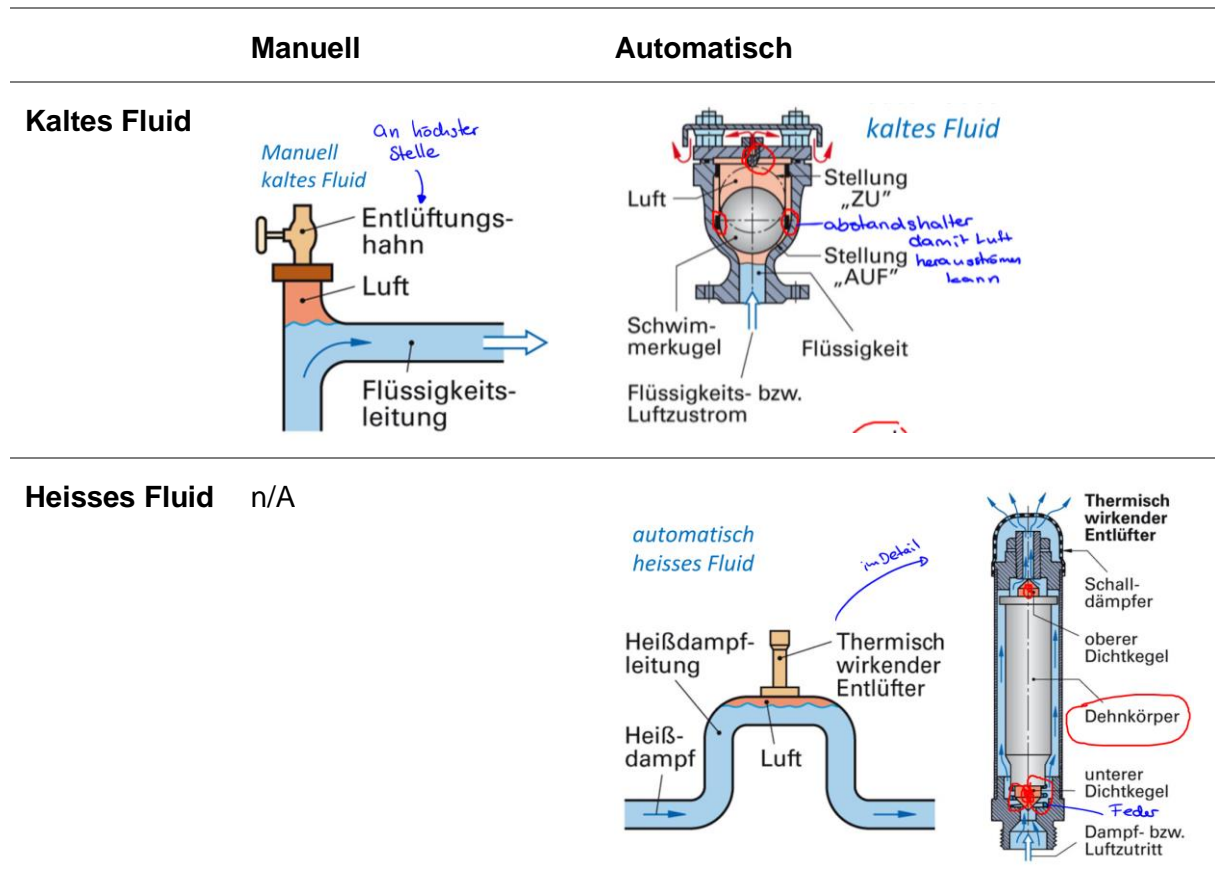
Wenn die Schutzleiterverbindung beim Einstecken als erstes hergestellt ist

5.6. Wie funktioniert eine Schutzerdung?

Bei der Schutzerdung wird aus einem Körperschluss ein Erdschluss. Der Fehlerstrom, der über die Erdungsleitung fließt, bringt das nächst vorgeschaltete Sicherungsorgan (Sicherung, LS-Schalter) zum Abschalten.

6. Wasser / WFI

6.1. Wie werden Wasserleitungen entlüftet?



6.2. Welche Arten von Wasser gibt es?

- Trinkwasser
- Brauchwasser / Fabrikwasser
- Reinigung
- Produkt-/Medienherstellung
- WFI (Water for Injektion)

6.3. Wie wird Trinkwasser gewonnen?

- 40% Quellen
- 40% Brunnen / Grundwasser
- 20% Oberflächen- / Seewasser
- Aufbereitung
- Verteilung

6.4. Nennen Sie industrielle Qualitäten von Wasser.

- Vollentsalztes Wasser (VE) Osmosewasser
- Nach Pharmakopöe
 - Gereinigtes Wasser Purified Water (PW)
 - Hochgereinigtes Wasser Highly Purified Water (HPW)
 - Wasser für Injektionszwecke Water for Injektion (WFI)

6.5. Was sind Endotoxine?

- biochemischer Stoffe, Zerfallsprodukte von Bakterien
- Können zahlreiche physiologische Reaktionen auslösen
- Endotoxine gehören zu den Pyrogenen, sie können bei Kontakt mit Schleimhäuten und bei Übertritt ins Blut Fieber erzeugen
- aktivieren eine Reihe von Signalwegen von immunkompetenten Zellen, führen entweder zu einer Entzündung oder programmierten Zelltod (Apoptose)
- sind in niedrigsten Konzentrationen (unterer pg/ml-Bereich) biologisch wirksam v werden vorrangig bei der Zell-Lyse frei

