

Inhaltsverzeichnis

Begriffe der Pumpentechnik	8
Förderstrom [m ³ /h]	8
Förderhöhe [m]	8
Förderleistung	8
dynamische Viskosität	9
Fließverhalten von Flüssigkeiten	10
Strömungsarten	12
Laminare Strömung	12
Turbulente Strömung	12
Reynoldszahl	13
NPSH-Wert [m]	14
NPSH-Wert der Pumpe	14
NPSH-Wert der Anlage	14
Berechnung der Druckverluste	16
Verlust an Förderhöhe in geraden Rohrleitungen	16
Druckverlust durch Armaturen und Formstücke	17
Auswahl des Pumpentyps	19
Auswahl des Pumpentyps	19
Kreiselpumpen	20
Charakteristik einer Kreiselpumpe	20
Q/H-Kennlinie	20
Drosselung des Förderstromes	21
Blendenberechnung	21
Korrektur des Laufrad-Durchmessers	22
Regelung der Pumpendrehzahl	23
Pumpen parallel geschaltet	23
Pumpen hintereinander geschaltet	24
Kavitation	24
Dampfdruck	25
Kreiselpumpenbauformen	26
Auswahlkriterien	27
Kreiselpumpe FP	28
Baugrößenübersicht	28
Kreiselpumpe FP Leistungsdiagramm	29
Motorleistung des Pumpenantriebs	30
Wirkungsgrad der Pumpe	30
NPSH-Wert überprüfen	31
Kreiselpumpe FZ	32
Baugrößenübersicht	32
Motorleistung des Pumpenantriebs	33
Kreiselpumpe FM	34

Verdrängerpumpen	35
Charakteristik und Arbeitsweise einer Verdrängerpumpe	35
Funktionsschema	35
Kennlinie	36
Regelung der Pumpendrehzahl	36
Viskosität des Fördermediums	36
Spaltverluste	36
Bauformen	37
Ausführungsvariationen	37
Auswahl der Bauform	38
Kreiskolbenpumpe FK	38
Typenauswahl	39
Fall 1: Viskosität = 1 mPa s	40
Fall 2: Viskoses Fördergut bis 200 mPa s	43
Fall 3: Viskoses Fördergut = 200–100.000 mPa s	47
Drehkolbenpumpe FL	50
Typenauswahl	50
Fall 1: Viskosität = 1 mPa s	51
Fall 2: Viskoses Fördergut bis 500 mPa s	54
Fall 3: Viskoses Fördergut = 500–100.000 mPa s	58
Auswahl der Gleitringdichtung	61
Gleitringdichtung (GLRD)	61
Einfach wirkende GLRD	61
Doppelt wirkende GLRD	62
„Back to Back“ Anordnung	63
„Face to Face“ Anordnung	64
GLRD Bauformen	65
Gleitwerkstoffe	65
Nebendichtungen	66
Reinigung der Pumpe	67
Reinigung	67
CIP	67
CIP-Reinigung der Anlage	67
CIP-gerechte Konstruktion	67
SIP	68
Maßeinheiten und Umrechnungen	69
Maßeinheiten	69
Umrechnungen	69

Begriffe der Pumpentechnik

Zum Verständnis der folgenden Kapitel werden wir zuerst die in dieser Broschüre verwendeten Fachbegriffe der Pumpentechnik definieren und erläutern. Im Stichwortverzeichnis finden Sie diese Begriffe alphabetisch geordnet zum Nachschlagen. Maßeinheiten und Umrechnungsformeln sind in einer Übersicht zusammengefaßt.

Förderstrom [m³/h]

Der Förderstrom ist das pro Zeiteinheit durch den Druckstutzen einer Pumpe strömende nutzbare Volumen.

Für die Auslegung einer Pumpe muß der Förderstrom möglichst genau bestimmt werden.

Förderhöhe [m]

Die Förderhöhe ist die von einer Pumpe auf das Fördermedium übertragene nutzbare mechanische Energie, bezogen auf die Gewichtskraft des Fördermediums.

Die Förderhöhe einer Pumpe errechnet sich wie folgt:

$$H = H_{\text{geo}} + H_V + p$$

Sie setzt sich also zusammen aus:

- dem zu überwindenden Höhenunterschied zwischen Saug- und Druckseite der Anlage.

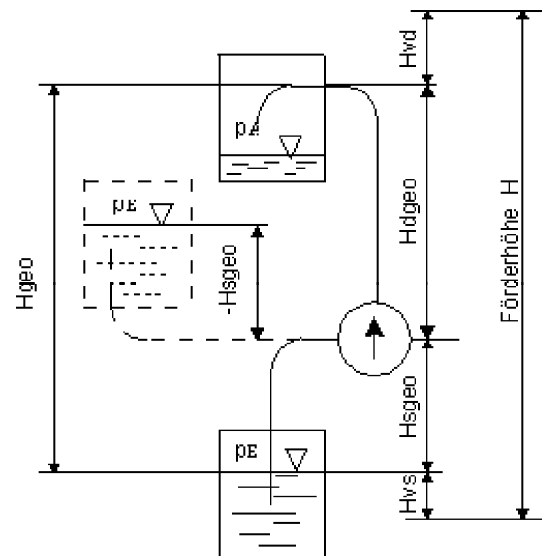
$$H_{\text{geo}} = H_{\text{dgeo}} \pm H_{\text{sgeo}}$$

- den zu überwindenden Strömungswiderständen in den Rohrleitungen, Formstücken und Armaturen einer Anlage.

$$H_V = H_{V_S} + H_{V_D}$$

- dem Druckverlust

$$p = p_A \pm p_E$$

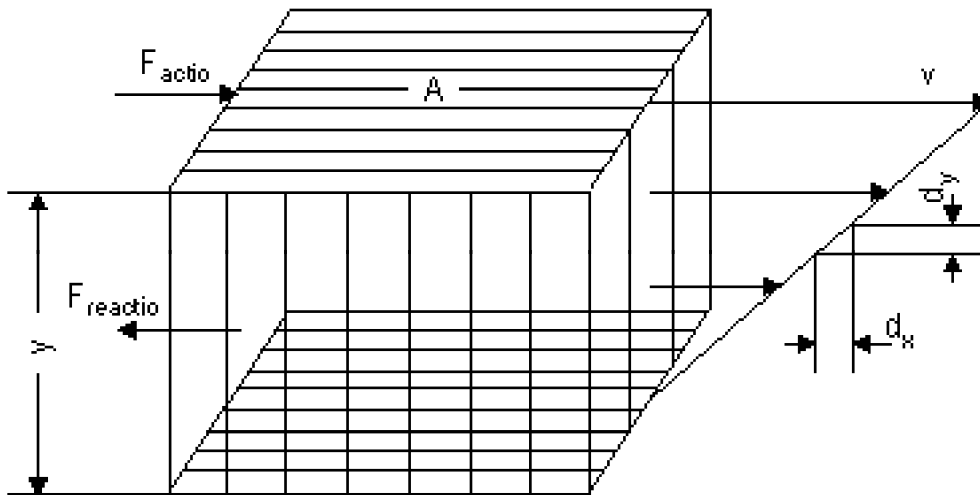


Förderleistung

Die Förderleistung ist die von der Pumpe auf den Förderstrom übertragene nutzbare Leistung.

Betrachtet man zwei parallele Platten mit der Fläche A und dem Abstand y , die als Folge einer Kraft F_{actio} mit einer Geschwindigkeit v gegeneinander verschoben werden, so stellt sich dieser Bewegung eine Kraft F_{reactio} entgegen, die um so größer ist, je größer die dynamische Viskosität der sich zwischen den Platten befindenden Substanz ist.

dynamische Viskosität



Das Verhältnis F zu A nennt man Schubspannung τ .

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Die Schubspannung τ wächst proportional zur Schergeschwindigkeit D und zur dynamischen Viskosität η .

$$\tau = D \times \eta$$

Das Verhältnis von v zu y bezeichnet man als Schergeschwindigkeit D .

$$D = \frac{v}{y}$$

Die Größe der dynamischen Viskosität η wird somit:

$$\eta = \frac{\tau}{D}$$

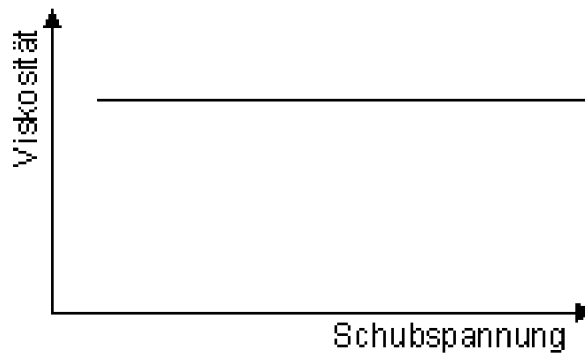
Begriffe der Pumpentechnik

Die dynamische Viskosität ist dabei eine für die betreffende Flüssigkeit charakteristische Größe. Sie ist temperaturabhängig. Deshalb muß bei einer Viskositätsangabe stets die dazugehörige Temperatur angegeben werden.

Fließverhalten von Flüssigkeiten

Idealviskoses Fließverhalten:

Stoffe mit idealviskosem Fließverhalten bezeichnet man als Newtonsche Flüssigkeiten. Es sind viskose Flüssigkeiten mit unverzweigten Molekülen. Sie weisen ein proportionales Fließverhalten auf.



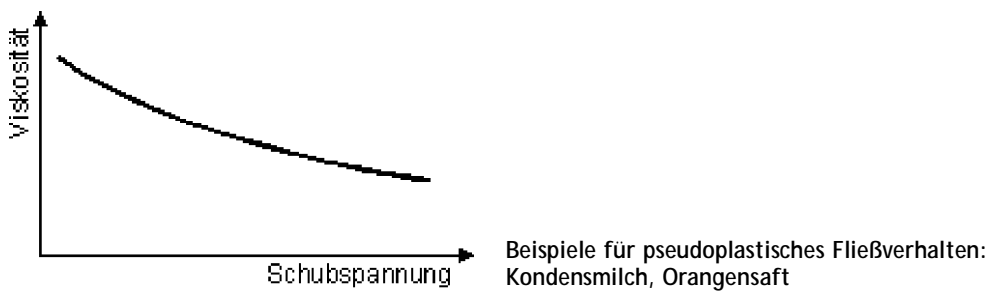
Typische Newtonsche Flüssigkeiten sind: Wasser, Speiseöl, Trinkmilch, Zuckerlösung, Honig.

Pseudoplastisches Fließverhalten:

Das Fließverhalten von Stoffen hängt von deren physikalisch-chemischen Eigenschaften ab. Gibt man zu einem reinen Lösungsmittel einen Füllstoff hinzu, so wird sich eine Erhöhung der Viskosität und eine Veränderung im Fließverhalten einstellen.

Hochmolekulare Stoffe in Lösung sowie auch Schmelzen weisen mit zunehmender Schubspannung im Allgemeinen eine Viskositätsabnahme auf.