6.6. Wie wird WFI nach Europäische Pharmakopöe hergestellt?

- Früher war in Europa die Destillation die einzig mögliche Variante WFI herzustellen.
- Heute gibt es viele Verfahren z.B.:
 - Destillation in einstufigen oder mehrstufigen Anlagen
 - Membranverfahren

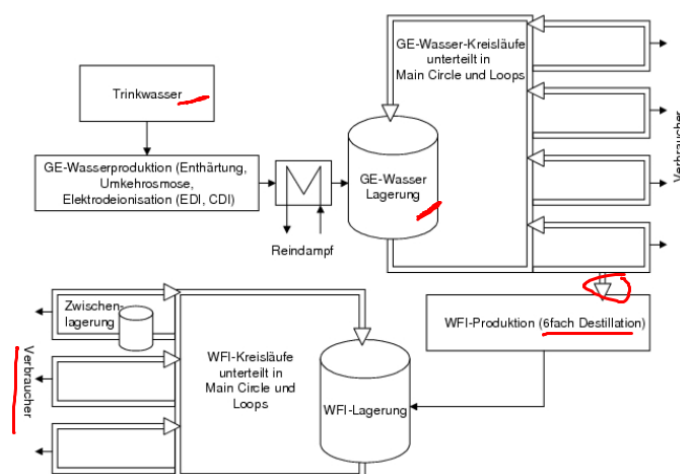


Abbildung 22: Herstellung WFI

6.7. Was bedeutet EP und USP?

- EP: Europäische Pharmakopoeia
- USP: United States Pharmacopeia

6.8. Wie muss Pharmawasser gelagert werden?

- Kaltlagerung:
 - Normaltemperatur
 - Erhöhtes Verkeimungsrisiko
 - Systeme mit Ozonisierung / UV-Behandlung sanitisiert
 - In Bewegung
- Heisslagerung:
 - $>70^{\circ}\text{C}$
 - Selbstsanitisierendes System
 - In Bewegung

6.9. Wie ist eine Entnahmestelle für Pharmawasser aufgebaut?

- Kalte Lagerung, kalte Verteilung
- Heisse Lagerung, kalte Verteilung
- Heisse Lagerung, heisse Verteilung
 - Werden bei kalter Entnahme in der Stickleitung auf Entnahmetemperatur abgekühlt.
- Mischformen (Heiss-Loop und Kalt-Loop werden an die gleiche Wasseraufbereitung angeschlossen)

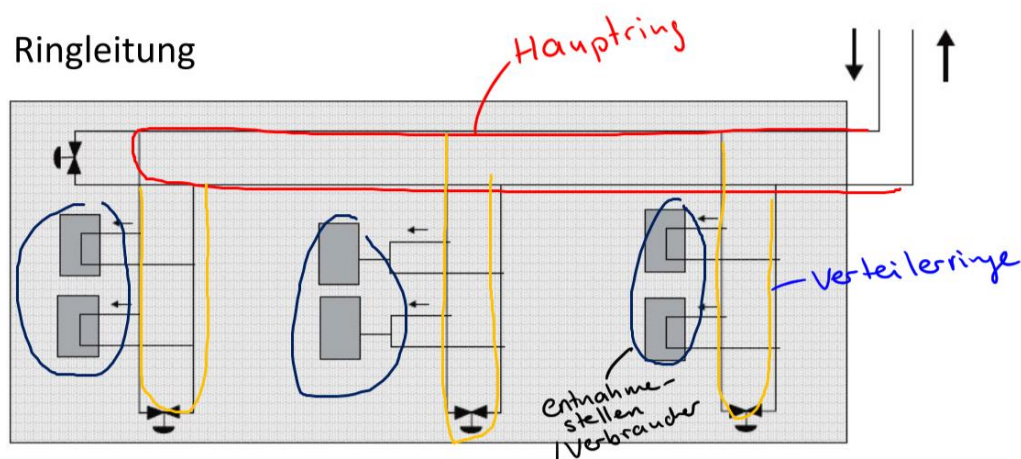


Abbildung 23: Entnahmestelle

7. Dampf

7.1. Nennen Sie Anwendungen für Dampf

- Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie
- Leder – Textil – und Bekleidungsindustrie
- Wäschereien / chemische Reinigungen / Grossküchen
- Gesundheitswesen / Spitäler / Kliniken
- Chemie / Pharma / Biotechnologie
- Holzindustrie / Möbelindustrie / Papierherstellung / Kartonherstellung
- Kunststoffindustrie, Gummiproduktion
- Automobilindustrie, Schifffahrt
- Heizkraftwerke / Kernkraftwerke / Müllheizkraftwerke
- Stromerzeugung / Fernwärme

7.2. Was versteht man unter Sattdampf?

Ist der Zustand von 97-98% gasförmigem Wasser und rund 2-3% sichtbarem Wasseranteil erreicht, spricht man von Sattdampf.

7.3. Wie funktioniert ein Dampferzeuger?

Der **Grossraum-Wasserkessel** hat eine Leistung bis ca. 30 to/h und kann Druck bis ca. 32 barü aushalten. Bei diesem Dampferzeuger wird der Brenner mit fossilen Brennstoffen angetrieben. Die Flamme erhitzt das Wasser im Kessel bis Dampf entsteht. Für die Ersterhitzung benötigt der Grossraum-Wasserkessel vergleichsweise lang. Ausserdem ist er eher teuer. Dafür kann er Temperaturschwankungen sehr gut auffangen.

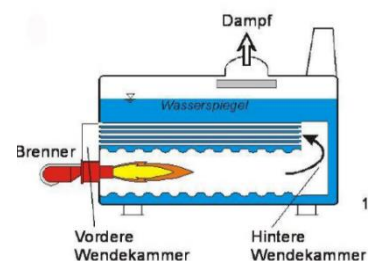


Abbildung 24: Grossraum-Wasserkessel

Der **Schnelldampferzeuger** hat eine Leistung bis ca. 2 to/h und kann Druck bis ca. 20 barü aushalten. Bei ihm läuft das Wasser einfach durch. Das Wasser wird von oben in den Kessel gepumpt. Eine Sturzflamme erhitzt das ganze zum Gas. Die Anlage ist billiger und das Aufheizen geht schnell, jedoch sind Schwankungen sehr schwierig aufzufangen.

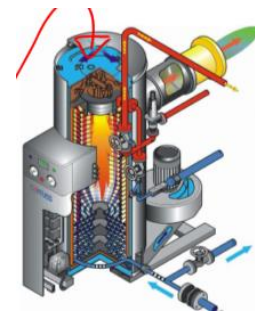


Abbildung 25: Schnelldampferzeuger

Der **Reindampferzeuger** hat eine Leistung bis ca. 3 to/h und kann einen Druck bis zu ca. 10 barü aushalten. Es gibt ihn als stationäre oder mobile Ausführung. Heizdampf wird via Rohr durch einen Kessel gepumpt. Reindampf kann oben aus dem Kessel entweichen. Wenn der Heizdampf den Kessel verlässt, wird er durch einen Kondensatabscheider geleitet.

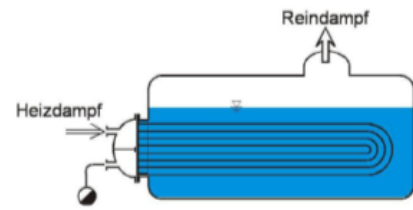


Abbildung 26: Reindampferzeuger

Ein **Elektrodampferzeuger** hat eine Leistung bis ca. 100kg/h und kann Druck bis ca. 5 barü aushalten. Das Wasser wird mit Elektrostäben aufgeheizt bis Dampf entsteht. Dieser entweicht oben aus dem Kessel.

Andere Möglichkeiten:

- Holzkessel
- Kohlekraftwerke
- Abfallverbrennung
- AKWs

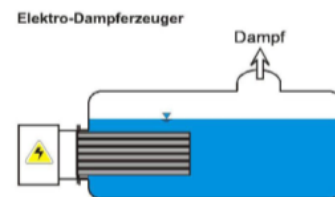


Abbildung 27: Elektrodampferzeuger

7.4. Wie wird Dampf gefördert? Warum gibt es keine Dampfpumpen?

Es strömt selbstständig zum Verbraucher.

7.5. Weshalb sind Dampf-Wärmetauscher kleiner als Wasser-Wärmetauscher?

Von Dampf geht die Wärme an Wasser dreimal besser als von Wasser durch die Heizfläche an Wasser → Dampf überträgt Wärme also besser. Deshalb braucht es für die gleiche Wärmeübertragung, bei Dampf-Wärmetauschern gesamthaft eine kleinere Kontaktfläche, weshalb sie kleiner sind als Wasser-Wärmetauscher.

7.6. Erklären sie den Begriff «Enthalpie», gehen Sie dabei auf die Verdampfungsenthalpie ein.

Enthalpie des Dampfes = gesamter Wärmeinhalt = Wärmeinhalt des Wassers + Verdampfungswärme

7.7. Wofür wird Reindampf benötigt & was ist der Unterschied zu Schwarzdampf?

Unterscheidung nach Dampfqualität

- Reindampf: im komplett rostfreien Sekundärsystem erzeugter Dampf, Nachspeisung Osmosewasser.
 - Sterilisation von Anlageteilen & Autoklavierung
 - Reinraumbefeuchtung
 - Lebensmittel & Getränke
- Schwarzdampf: Dampf in Kessel & Rohren aus „schwarzem“ Stahl wie ST35 / 37-2
 - Verwendung für indirekte Beheizung

7.8. Weshalb sollten Dampf- und Kondensatleitungen ein Gefälle aufweisen?

Die natürliche Bewegungsrichtung des Wassers – bergab- führt dazu, dass Dampfleitungen mit einem Gefälle zum Entwässerungspunkt zu verlegen sind. (Gefälle nicht kleiner als 1:100 bis 1:200). Auch sollte das Kondensat und der Dampf nicht in die gleiche Richtung strömen, weil sonst der Dampf das Kondensat mitreisst. Dies kann zu Wasserschlag oder erhöhter Erosion führen.

7.9. Welche Bestandteile hat eine Dampfanlage / ein Kesselhaus?

- Wasseraufbereitung
- Dampferzeuger, Dampfkessel
- Dampfleitungen
- Verbraucher
- Kondensatsystem

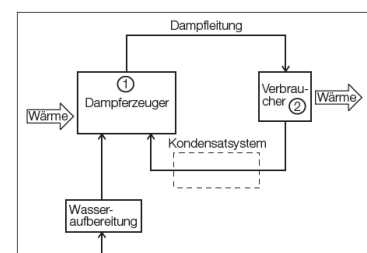


Abbildung 28: Aufbau Dampfanlage

7.10. Warum ist Nassdampf in Dampfanlagen unerwünscht?

Nassdampf: schlechte Dampfqualität mit mehr als 2% sichtbarem Wasseranteil.