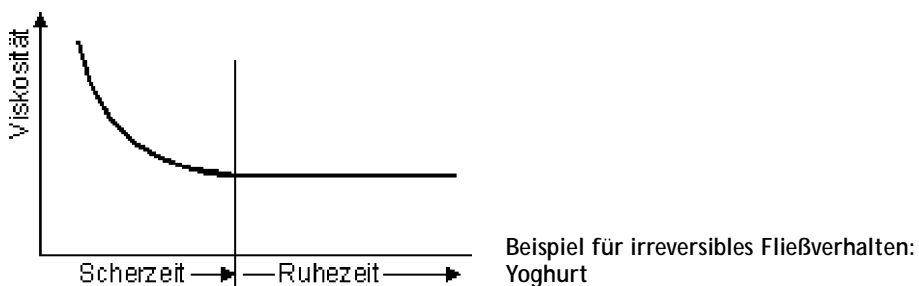
Ein solches Fließverhalten wird als pseudoplastisch bezeichnet.



Irreversibles Fließverhalten:

Substanzen, die durch eine angelegte Schubspannung so verformt werden, daß nach der destruktiven Phase (Scherzeit) kein Wiederaufbau des Strukturgerüsts stattfindet, zeigen ein irreversibles Fließverhalten.

Als Folge stellt sich eine bleibende, von der Scherzeit abhängige Viskositätsveränderung ein.



Begriffe der Pumpentechnik

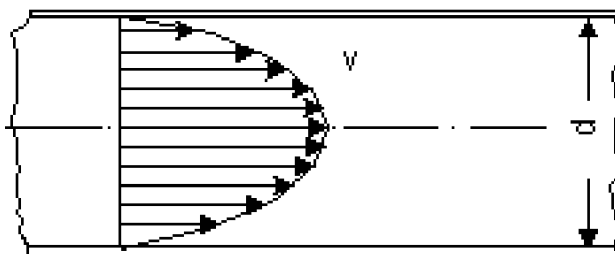
Strömungsarten

Bei der Strömung im Rohr treten je nach Größe der Reynoldszahl ganz bestimmte, typische Strömungsformen auf, die unterschiedliche physikalische Eigenschaften aufweisen.

Besonders wichtig ist in diesem Zusammenhang das Auftreten von laminarer und turbulenter Strömung.

Laminare Strömung

Bei der laminaren Strömung oder Schichtströmung bewegen sich die Teilchen auf zur Rohrachse parallelen Stromlinien, ohne sich zu vermischen.



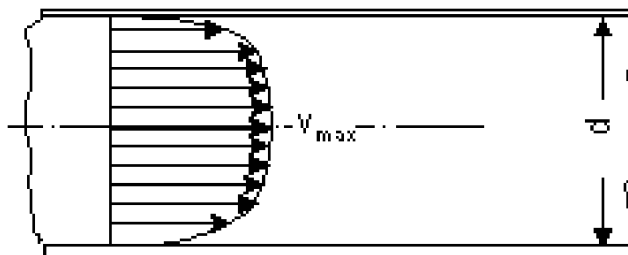
Die Rauigkeit der Rohrwand ist hier ohne Einfluß auf den Strömungswiderstand.

Laminare Strömung findet man vorwiegend bei Flüssigkeiten mit hoher Viskosität.

Der Verlust an Förderhöhe verändert sich linear mit der Strömungsgeschwindigkeit.

Turbulente Strömung

Bei der turbulenten oder wirbelbehafteten Strömung treten neben der in Rohrachse gerichteten Transportbewegung noch Querbewegungen auf, die zu einer ständigen Vermischung der Strömungsteilchen führen.



Die Rauigkeit der Rohrwand gewinnt starken Einfluß auf den Strömungswiderstand.

Turbulente Strömungen treten vorwiegend bei Wasser und wasserähnlichen Flüssigkeiten auf.

Der Verlust an Förderhöhe ändert sich im Quadrat der Strömungsgeschwindigkeit.

Der Zusammenhang zwischen der Strömungsgeschwindigkeit v , der Viskosität η und dem Innendurchmesser des Rohres d_i wird mit der Reynoldszahl beschrieben.

Reynoldszahl

Die Reynoldszahl ist dimensionslos.

$$Re = \frac{v \times d_i \times \rho}{\eta}$$

Strömungsgeschwindigkeit v	[m/s]
Viskosität	[Pa s]
Rohrinnendurchmesser d_i	[mm]
Dichte	[kg/dm ³]

Bei einer Reynoldszahl von 2320 liegt der Übergang von laminarer zu turbulenter Strömung.

Laminare Strömung < $Re_{krit} = 2320$ > Turbulente Strömung

Beispiel:

Durch eine Rohrleitung mit der Nennweite 50 mm strömen in der Sekunde 2 Liter Essigsäure mit einer kinematischen Viskosität von $\nu = 1,21 \text{ mPa s} = 0,00121 \text{ Pa s}$ und einer Dichte von $1,04 \text{ kg/dm}^3$.

Ist die Strömung laminar oder turbulent?

Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit v beträgt:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{d^2 \times \pi}{4}} = \frac{2 \times 1000}{50^2 \times \pi} = 1,02 \text{ m/s}$$

Q [l/s]
d [mm]
v [m/s]

Begriffe der Pumpentechnik

Damit berechnet sich die Reynoldszahl zu:

$$Re = \frac{v \times d \times \rho}{\eta} = \frac{1,02 \times 50 \times 1,04}{0,00121} = 43834$$

Die Reynoldszahl liegt über der kritischen Reynoldszahl $Re_{krit} = 2320$. Die Strömung ist turbulent.

NPSH-Wert [m]

NPSH ist die Abkürzung des englischen Begriffes Net Positive Suction Head.

Neben Fördermenge Q und Förderhöhe H gehört der NPSH-Wert zu den wichtigsten Betriebsgrößen einer Kreiselpumpe.

NPSH-Wert der Pumpe

Der NPSH-Wert der Pumpe ergibt sich aus der Art der Konstruktion und der Pumpendrehzahl. Je höher die Pumpendrehzahl wird, umso größer wird der NPSH-Wert der Pumpe.

Er wird durch Messungen auf dem Pumpenprüfstand ermittelt und kann ohne Hilfsmittel nicht verändert werden.

NPSH-Wert der Anlage

Der NPSH-Wert der Anlage ist vom Förderhöhenverlust einschließlich der Verluste in Armaturen und Apparaten in der Saugleitung der Anlage abhängig und muß in jedem Falle durch Berechnung überprüft werden.

p_E = Druck im Eintrittsquerschnitt der Anlage [bar]

p_A = Druck im Austrittsquerschnitt der Anlage [bar]

p_D = Dampfdruck des Fördermediums Mitte Pumpensaugstutzen [bar]

p_b = Luftdruck am Aufstellungsort der Pumpe [bar]

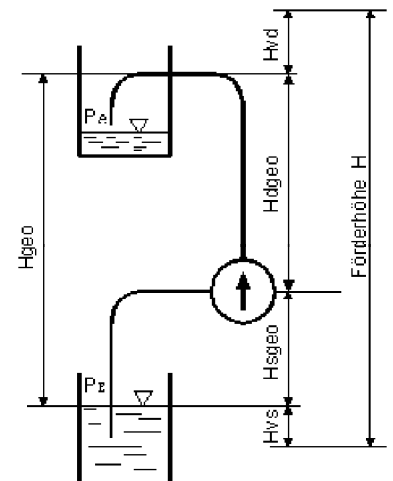
H_{vs} = Verlust an Förderhöhe der Saugleitung, vom Eintrittsquerschnitt der Anlage bis zum Eintrittsquerschnitt der Pumpe [m]

H_{sgeo} = geodätische Saughöhe (negativ, wenn Zulaufhöhe vorliegt) [m]

= Dichte des Fördermediums [kg/m³]

v_E = Strömungsgeschwindigkeit am Eintritt [m/s]

$$NPSH = \frac{p_E + p_b - p_D}{\rho \times g} + \frac{v_E^2}{2g} + H_{sgeo} - H_{vs}$$



Um einen störungsfreien Betrieb der Pumpe aufrechtzuerhalten und in der Praxis zu sichern, muß folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\text{NPSH}_{\text{Anlage}} > \text{NPSH}_{\text{Pumpe}}$$

Einen Sonderfall stellen siedende Flüssigkeiten mit Fließgeschwindigkeiten bis 0,3 m/s dar.

Hier gilt: $p_E = p_D$; da sowohl $\frac{v_E^2}{2g}$ als auch H_{vs} vernachlässigbar klein werden, folgt:

$$\text{NPSH}_{\text{Anlage}} = H_{\text{sgo}}$$

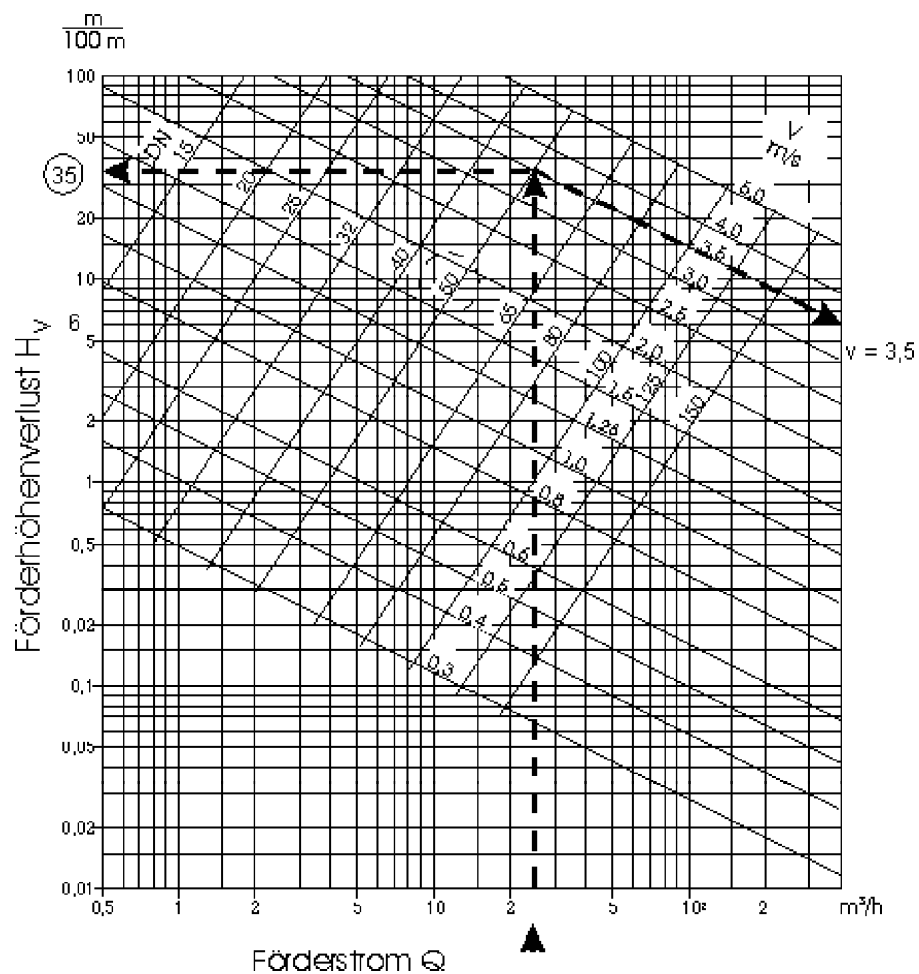
Berechnung der Druckverluste

Bereits bei der Auslegung der Anlage und des Rohrleitungssystems vor und nach der Pumpe können durch konstruktive Maßnahmen die entstehenden Verluste gering halten werden, z.B. durch:

- ausreichend groß dimensionierte Rohrdurchmesser,
- wenige Formstücke,
- strömungsgünstige Armaturen,
- eine kurze Rohrleitungsführung.