Der hohe Wasseranteil im Nassdampf führt in Leitungen zu Wasserschlag, Dampfschlag oder erhöhter Erosion. Ausserdem reduziert er die Leistung in Wärmetauschern, weil Wasser im Dampf den Wärmeübergang in den Wärmetauscher behindert.

Darum wird Wasser aus dem Dampf entfernt. Dies geschieht durch Wasserabscheider.

7.11. Wie sollten Dampfleitungen installiert sein? Gehen Sie dabei auf Los- und Festlager ein.

- Mit Gefälle (1:100) in Strömungsrichtung
- Kondensatabscheider
- Keine Bereiche in denen Pfützen entstehen können
- Tiefpunkte entwässern
- Leitungsabzweigungen nach oben hin, da sonst Kondensat mitkommt
- Da sich Metall bewegt braucht man
 - Kompensatoren (Kreisrohr, Hufeisenrohr oder Faltenbalg)
 - Fest- und Loslager (Leitung wird beim Loslager nicht fest mit der Halterung verbunden, damit es Bewegungsfreiheit hat)

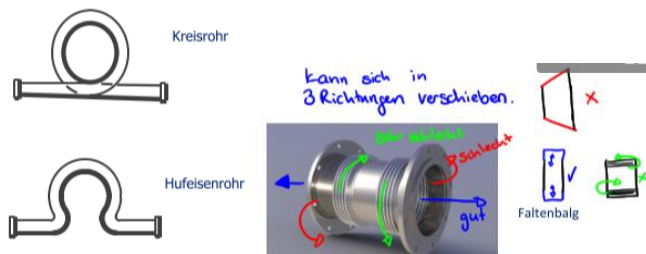


Abbildung 29: Kompensatoren

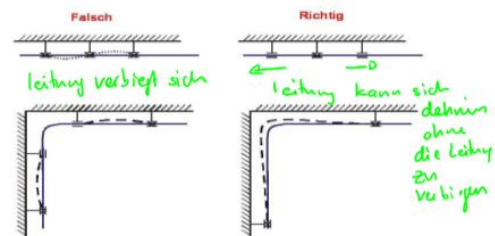


Abbildung 30: Fest- & Loslager

7.12. Wie ist eine Dampfentnahmestelle zu installieren?

Dampf strömt von oben hinein. Ein Bimetallentlüfter scheidet überflüssige Luft ab und ein Kondensatableiter scheidet Wasser ab.

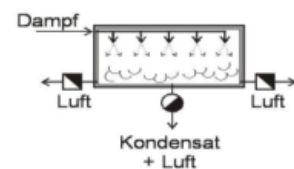


Abbildung 31: Entlüfter

7.13. Was ist ein Wasserschlag?

- Als Wasserschlag bezeichnet man verschiedene physikalische Erscheinungen, bei denen durch Wasser ein starker Druckstoss erzeugt wird.
- Sie treten auf, wenn sich in Leitungen Wasser ansammelt, welches dann vom Dampf mitgerissen wird. Wenn das Kondensat sich dann in Ecken ansammelt und der Dampf nicht mehr durch die Leitung kommt, entstehen Wasserschläge.

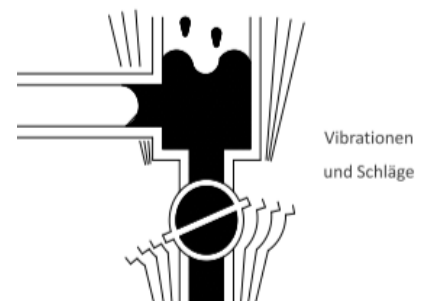


Abbildung 32: Wasserschlag

7.14. Was ist ein Dampfschlag?

- Als Dampfschlag bezeichnet man die Folge einer implosionsartigen Kondensation von Dampfblasen in einer kälteren Flüssigkeit. Es bildet sich ein Vakuum, das von der Flüssigkeit eingenommen wird.
- Sie treten auf, wenn Dampf in eine Flüssigkeit geleitet wird, die einen markant tieferen Energieinhalt hat.
- Wenn es lokal auftritt nennt man es Kavitation.

8. Druckluft und Vakuum

8.1. Begriffe*

- Isotherm keine Temperaturänderung
- Isochor keine Volumenänderung
- Adiabat keine Wärmeänderung
- Isobar keine Druckänderung
- Absolutdruck gemessener Druck / Bezugsebene: luftleerer Raum
- Überdruck Druck über Umgebungsdruck
- Unterdruck Druck unter Umgebungsdruck
- Druckdifferenz Differenz zwischen zwei Drücken
- Druckeinheit 1 Pascal [Pa] = 10⁻⁵ bar

8.2. Welcher Zusammenhang besteht zwischen Volumen, Druck und Temperatur?

Allgemeine Gasgleichung: $pV = nRT$

$R = 8.314 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

8.3. Was ist der kritische Bereich von Gasen?

Oberhalb des kritischen Punktes, gibt es keine Unterschiede zwischen den Aggregatzuständen flüssig und gasförmig.