Verlust an Förderhöhe in geraden Rohrleitungen

Für gerade Rohrleitungen können wir aus dem nachfolgenden Diagramm den Förderhöhenverlust bezogen auf eine Rohrlänge von 100 m und eine bestimmte Strömungsgeschwindigkeit v in Abhängigkeit von der Fördermenge und der Rohrnennweite ablesen.



Berechnung der Druckverluste

Beispiel:

Förderstrom $Q = 25 \text{ m}^3/\text{h}$
Rohrnennweite $DN = 50 \text{ mm}$
Aus dem Diagramm lesen wir ab:
Strömungsgeschwindigkeit $v = 3,5 \text{ m/s}$
Verlust an Förderhöhe $H_v = 35 \text{ m}/100 \text{ m}$

Der Förderhöhenverlust in Armaturen und Formstücken kann für den praktischen Gebrauch mit hinreichender Genauigkeit mit Hilfe von äquivalenten Rohrlängen ermittelt werden.

Druckverlust durch Armaturen und Formstücke

Dabei wird der Förderhöhenverlust einer Armatur oder eines Formstückes dem eines geraden Rohres mit einer entsprechenden Länge gleichgesetzt.

Die Berechnung gilt nur für Wasser und wasserähnliche Produkte.

Bei gleichen Nennweiten der Rohre, Armaturen und Formstücke können wir vereinfacht rechnen.

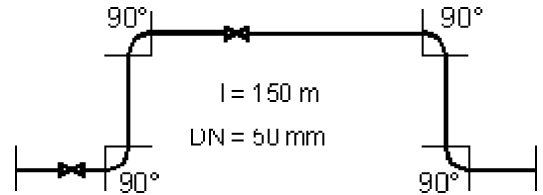
Äquivalente Rohrlängen in Meter für Armaturen und Formstücke
(gültig für $Re = 100.000$ und Rauigkeit $k = 0,04 \text{ mm}$)

Nennweite DN [mm]	25	40	50	65	80	100	125	150
Normalventil	2,1	4,6	7,5	11,0	14,0	20,0	28,0	37,0
Freiflußventil	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,9	3,7
Eckventil	3,2	5,0	7,2	10,0	13,0	17,0	23,0	31,0
Bogen 90° R = 4 × d	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,5	1,9	2,3
Bogen 90° R = 3 × d	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,2	2,8	3,5
T Stück (Trennung)	1,6	2,0	2,5	3,3	4,0	4,8	5,7	6,8
T Stück (Vereinigung)	2,0	2,6	3,2	4,4	5,8	7,5	10,0	13,0

Berechnung der Druckverluste

Beispiel:

Förderstrom $Q = 25 \text{ m}^3/\text{h}$
 gerade Rohrlänge $l = 150 \text{ m}$
 Nennweite Rohr $DN = 50 \text{ mm}$
 Bogen 90° 4 Stück
 Freiflußventile 2 Stück



Aus Diagramm (Seite 16):

$$v = 3,5 \text{ m/s}$$

$$H_v = 35 \text{ m/100 m Rohrlänge}$$

Aus Tabelle :

äquivalente Rohrlänge 4 Bogen:	$l_{\text{Bogen}} = 1,1 \quad 4 = 4,4 \text{ m}$
äquivalente Rohrlänge 2 Freiflußventile:	$l_{\text{schieb}} = 1,2 \quad 2 = 2,4 \text{ m}$
gerade Rohrlänge:	$l_{\text{Rohr}} = 150,0 \text{ m}$
Gesamtrohrlänge	$l_{\text{gesamt}} = 156,8 \text{ m}$

Druckverlust:

$$H_{V_{\text{gesamt}}} = H_v \times l_{\text{gesamt}}$$

$$H_{V_{\text{gesamt}}} = \frac{35}{100} \times 156,8 = 54,88 \text{ m}$$

Bei laminarer Strömung (hohe Viskositäten) läßt sich der Druckverlust p_v berechnen nach der Formel von Hagen-Poiseuille:

$$\Delta p_v = \frac{v_M \times 32 \times \eta \times l}{d^3 \times 10^3}$$

$$v_M = Q/A \text{ [m/s]}$$

$$\eta \text{ [Pa s = kg/m s]}$$

$$l \text{ [m]}$$

$$d \text{ [m]}$$

$$p_v \text{ [bar]}$$

$$H_v \quad 10 \quad p_v$$

Nach der Berechnung der benötigten Förderhöhe können wir nun die Auswahl des Pumpentyps vornehmen und anschließend mit Hilfe der *Fristam* -Pumpendiagramme die passende Baugröße ermitteln.

Die Viskosität des Fördermediums ist ein wichtiges Kriterium bei der Pumpenauswahl und liefert uns eine erste Entscheidungshilfe.



Auswahl des Pumpentyps

Fristam- Kreiselpumpen sind mit einem offenen Laufrad ausgerüstet. Dadurch ist es möglich, Flüssigkeiten mit Viskositäten bis 1000 mPa s zu fördern.

Kreiselpumpen haben folgende Eigenschaften:

- gleichmäßige Wirkung ohne periodische Änderungen des Durchflusses und des Förderdruckes.
- große Betriebszuverlässigkeit durch geringe Anzahl von beweglichen Teilen.
- betriebsfähig mit hohen Drehzahlen. Direkte Kopplung mit schnelllaufenden Elektromotoren möglich.
- kleine Ausmaße, dadurch geringer Platzbedarf.
- niedrige Betriebskosten.
- gute Regelfähigkeit.

Fristam -Verdrängerpumpen

Bei kleinen Fördermengen und großer Förderhöhe ist meist der Einsatz einer Verdrängerpumpe sinnvoll, obwohl es von der Viskosität des Fördermediums her nicht nötig wäre. Eine Kreiselpumpe würde aber unter diesen Bedingungen in einem schlechten Wirkungsgradbereich arbeiten.

Hinweis:

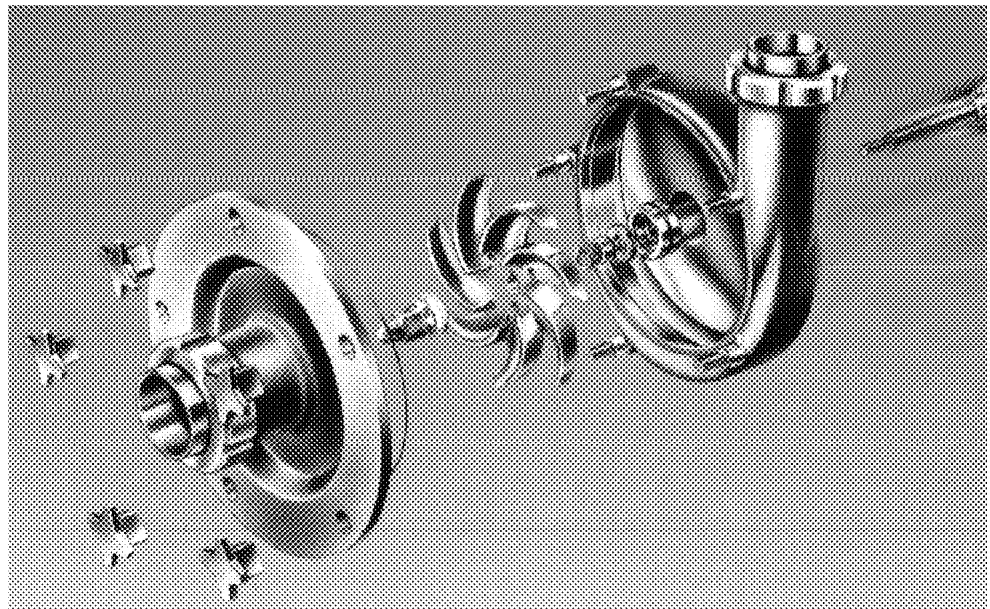
In den nachfolgenden Kapiteln werden die Pumpentypen Kreiselpumpen und Verdrängerpumpen beschrieben und Hilfen für die Auswahl der Baugröße gegeben. An die allgemeine Beschreibung der Pumpentypen schließt sich jeweils ein Abschnitt über den Gebrauch der Pumpendiagramme an.

Kreiselpumpen

Charakteristik einer Kreiselpumpe

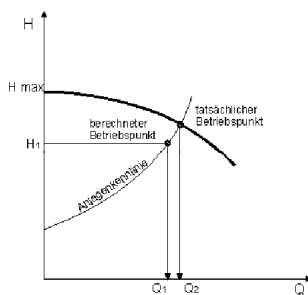
Kreiselpumpen sind Strömungsmaschinen zur Energieerhöhung in einem rotierenden Laufrad. Man spricht auch vom hydrodynamischen Förderprinzip.

Bei diesem Prinzip wird das Fördermedium mit Hilfe des Laufrades beschleunigt. Die daraus resultierende Geschwindigkeitserhöhung des Fördermediums wird im Druckstutzen der Kreiselpumpe in Förderhöhe umgesetzt.



Q/H-Kennlinie

Bei Kreiselpumpen ist die Förderhöhe H vom Förderstrom Q abhängig. Diese Abhängigkeit, man sagt auch das Betriebsverhalten der Pumpe, wird in Kennlinien dargestellt.



Auf dem Prüfstand wird die Pumpe bei konstanter Drehzahl „durchgefahren“ und die Werte Q und H für verschiedene Betriebspunkte ermittelt. Diese Messungen erfolgen ausschließlich mit Wasser, um verschiedene Pumpentypen miteinander vergleichen zu können. Diese Meßwerte – in ein Diagramm eingetragen und miteinander verbunden – ergeben die Q/H-Kennlinie.

Haben wir nun für eine Anlage die Fördermenge Q festgelegt und die Förderhöhe H berechnet, so erhalten wir den Anlagen-Betriebspunkt. Dieser liegt meist nicht auf der Q/H-Kennlinie der Pumpe. In Abhängigkeit von der geforderten Förderhöhe sucht sich die Kreiselpumpe ihren Betriebspunkt selbst auf der Kennlinie im Schnittpunkt von Anlagen- und Pumpenkennlinie. Die Fördermenge steigt von Q_1 auf Q_2 .

Den gewünschten Betriebspunkt erreichen wir nur durch Anpassung der Pumpe an die vorgegebenen Betriebsbedingungen.

Dies kann durch folgende Maßnahmen erfolgen:

- Drosselung des Förderstromes
- Korrektur des Laufrad-Durchmessers
- Drehzahlregelung des Antriebsmotors

Durch teilweises Schließen eines Drosselventils oder den Einbau einer Blende in die Druckleitung der Pumpe vergrößern sich die Rohrleitungsverluste. Die Anlagen-Kennlinie verschiebt sich.

Der Betriebspunkt B1 (Schnittpunkt zwischen Pumpenkennlinie und Anlagenkennlinie) wandert auf der Pumpenkennlinie nach B2.

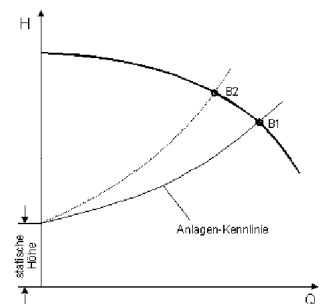
Hinweis: Drosseln verschlechtert den Gesamtwirkungsgrad.

Die Drosselregelung oder der Einbau einer Blende ist im Hinblick auf die Investitionskosten eine günstige Regelungsart. Bei größeren Antriebsleistungen sollte in jedem Fall eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung vorgenommen werden.

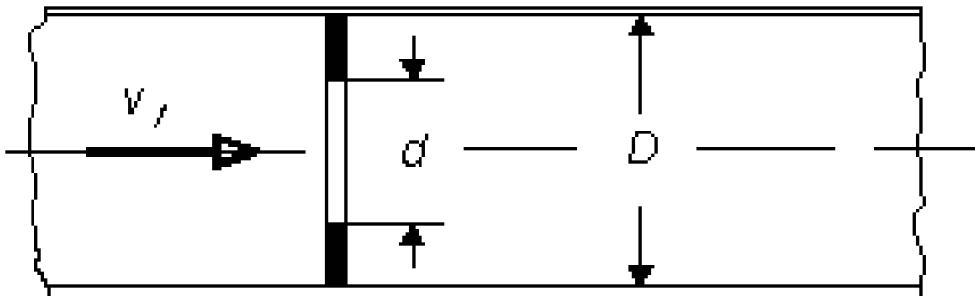
Der bleibende Druckverlust in einer Blende kann vereinfacht berechnet werden:

$$\Delta p_v = \zeta \times \frac{\rho}{2} v_1^2 \times 10^{-5} \quad \begin{array}{l} [\text{kg/m}^3] \\ v_1 \text{ [m/s]} \\ p_v \text{ [bar]} \end{array}$$

Drosselung des Förderstromes



Blendenberechnung



Kreiselpumpen

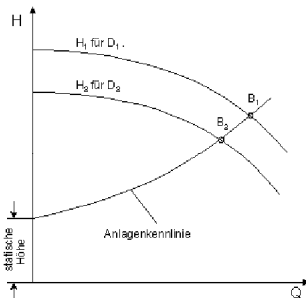
Die ζ -Werte können aus der untenstehenden Tabelle entnommen werden.

Öffnungsverhältnis $m = (d/D)^2$	Widerstandzahl ζ
0,05	800
0,1	250
0,2	50
0,3	20
0,4	4

Rechengang:

- Wert für d annehmen, aus Tabelle ζ ablesen, p_v berechnen.
- Weicht p_v vom erforderlichen Wert ab, neuen Wert für d annehmen und p_v erneut berechnen.

Korrektur des Laufrad-Durchmessers



Eine Korrektur des Laufrad-Durchmessers wird vorteilhaft dort angewendet, wo eine dauernde Verringerung des Förderstromes bzw. der Förderhöhe erwünscht ist. Die Förderleistung der Pumpe wird, bei gleichbleibender Pumpendrehzahl, durch Verringern des Laufrad-Durchmessers an den gewünschten Betriebspunkt angepaßt.

Der Betriebspunkt verschiebt sich von B_1 nach B_2 , dem Schnittpunkt der neuen Pumpenkennlinie und der Anlagenkennlinie.

Der erforderliche Laufraddurchmesser kann leicht mit folgenden Formeln näherungsweise berechnet werden:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{H_1}{H_2} = \frac{D_1^2}{D_2^2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{D_1^3}{D_2^3}$$

N = Antriebsleistung

D = Laufrad-Durchmesser

Q = Förderstrom

H = Förderhöhe

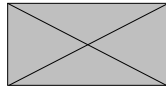
Hinweis: Der Wirkungsgrad der Pumpe verschlechtert sich um so mehr, je stärker korrigiert wird.

Kreiselpumpen

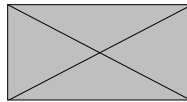
Durch Verändern der Pumpendrehzahl mit einem regelbaren Getriebe oder Frequenzumrichter können stufenlos eine Vielzahl unterschiedlicher Betriebspunkte angefahren werden. Der Betriebspunkt verändert sich auf der Pumpenkennlinie von B1 in Richtung B2.

Vom Gesamtwirkungsgrad her ist dies die günstigste Regelung des Förderstromes. Durch das Regelgetriebe oder den Frequenzumrichter entstehen allerdings zusätzliche Kosten, die in einer Wirtschaftlichkeitsberechnung zu bewerten sind.

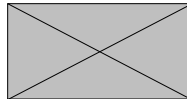
Die Fördermenge ändert sich linear zur Drehzahl.



Die Förderhöhe ändert sich mit dem Quadrat der Drehzahl.

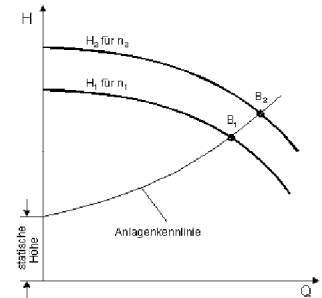


Die Antriebsleistung ändert sich mit der dritten Potenz der Drehzahl.

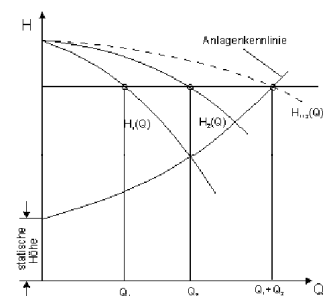


Bei der Parallelschaltung von Pumpen addieren sich die Förderströme bei der entsprechenden Förderhöhe. Dies gilt sowohl für Pumpen mit gleicher als auch für Pumpen mit ungleicher Q/H-Kennlinie.

Regelung der Pumpendrehzahl

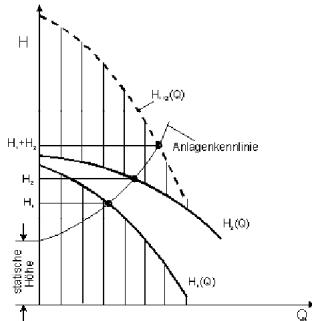


Pumpen parallel geschaltet



Kreiselpumpen

Pumpen hintereinander geschaltet



Eine mehrstufige Kreiselpumpe kann man sich als Reihenschaltung von einzelnen Pumpen vorstellen.

Zu beachten ist:

Eine stehende Pumpe stellt im Rohrleitungssystem einen erheblichen Widerstand dar. Bei der Reihenschaltung sind deshalb Bypass-Leitungen zu installieren.

Bei der Reihenschaltung von Kreiselpumpen addieren sich die Förderhöhen bei entsprechendem Förderstrom zu der gemeinsamen Pumpenkennlinie (---).

Kavitation

Kavitation zeigt sich durch starke Geräuschentwicklung der Pumpe. Gleichzeitig geht die Pumpenleistung stark zurück.

Wie entsteht Kavitation bei Kreiselpumpen?

Der niedrigste Druck tritt direkt am Laufradeingang der Pumpe – dem Saugmund – auf. Hier kann durch örtliche Druckabsenkung Flüssigkeit verdampfen. Es entstehen winzig kleine Dampfblasen. Diese werden von der Flüssigkeit mitgerissen und zerfallen schlagartig, wenn sie wieder in Bereiche mit höherem Druck geraten. Dabei können Druckspitzen von bis zu 100.000 bar entstehen.

Wird die Pumpe nun längere Zeit unter Kaviationsbedingungen betrieben, entsteht am Laufrad der Pumpe, am Pumpendeckel und -gehäuse starker Verschleiß. Die Oberfläche bekommt eine löchrige, narbenartige Struktur.

Wie vermeiden wir Kavitation?

Wir müssen dafür sorgen, daß an jeder Stelle in der Pumpe der Druck des Fördermediums über dessen Dampfdruck bei der jeweiligen Temperatur liegt. Der Dampfdruck wird aus Tabellen des entsprechenden Fördermediums entnommen.

Dampfdruck

Der NPSH-Wert der Anlage muß mindestens 0,5 m höher sein als der NPSH-Wert der Pumpe.

Für einen sicheren, kavitationsfreien Betrieb gilt:

$$\text{NPSH}_{\text{Anlage}} + 0,5 \text{ m} > \text{NPSH}_{\text{Pumpe}}$$

Der Dampfdruck des Fördermediums ist temperaturabhängig. Er steigt mit steigender Temperatur des Fördermediums.

Bei wechselnden Temperaturen des Fördermediums ist bei der Ermittlung des NPSH-Wertes der Anlage immer der höchste Wert des Dampfdruckes anzusetzen.

Kreiselpumpen

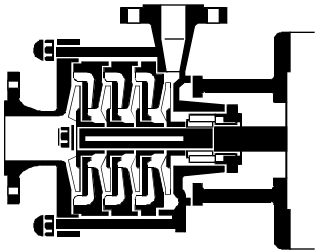
Kreiselpumpen- bauformen



Das *Fristam*- Kreiselpumpenprogramm umfaßt folgende Bauarten:

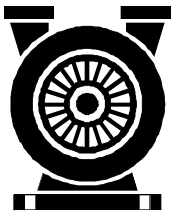
- *Fristam* -Kreiselpumpe FP

Das Konstruktionsprinzip der *Fristam*- Kreiselpumpe FP mit offenem Laufrad, sowie dem strömungstechnisch optimierten Förderkanal schonen das Fördermedium und minimieren dessen Erwärmung. Viskositäten bis 1000 mPa s stellen kein Problem dar. Das Fördermedium kann luft- und gashaltig, homogen oder mit Beimengungen sein. Niedrige NPSH-Werte ermöglichen den Einsatz auch unter ungünstigen Bedingungen. Die *Fristam*-Kreiselpumpe FP ist eine nicht selbstansaugende Pumpe. Sie ist voll CIP- und SIP-fähig.



- *Fristam* -Kreiselpumpe FM,

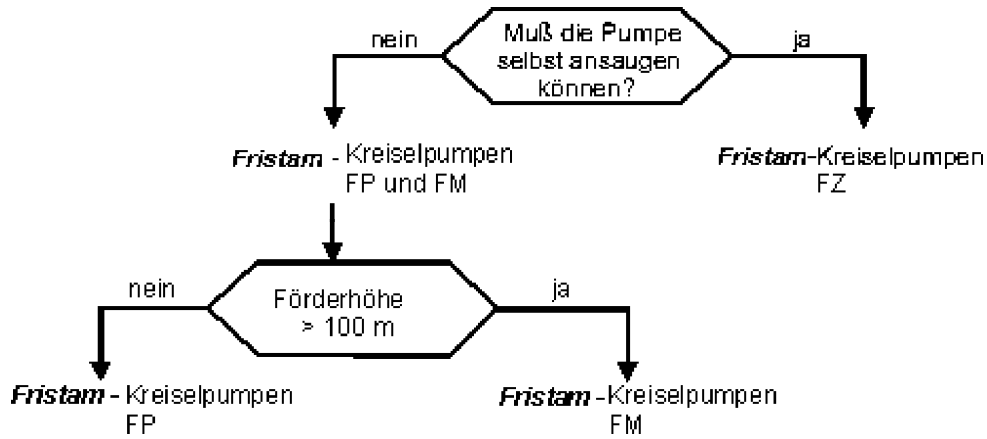
Die Kreiselpumpe FM ist eine Mehrstufenpumpe. Sie ist speziell zur Erzeugung großer Förderhöhen entwickelt worden. Die Kreiselpumpe FM kann unter drucktechnisch besonders erschwerten Bedingungen eingesetzt werden, wie z.B. Beschickung von Filtern, Erhitzen und Füllern, Einspeisung, Umwälzung und Druckerhöhung in Umkehrosmoseanlagen.