Beim Tripelpunkt sind alle drei Phasen im Gleichgewicht vorhanden.

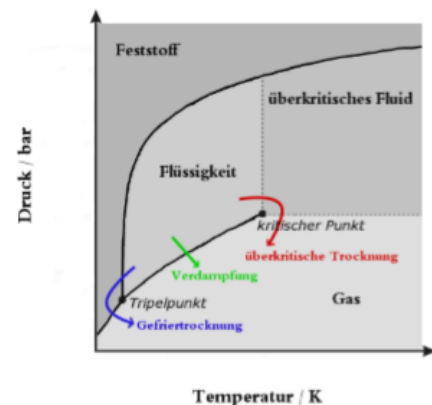


Abbildung 33: Zustandsdiagramm

8.4. Erläutern Sie das Prinzip der dynamischen Verdichter und der Verdichter nach dem Verdrängungsprinzip.

- Dynamischer Verdichter:

- Bewegungsenergie wird in Druckenergie umgewandelt
- Laufräder beschleunigen die Luft, die Diffusion bremst sie wieder ab. Dadurch wird über die beschleunigte Masse der Luft Druckenergie erzeugt.
- Erzeugte Druckmenge hängt stark vom Gegendruck ab, und wird auch durch unterschiedliche Aufstellungsbedingungen und Art des Mediums beeinflusst. Verdichtungsmedium, Luftfeuchtigkeit, Eintrittstemperatur und Luftdruck sind daher von grosser Bedeutung.

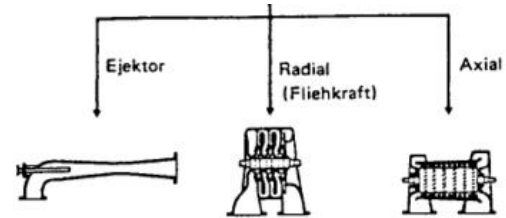


Abbildung 34: Dynamische Verdichter

- Verdränger Verdichter:

- Abgeschlossenes Volumen wird auf ein Maximum vergrössert und danach wieder zusammengedrückt. Durch das Zusammendrücken entsteht Druck.
- Überschreitet der Druck im Verdichtungsraum den Gegendruck im Druckkessel oder der Druckleitung, so öffnet das Druckventil oder die Druckluft strömt ohne Ventile mit konstantem Druck in die Druckleitung.

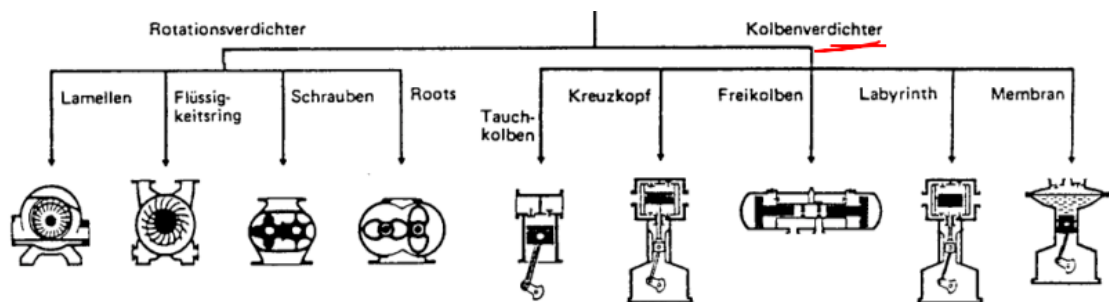


Abbildung 35: Verdränger Verdichter

8.5. Welche Hauptbereiche der Druckluftaufbereitung kennen Sie?

Trocknen der Druckluft:

- Via Kondensation (Rost, Schmierölverdünnung) → Wenn Wasserdampf in der Druckluft kondensiert, da dies Schmierfette verdünnt oder spaltet, Staub mitführt & Rost verursacht.
- Via Kältetrocknung, Sorptiv
- Via Filtration (Partikel aus Luft, Verschleiss oder Korrosion der Anlage) → wenn Fremdkörper aus der Atmosphäre, durch Verdichten entstandene Öltröpfen sowie Korrosions- und Verschleisstelchen vorhanden sind.

Druckluft von Öl befreien:

- Filter in Verbindung mit Öldampfabsorbieren oder entsprechende Kompressoren

Ölen der Druckluft:

- Verringert die Reibung und erhöht somit die Lebensdauer von Geräten.
- In LM und BT nicht üblich! → Steuerungen werden möglichst ohne Öl gefahren.
- Öl Zusatz auf Minimum reduzieren und Abluft durch Abscheider von Öl befreien (Umwelt)! → Methode: Anreicherung der Luft mit Ölnebel.

8.6. Zeichnen & beschreiben Sie das Indikator-(pV)-Diagramm eines Verdichters.

1. Kolben ist geschlossen / Druck hoch
2. Frischgas wird aufgezogen, Volumen vergrößert sich & der Druck sinkt.
3. Der Absolutdruck ist gleich dem Druck im Kolben. Volumen dehnt sich nicht weiter aus.
4. Kolben drückt das Gas heraus bis Druck & Volumen wieder gleich sind wie bei Schritt 1.