- *Fristam* -Kreiselpumpe FZ

Die Kreiselpumpe FZ arbeitet nach dem Seitenkanalprinzip. Laufräder mit strahlenförmig angeordneten Schaufeln übertragen die Druckenergie auf das Fördermedium. Durch enge Dichtspalte werden hervorragende Saugleistungen ermöglicht. Das Fördern von gashaltigen Produkten ist ebenso möglich, wie das Entlüften der Saugleitung. Damit kann eine optimale Entleerung der Anlage durchgeführt werden.

Auswahlkriterien



Die Entscheidung zwischen den Pumpentypen FP und FM ist außerdem noch vom benötigten Förderstrom abhängig.

Kreiselpumpen

Kreiselpumpe FP



Auswahl der Baugröße

Beispiel:

Fördermenge $Q_A = 90 \text{ m}^3/\text{h}$

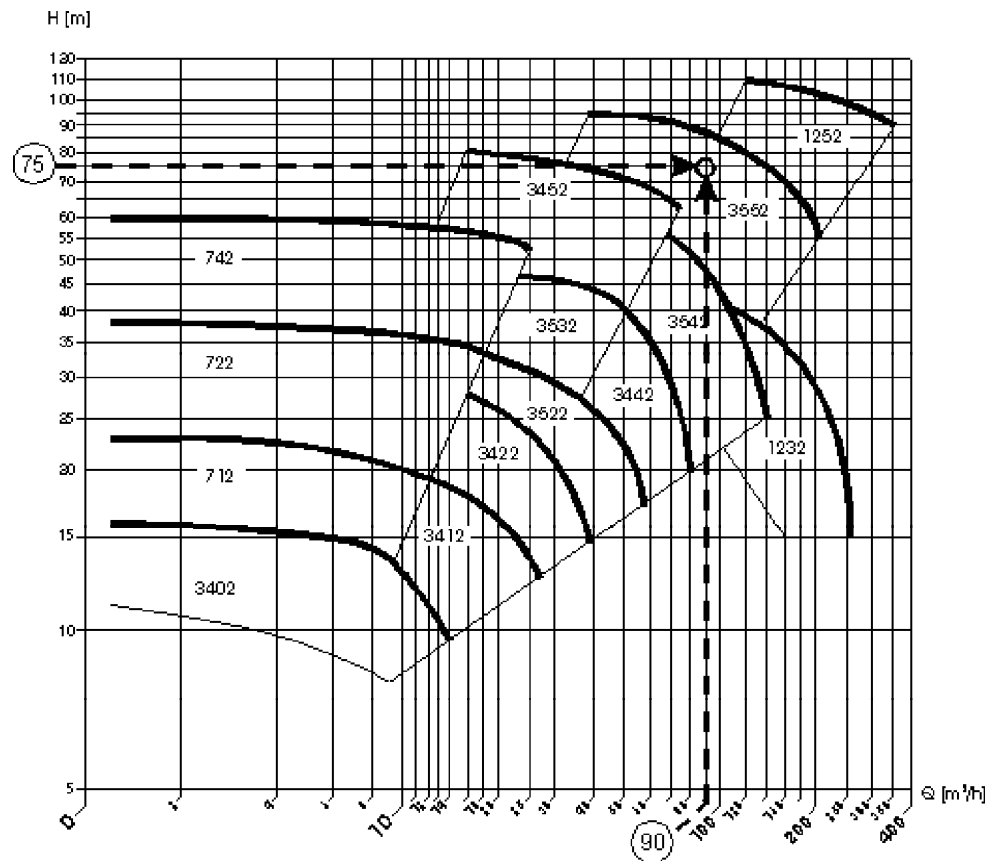
Förderhöhe $H_A = 75 \text{ m}$

Schritt 1:

Bestimmen Sie die Baugröße der Pumpe.

FP-Baugrößen

Baugrößenübersicht



Gewählt: Pumpenbaugröße: FP 3552

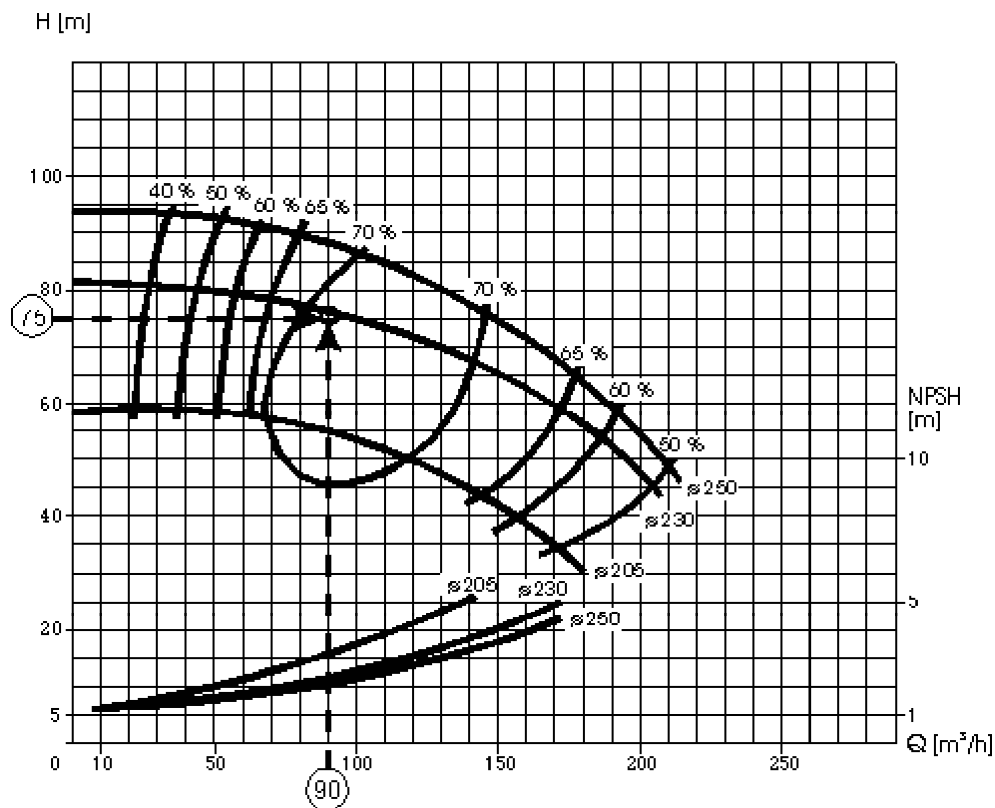
Schritt 2:

Tragen Sie den Betriebspunkt Ihrer Anlage in das Pumpendiagramm ein.

Kreiselpumpe FP Leistungsdiagramm

Liegt der Betriebspunkt der Anlage nicht auf der Pumpenkennlinie, haben Sie die Möglichkeit, durch Drosselung, Abdrehen des Laufrad-Durchmessers oder Drehzahlregelung des Pumpenantriebsmotors den Betriebspunkt der Pumpe an Ihren Anlagenbetriebspunkt anzupassen. (siehe Seiten 21–23)

FP 3552



Aus Diagramm: Laufrad-Durchmesser = 230 mm

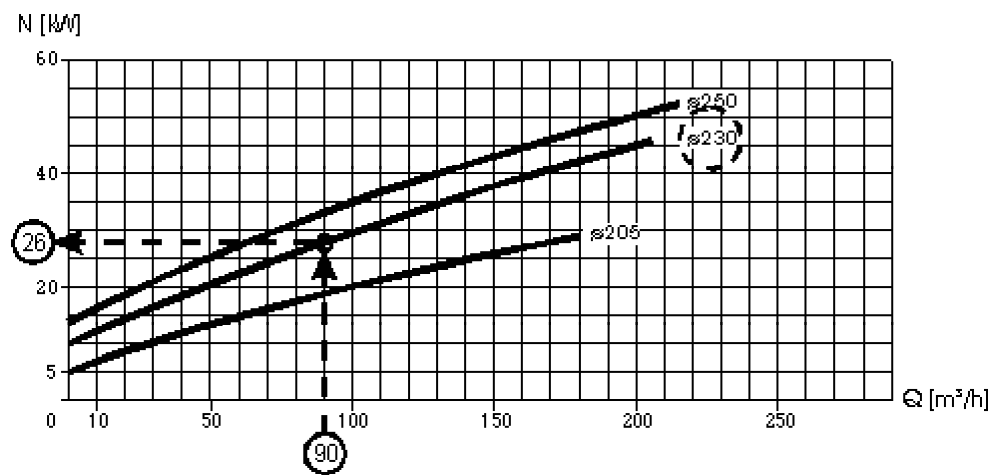
Kreiselpumpen

Motorleistung des Pumpenantriebs

Schritt 3:

Bestimmen Sie die Motorleistung mit der Fördermenge und deren Schnittpunkt mit dem entsprechenden Laufrad-Durchmesser.

Wählen Sie aus der Motorentabelle den nächsten, in der Leistung höherliegenden Motor als Antriebsmotor.



Erforderliche Motorleistung aus Diagramm: N = 26 kW

Gewählter Motor: 30,0 kW

Wirkungsgrad der Pumpe

Schritt 4:

Überprüfen Sie den Wirkungsgrad:

$$= \frac{Q \times H \times \rho}{367 \times N}$$

Q [m³/h]
 H [m]
 N [kW]
 [kg/dm³]

$$= \frac{90 \times 75 \times 1}{367 \times 26}$$

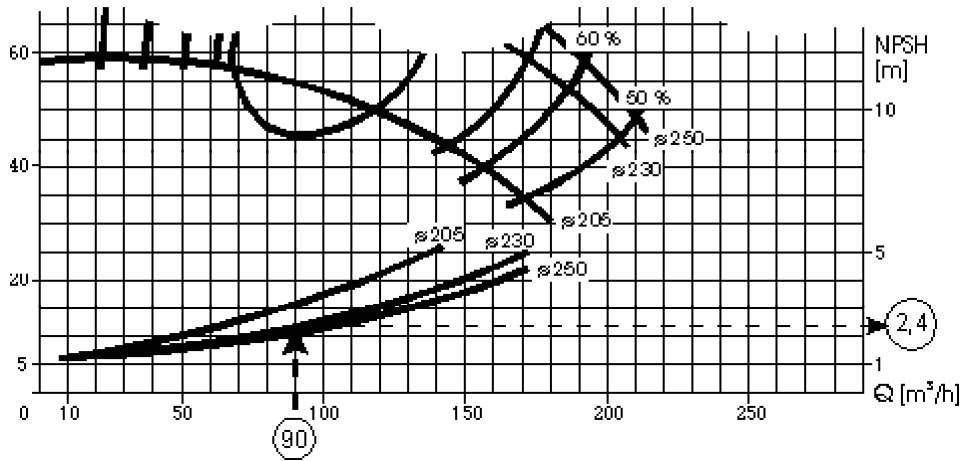
wasser 1 kg/dm³

0,7 70%

Schritt 5:

Überprüfen Sie die Bedingung $NPSH_{Anlage} > NPSH_{Pumpe}$

NPSH-Wert
überprüfen



Aus Diagramm: NPSH-Wert der Pumpe = 2,4 m

Kreiselpumpen

Kreiselpumpe FZ



Auswahl der Baugröße

Beispiel:

Förderstrom $Q_A = 30 \text{ m}^3/\text{h}$

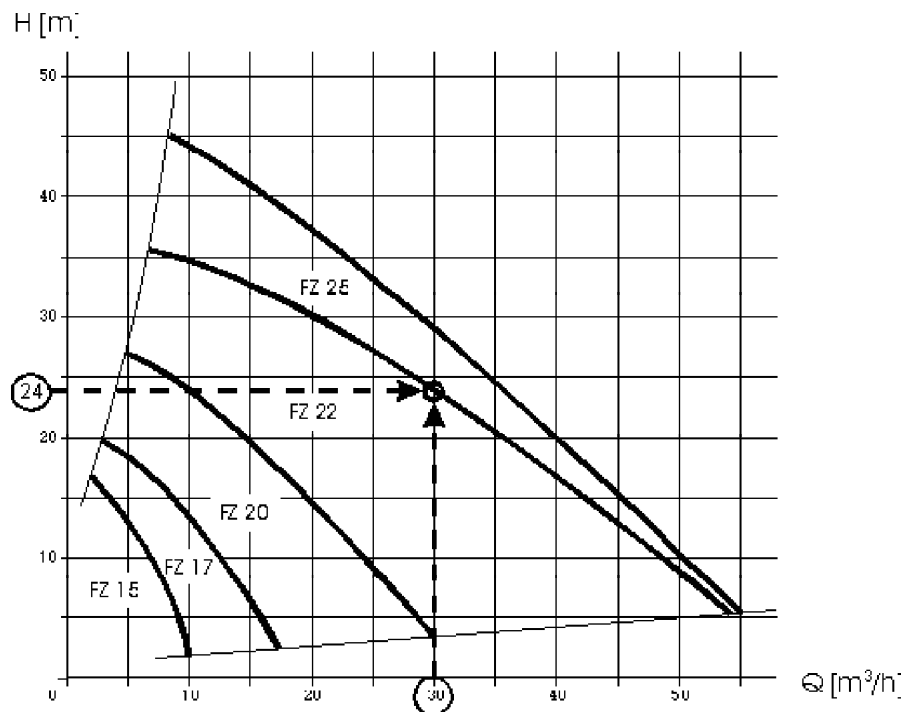
Förderhöhe $H_A = 24 \text{ m}$

Schritt 1:

Wählen Sie die Baugröße, deren Kennlinie oberhalb des Betriebspunktes der Anlage liegt.

FZ-Baugrößen

Baugrößenübersicht



Gewählt: Pumpenbaugröße: FZ 22

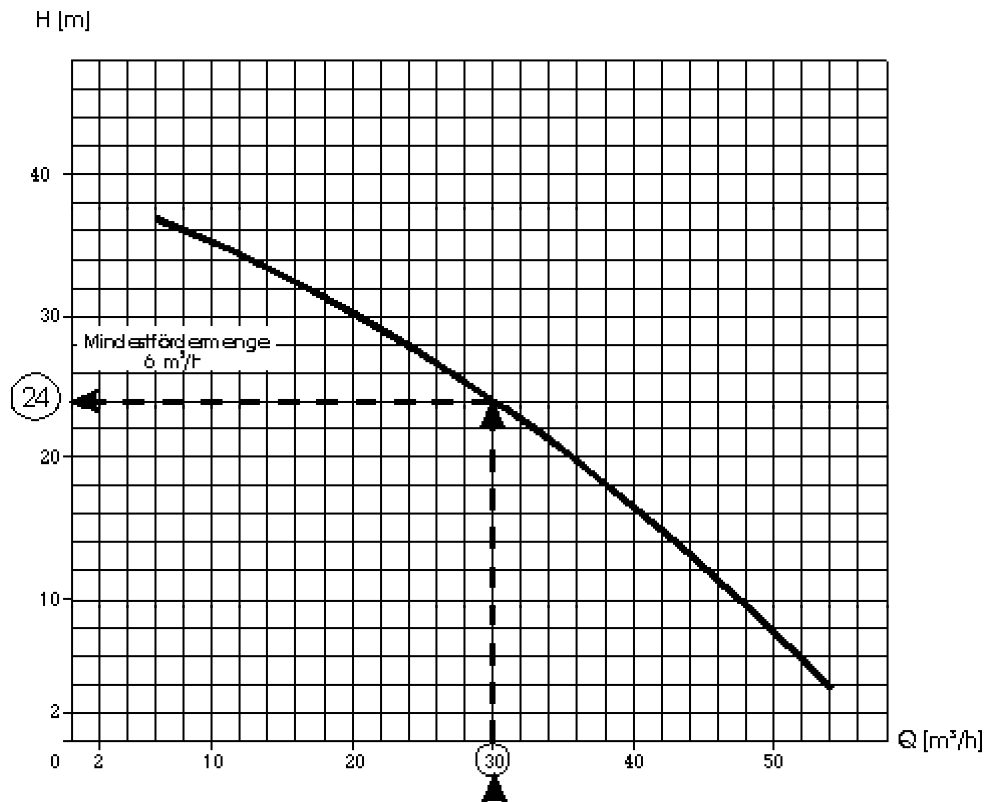
Schritt 2:

Bestimmen Sie die Motorleistung mit der Fördermenge und dem Schnittpunkt mit der Leistungskurve. Wählen Sie aus der Motorentabelle den nächsten in der Leistung höherliegenden Motor als Antriebsmotor.

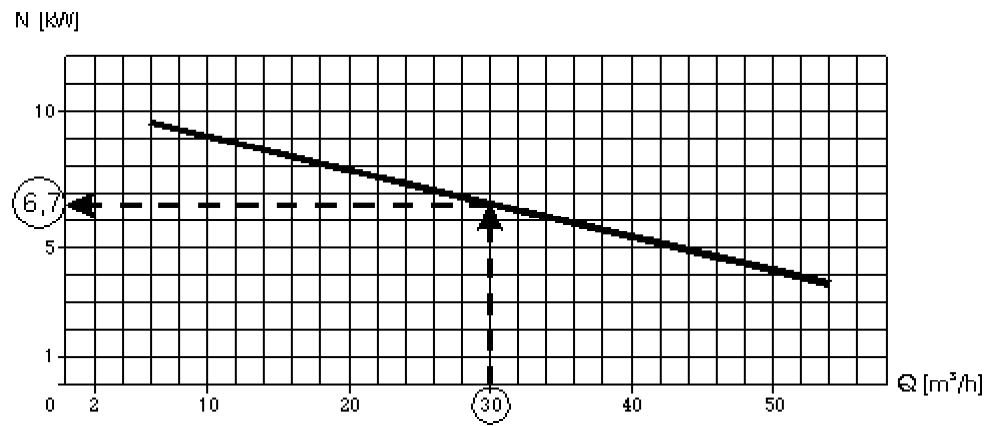
Motorleistung des Pumpenantriebs

Hinweis:

Die Pumpe kann nur durch Drosselung des Förderstroms (siehe Seite 21/22) oder durch Drehzahländerung (siehe Seite 23) an den gewünschten Betriebspunkt angepaßt werden. Die Veränderung des Laufraddurchmessers ist **nicht** möglich.



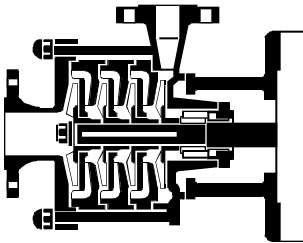
Kreiselpumpen



Aus Diagramm: $N = 6,7$ kW

Kreiselpumpe FM

Die Auswahl der Baugröße wird analog wie bei der einstufigen Kreiselpumpe FP durchgeführt. (Siehe Seite 28)



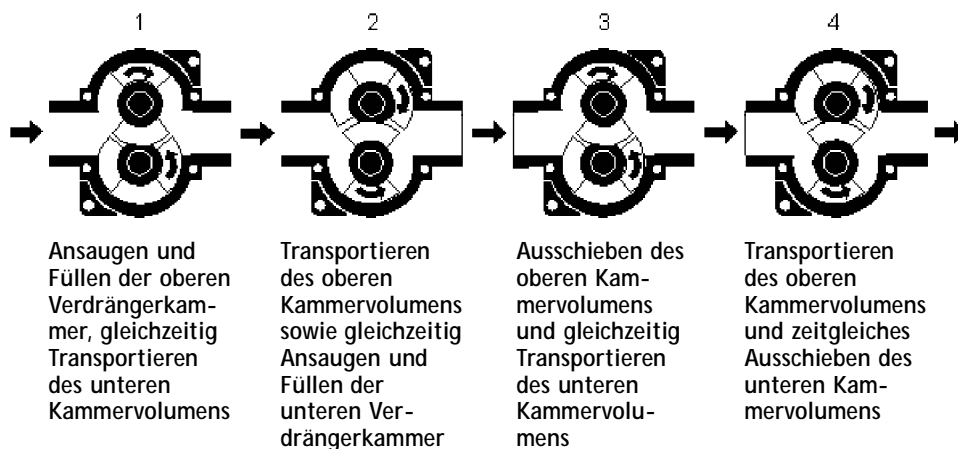
Verdrängerpumpen sind hydrostatische Arbeitsmaschinen. Es sind zwangsfördernde Pumpen. Diese dürfen nicht gegen ein geschlossenes System betrieben werden.

Alle Kreis- und Drehkolbenpumpen sind nach dem gleichen Konstruktionsprinzip aufgebaut. Zwei auf parallelen Wellen angeordnete Verdrängerkörper werden durch ein außenliegendes Gleichlaufgetriebe angetrieben.

Die beiden Verdrängerkörper wälzen sich gegenläufig mit geringem radialen und axialen Spiel aufeinander ab. Sie berühren weder sich untereinander, noch das sie umschließende Gehäuse. Die Verdränger sind so ausgebildet, daß sie in jeder Stellung den Saug- gegen den Druckraum absperren. Diese Abdichtung erfolgt nur über die Spalte, nicht über zusätzliche Dichtungen oder Absperrorgane.

Die in den Saugraum eintretenden Profillücken werden mit Fördergut gefüllt, in Umfangsrichtung mitgenommen und auf der Druckseite durch Eintauchen der Gegenflügel in die Druckleitung entleert. Hierbei entsteht ein gleichmäßiges Strömen von der Saugseite zur Druckseite hin.

Charakteristik und Arbeitsweise einer Verdrängerpumpe

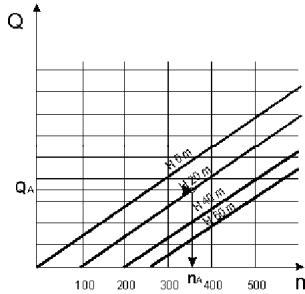


Funktionsschema

Kreis- und Drehkolbenpumpen ermöglichen eine schonende Produktförderung. Eine Beschädigung oder Beanspruchung des Fördergutes findet nicht statt.

Verdrängerpumpen

Kennlinie (gilt nur für Wasser)



Bei Verdrängerpumpen ist der Förderstrom Q linear von der Pumpendrehzahl n abhängig.