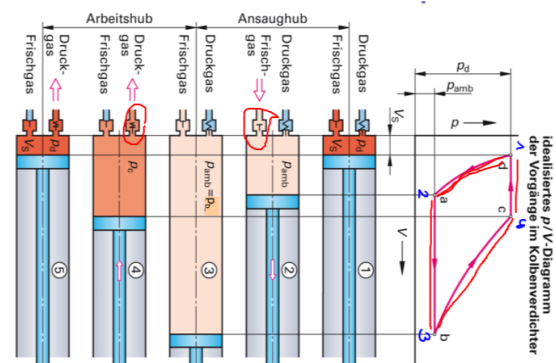


Abbildung 36: p-V-Diagramm

8.7. Was verstehen Sie unter dem Begriff Vakuum?

Als Vakuum bezeichnet man ein verdünntes Gas oder den entsprechenden Zustand, bei dem der Druck oder die Dichte kleiner ist, als die der umgebenden Atmosphäre.

8.8. Welche Funktionen übernimmt das Öl bei den verschiedenen Vakuumpumpen?

- Dichtung / Wärmeabfuhr / Schmierung → Wegen Viskositätsänderungen muss die Pumpe zuerst warmlaufen

8.9. Erklären Sie die Funktionsweise verschiedener Vakuumpumpen.

• Drehschiebervakuumpumpe

- Durch die Drehung des Kolbens und durch Federn in der Kolbenachse werden die Drehschieber gegen die Gehäusewand gedrückt und trennen den Pumpenraum in Druck- und Saugkammer. Hinter den Schiebern vergrößert sich beim Drehen der Raum, es entsteht Unterdruck

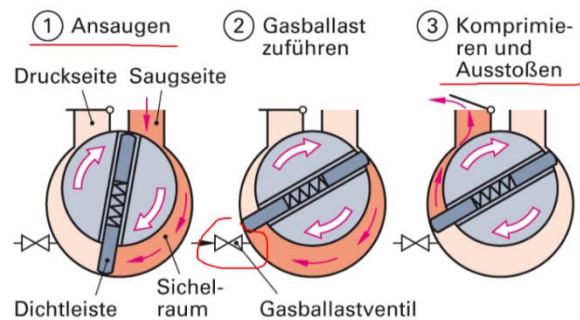


Abbildung 37: Drehschiebervakuumpumpe

wodurch das Gas angesaugt wird. Gleichzeitig verkleinert sich der Raum vor den Schiebern und es entsteht ein Überdruck.

• Wasserringvakuumpumpe

- am häufigsten verwendet
- Im zylindrischen Gehäuse dreht sich ein exzentrisch gelegenes Flügelrad. Betriebsflüssigkeit wird ständig zugeführt, meist Wasser.
- Durch Drehung des Flügelrades bildet sich an der Wandung ein Flüssigkeitsring. Hohlräume zwischen Flügelrad und Flüssigkeitsring → Saugwirkung in Hohlräumen. Durch Weiterdrehen Verkleinerung der Hohlräume → Druckwirkung.
- Betriebsflüssigkeit nimmt Kompressionswärme auf und absorbiert

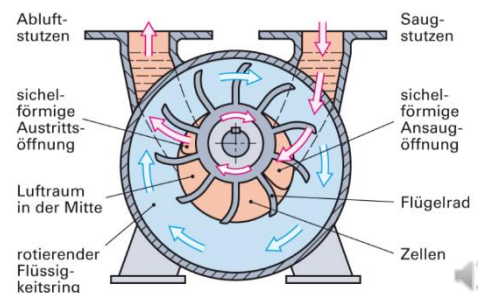


Abbildung 38: Wasserringvakuumpumpe

- Strahlpumpe
 - In zylindrischem Gehäuse sitzt die vom Treibmittel durchströmte Düse. Verengung → Geschwindigkeitserhöhung des Treibmittels. Geschwindigkeitsverringerung hinter der Düse → Unterdruck entsteht → Saugwirkung. Fördermedium gelangt durch Öffnung vor der Düse in Gehäuse und wird von Treibmittel mitgerissen.

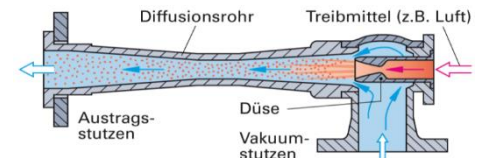


Abbildung 39: Strahlvakuumpumpe

- Mehrstufige Dampfstrahlvakuumpumpe
- Wälz-/Drehkolbenvakuumpumpe
- Klauenvakuumpumpe
- Schraubenvakuumpumpe
- Kombination von Vakuumpumpen

8.10. Welche Sicherheitsrisiken bestehen bei Einsatz von Druckluft und Vakuum?

- Mechanische Belastung durch Druckunterschiede
- Implosion (Schutzgitter für Glassplitter usw.)
- Kältemittel bei Betrieb mit Kühlfallen, da sie flüchtig sind
- Vakuumbrecher / Begrenzungsventil: Belüftungsventile mit Federbelastung werden verwendet zur Verhütung einer unerwünschten Vakuumbildung in Leitungen, Behältern und Kolonnen
- Alte Geräte mit Quecksilberthermometer

8.11. Nennen Sie Druckmessgeräte. Wie ist das Funktionsprinzip?

Der Druck wird mit Manometern gemessen. Diese messen meist den Relativdruck. Es gibt verschiedene Bauarten. Meist basiert das Messprinzip auf der Verformung des Messelements. Als Messumformer arbeiten Differentialtransformatoren, induktive Messzellen und Dehnungsmessstreifen. Es gibt:

- Federmonometer
 - Rohrfedermanometer: Die Rohrfeder strebt bei Druckerhöhung an, sich abzuwickeln. Die Wegänderung, die das Rohrfederende dabei erfährt, wird über eine Zugstange auf ein Segmentzahnrad und damit auf die Zeigerachse übertragen.

- Plattenfedermanometer: Eine kreisförmige Membranfeder, die zwischen zwei Flanschen eingespannt wird biegt sich bei Druckerhöhung. Die Biegung wird auf ein Zeigerwerk übertragen. Dieses setzt eine Drehbewegung der Zeigerachse um.
- Kapselmanometer: Zwei übereinander angeordnete Plattenfedern, die miteinander verschweisst sind, ergeben einen abgeschlossener Druckraum. Das Messmedium wird über ein Kapillarrohr in die Kapselfeder geleitet. Sie wird im Manometer so gelagert, dass sich beide Seiten der Kapselfeder durchbiegen können und so bei gleicher Druckerhöhung der doppelte Federweg der Plattenfeder messtechnisch ausgenutzt werden kann.

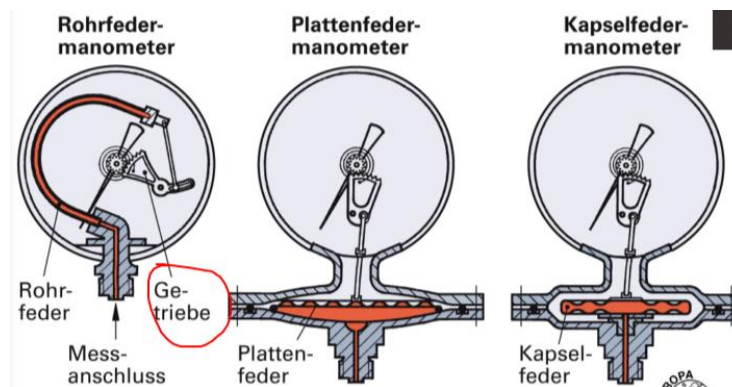


Abbildung 40: Federmanometer

- Differentialdruckmessung: Ein Druckunterschied in den Kammern ruft eine Durchbiegung der Plattenfedern hervor und die Druckdifferenz wird durch Übertragung des Federhubs über eine Schubstange auf das Messwerk zur Anzeige gebracht. Die beiden Plattenfedern sind über eine Übertragungsflüssigkeit gekoppelt.

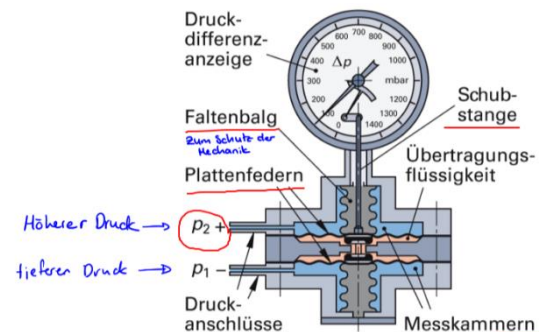


Abbildung 41: Differentialdruckmessung

9. Kälte

9.1. Welche Kälte erzeugenden Geräte gibt es?

- Kompressionskälteanlage
- Absorberkühlung
- Dampfstrahlkälteanlage
- Peltier-Element

9.2. Wie funktioniert eine Kältekompressionsanlage?

Sie arbeiten mit mechanischen Verdichtern, die das Kältemittel komprimieren, im Verflüssiger durch Kühlen mit Luft- oder Wasser verflüssigen und nach einem Drosselventil im Verdampfer unter Wärmeaufnahme aus der Umgebung verdampfen.

Anlage mit Pumpkreislauf (Überfluteter Verdampfer)

- K Verdichter (Kompressor)
- C Verflüssiger (Kondensator)
- E Drosselventil
- V Verdampfer
- P Pumpe
- HS Hochdruckschwimmer
- A Abscheider

Zwischenlager für das Kältemittel

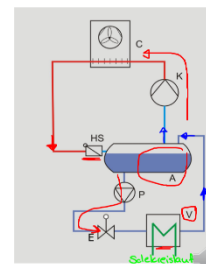
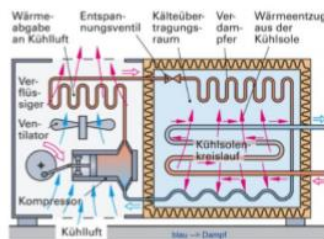


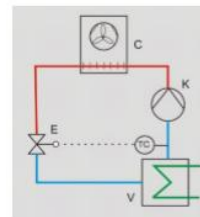
Abbildung 42: Anlage mit Pumpkreislauf



Aufbau:

- Mechanischer Verdichter
- Verflüssiger (Kondensator)
- Drosselventil
- Verdampfer
- Kältemittel

Einfache Anlage:



- K = Verdichter (Kompressor)
- C = Verflüssiger (Kondensator)
- E = Drosselventil
- V = Verdampfer

Abbildung 43: Einfache Anlage

9.3. Nennen Sie Vor- und Nachteile von Kältemitteln

	Natürliche	Kohlenwasserstoffe (halogeniert)	Kohlenwasserstoffe (nicht halogeniert)
Beispiele	H ₂ O, NH ₃ , CO ₂		Butan, Propan
Vorteile	Rohstoffe gut auffindbar Umweltverträglich Hohe Systemdrücke	Ungiftig L1-L2 Nicht brennbar	
Nachteile	Niedrige kritische Temp. (CO ₂) Nur bis 0°C einsetzbar (H ₂ O)	Ozonabbauend Treibhauspotential	Brennbar Giftig L2-L3

9.4. Beschreiben Sie den Unterschied zwischen Kälte- & Kühlmittel.

Kühlmittel	Kältemittel
Transportiert entlang Wärmegradienten. z.B. Kühlwasser	Transportiert entgegen Wärmegradienten durch Verdampfung. Die Umgebungstemperatur darf höher sein, als die Temperatur des zu kühlenden Gegenstandes.
Feste oder flüssige Stoffe von tieferer Temperatur als die zu kühlende Umgebung. Wird meist mit Kühlrohren transportiert.	Arbeitsmedium, dass bei niedriger Temperatur & niedrigem Druck Wärme aufnimmt und bei höhere Temperatur & Druck Wärme abgibt.

9.5. Wie sind die Energie- / Enthalpieverhältnisse bei der Kältemaschine / Wärmepumpe?

Mit einem p-h-Diagramm kann der Verlauf der Energie h dargestellt werden.

Kreislaufverluste:

- Wärmeverluste
 - Kältemittel
- Reibungs- und Druckverluste durch Strömung
 - Kältemittel
- Mechanische Reibungsverluste
 - Verdichter
 - Antriebsmotor

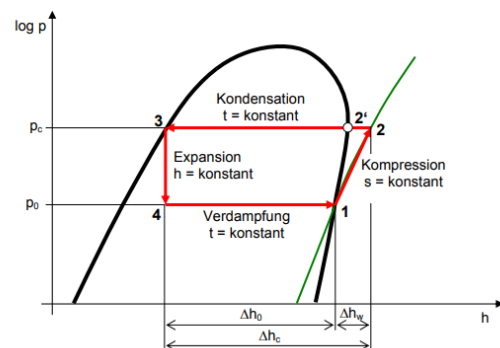


Abbildung 44: p-h-Diagramm

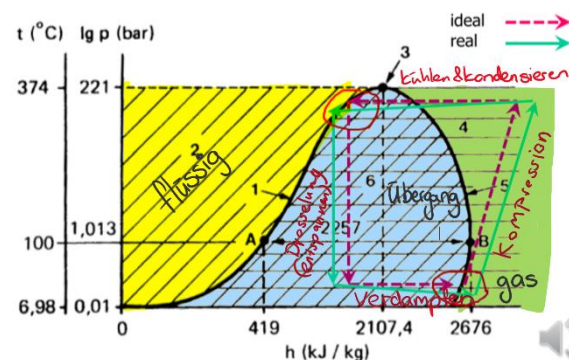


Abbildung 45: p-H-Diagramm (detailliert)

10. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entstehung von Kavitation	10
Abbildung 2: Korrosion einer Pumpe	10
Abbildung 3: Aufbau Magnetkupplung	10
Abbildung 4: Aufbau Kreiselpumpe.....	11
Abbildung 5: Windkessel	12
Abbildung 6: Verschiedene Hubkolbenpumpen	12
Abbildung 7: Kreiskolbenpumpe	13
Abbildung 8: Schlauchquetschpumpe.....	14
Abbildung 9: Impellerpumpe	14
Abbildung 10: Schraubpumpe	14
Abbildung 11: Exzenterschneckenpumpe	14
Abbildung 12: Strahlpumpe	15
Abbildung 13: Schema einer Sicherheitseinrichtung	15
Abbildung 14: Arten von Sicherheitsventilen.....	20
Abbildung 15: Skizze Berstscheibe.....	21
Abbildung 16: Aufbau der kombinierten Variante.....	21
Abbildung 17: Aufbau Gleitringdichtung.....	22
Abbildung 18: FI-Schalter	25
Abbildung 19: Schutzerdung.....	25
Abbildung 20: Schutzisolierung	25
Abbildung 21: Schutzkleinspannung.....	26
Abbildung 22: Herstellung WFI.....	29
Abbildung 23: Entnahmestelle	30
Abbildung 24: Grossraum-Wasserkessel.....	31
Abbildung 25: Schnelldampferzeuger	31

Abbildung 26: Reindampferzeuger	32
Abbildung 27: Elektrodampferzeuger.....	32
Abbildung 28: Aufbau Dampfanlage	33
Abbildung 29: Kompensatoren Abbildung 30: Fest- & Loslager.....	34
Abbildung 31: Entlüfter	34
Abbildung 32: Wasserschlag	34
Abbildung 33: Zustandsdiagramm	36
Abbildung 34: Dynamische Verdichter	37
Abbildung 35: Verdränger Verdichter.....	37
Abbildung 36: p-V-Diagramm	38
Abbildung 37: Drehschiebervakuumpumpe	39
Abbildung 38: Wasserringvakuumpumpe	39
Abbildung 39: Strahlvakuumpumpe	40
Abbildung 40: Federmanometer	41
Abbildung 41: Differentialdruckmessung.....	41
Abbildung 42: Anlage mit Pumpkreislauf	42
Abbildung 43: Einfache Anlage.....	42
Abbildung 44: p-h-Diagramm.....	43
Abbildung 45: p-H-Diagramm (detailliert).....	43