Auf dem Prüfstand werden für unterschiedliche Drehzahlen und Förderhöhen die Förderströme ermittelt. Um einzelne Pumpenkonstruktionen und Pumpentypen miteinander vergleichen zu können, werden diese Versuche stets mit Wasser durchgeführt.

Haben wir nun für unsere Anlage die Fördermenge Q und die Förderhöhe H festgelegt, so erhalten wir aus dem Diagramm eine für diesen Betriebspunkt zutreffende Drehzahl n der Pumpe.

Die Verdrängerpumpe wird in den meisten Fällen mit feststehender, unveränderbarer Drehzahl betrieben. Die Fördermenge ist dabei konstant.

Regelung der Pumpendrehzahl

Der Förderstrom kann durch Veränderung der Pumpendrehzahl variabel den Betriebsbedingungen angepaßt werden.

Viskosität des Fördermediums

Die Viskosität des Fördermediums muß bei der Auslegung und Auswahl des Pumpentyps unbedingt berücksichtigt werden.

Bei höheren Viskositäten benötigt das Fördermedium mehr Zeit, um die Verdrängerkammer zu füllen. In diesen Fällen muß die Pumpendrehzahl reduziert werden, da es sonst zu Kavitation kommt. Das bedeutet Rückgang der Förderleistung und führt zu starkem Verschleiß. Wird die Pumpe im Kavitationsbereich betrieben, macht sich das durch starke Geräuschentwicklung bemerkbar.

Spaltverluste

Trotz sehr enger Spalte zwischen Verdränger und Pumpengehäuse kommt es bei der Förderung von Wasser zu Rückströmungen vom Druck- zum Saugstutzen der Pumpe.

Ab einer Viskosität von 200 mPa s bei Kreiskolbenpumpen und 500 mPa s bei Drehkolbenpumpen hört diese Rückströmung auf.

Fristam liefert je nach Einsatzgebiet zwei Verdrängerpumpen-Bauformen, die

- *Fristam* -Kreiskolbenpumpen FK und FKL
Die Kreiskolbenpumpen vom Typ FK und FKL zeichnen sich durch sehr enge Spalte im Pumpeninnenraum und eine umlaufenden Flächendichtung aus. Aufgrund dieser konstruktiven Merkmale haben Kreiskolbenpumpen hervorragende Saugeigenschaften und erreichen große Förderhöhen.
- *Fristam* -Drehkolbenpumpen FL
Die Drehkolbenpumpen vom Typ FL sind aufgrund der Flächen- /Linienabdichtung im Wesentlichen für zulaufendes Fördergut konzipiert und erreichen im Vergleich zu den Kreiskolbenpumpen etwas geringere Förderhöhen.

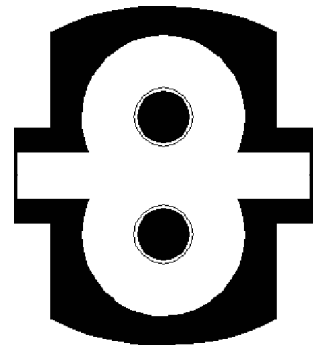
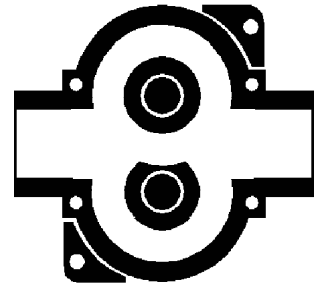
Die Kreiskolbenpumpen und Drehkolbenpumpen können erhitzte Produkte

- bis ca. 90°C mit den Standardverdrängern
 - bis ca. 150°C mit den Temperaturverdrängern
- fördern.

Sie eignen sich gut für die automatische Reinigung (CIP-Verfahren) und Sterilisation (SIP-Prozeß).

Auf Wunsch können die Pumpenanschlüsse waagrecht oder senkrecht liegen. Die Anschlußformen sind frei wählbar, z. B. Flansch-, Clamp- oder Gewindeanschluß.

Bauformen

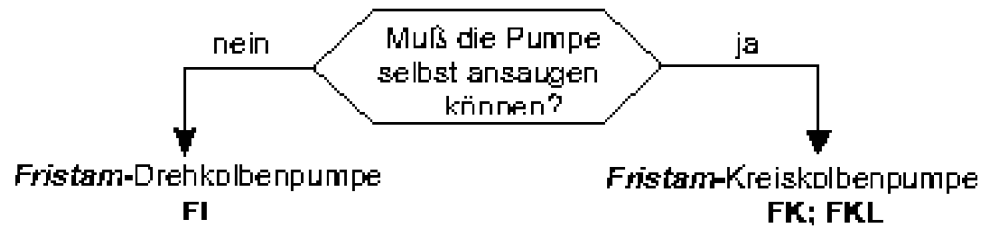


Ausführungs- variationen

Verdrängerpumpen

Auswahl der Bauform

Die Entscheidung für die Bauform fällt vorab mit der Frage:

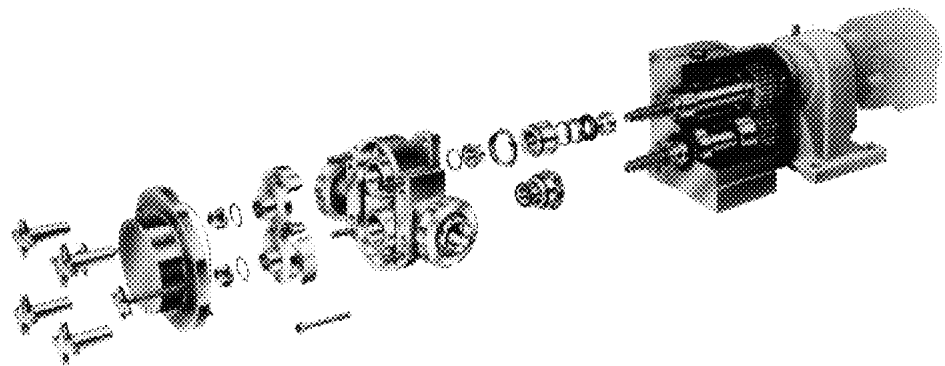
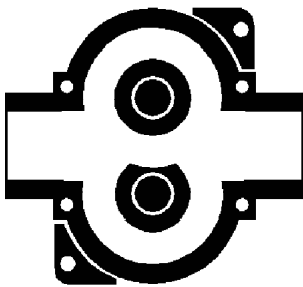


Ein weiteres Entscheidungskriterium ist die unterschiedliche maximale Förderhöhe der Bauformen.

- *Fristam* -Drehkolbenpumpe FL, Förderhöhe maximal 120 m
- *Fristam* -Kreiskolbenpumpe FK, Förderhöhe maximal 200 m
- *Fristam* -Kreiskolbenpumpe FKL, Förderhöhe maximal 250 m

Kreiskolbenpumpe FK

Die *Fristam*-Kreiskolbenpumpen werden mit sehr engen Toleranzen gefertigt. Dadurch können sie in der Saugleitung einen Unterdruck erzeugen. Durch den atmosphärischen Druck oder den Systemdruck wird das Produkt in die Pumpenkammern gedrückt.



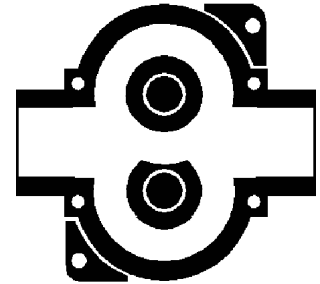
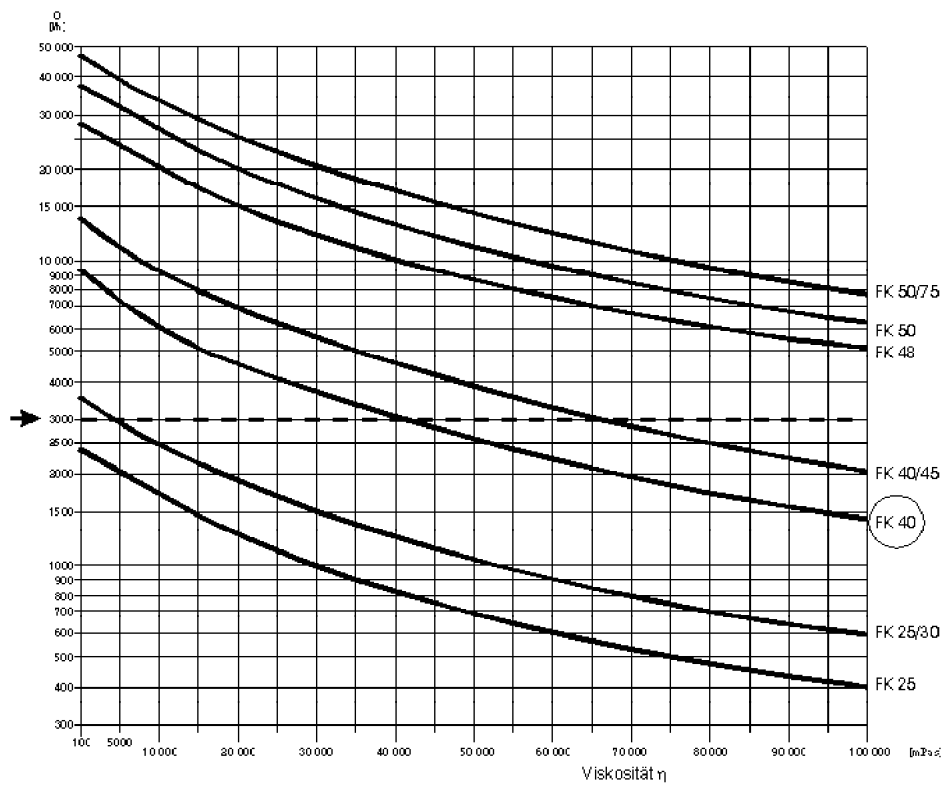
Beispiel:

Förderstrom $Q = 3000 \text{ l/h}$

Förderhöhe $H = 120 \text{ m}$

Typenauswahl

FK-Pumpen Auswahldiagramm



für
 Fall 1: Wasser
 Fall 2: 10 mPa s
 Fall 3: 10.000 mPa s

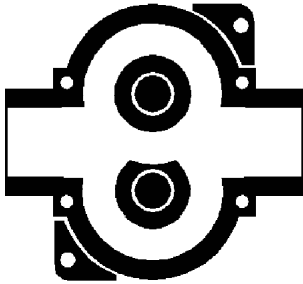
gewählt: FK 40

Verdrängerpumpen

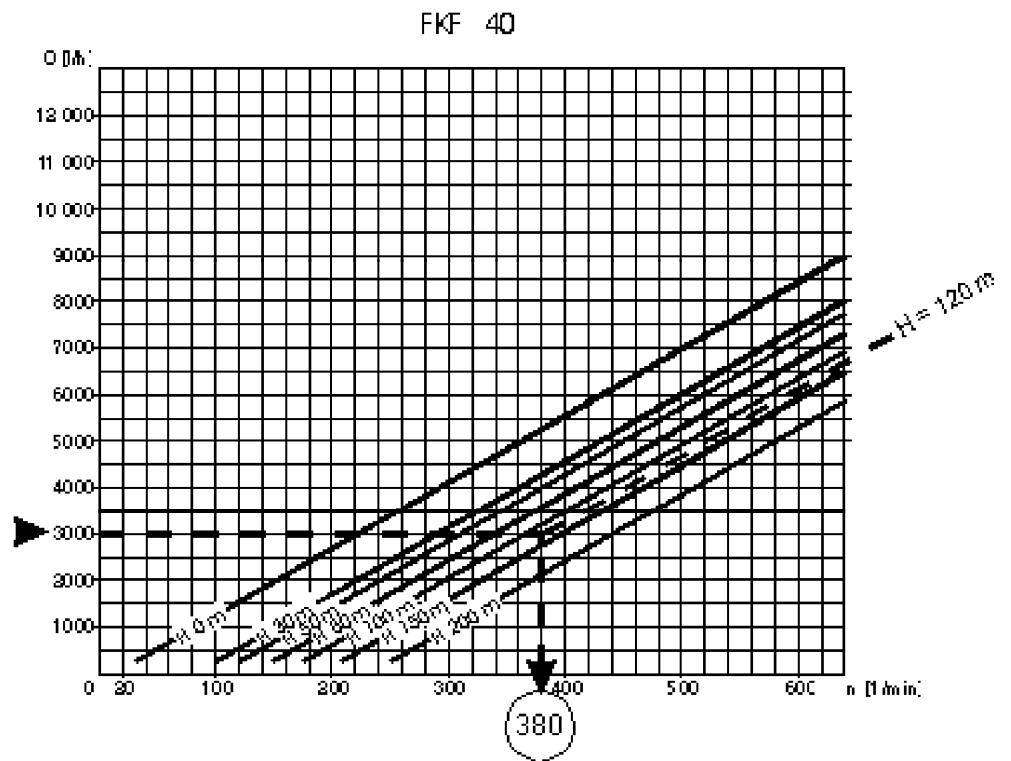
Fall 1: Viskosität
1 mPa s

Beispiel:

$Q = 3000 \text{ l/h}$
 $H = 120 \text{ m}$ $p = 12 \text{ bar}$
 $\mu = 1 \text{ mPa s}$



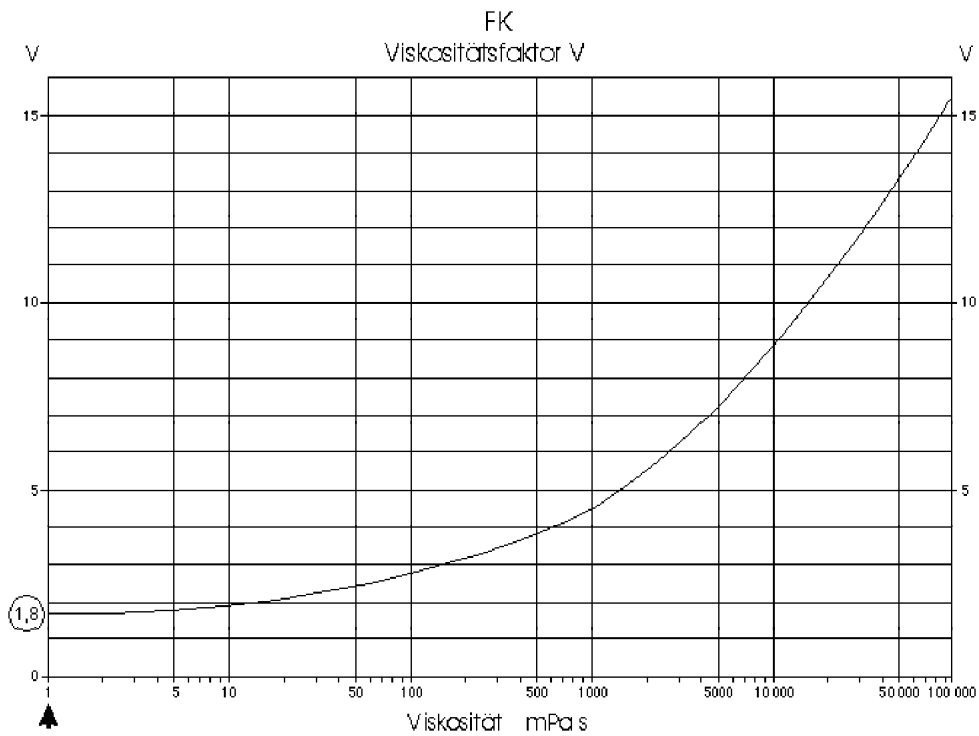
Schritt 1:
Drehzahl n [1/min] ablesen



Aus Diagramm: Drehzahl $n = 380$ 1/min

Schritt 2:
Viskositätsfaktor bestimmen

Fall 1: Viskosität
1 mPa s



Viskositätsfaktor $V = 1,8$

Verdrängerpumpen

Fall 1: Viskosität
1 mPa s

Schritt 3:

Erforderliche Leistung N [kW] des Pumpenantriebsmotors berechnen.

$$N = \frac{(2 \times p + V) \times n \times C}{1000}$$

p = Druck [bar]

V = Viskositätsfaktor

n = Drehzahl [1/min], aus Diagramm

C = Fördervolumen/Umdrehung [l/U]

FK	25	25/30	40	40/45	48	50	50/75
C	0,07	0,11	0,26	0,36	0,77	1,1	1,37

Beispiel:
$$N = \frac{(2 \times 12 + 1,8) \times 380 \times 0,26}{1000} = 2,5 \text{ kW}$$

Verdrängerpumpen

Beispiel:

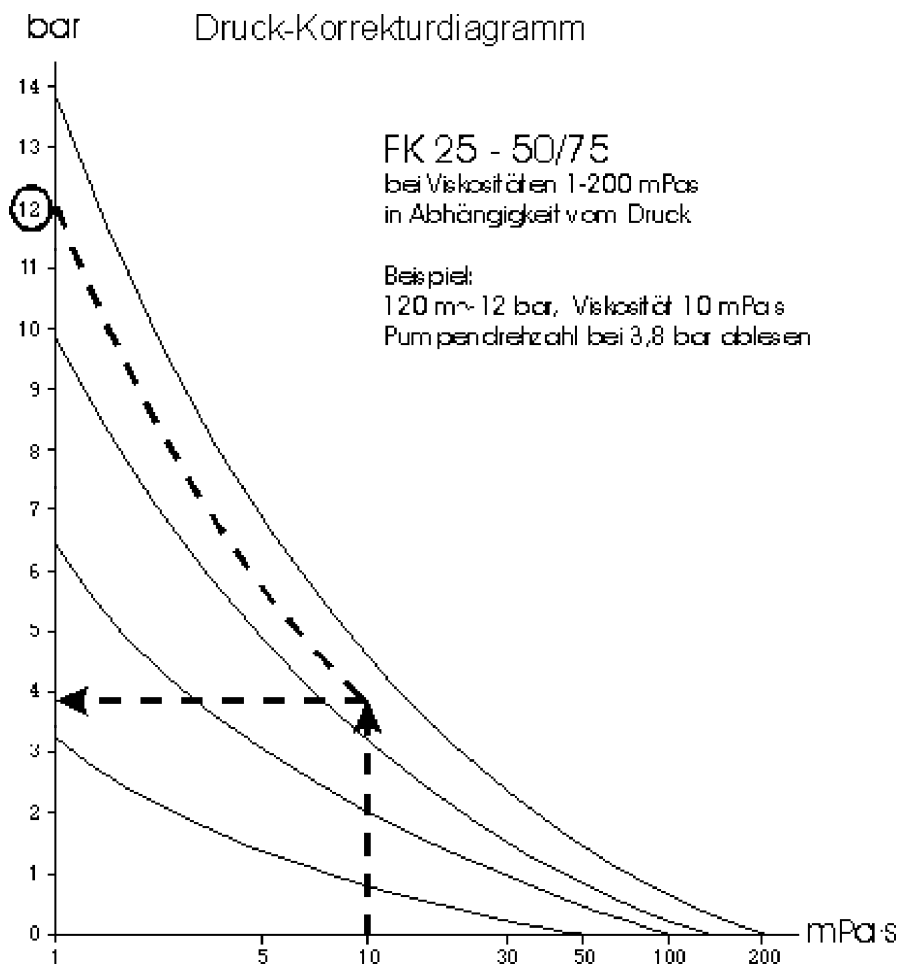
$Q = 3000 \text{ l/h}$

$H = 120 \text{ m}$ $p = 12 \text{ bar}$

$\eta = 10 \text{ mPa s}$

Schritt 1:

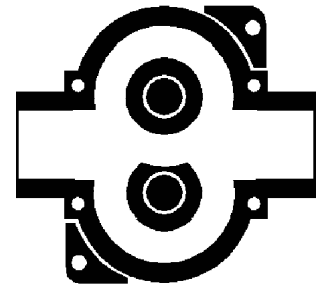
Drehzahlkorrektur vornehmen



Aus Diagramm: $p = 3,8 \text{ bar}$.

Bestimmen Sie nun mit diesem korrigierten Druck die notwendige Pumpendrehzahl.

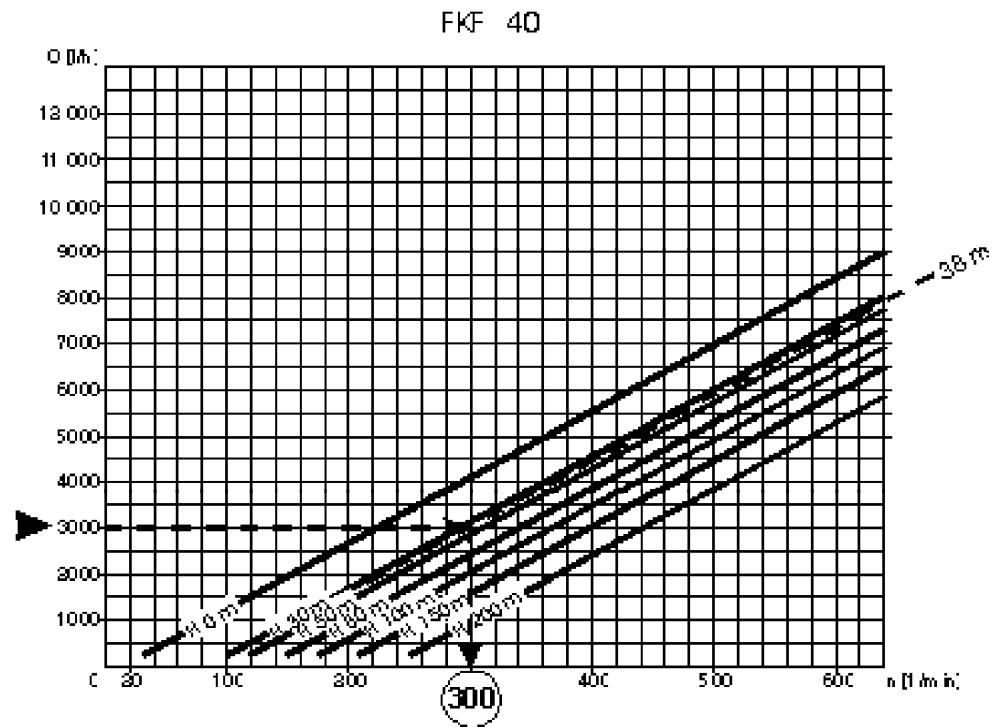
Fall 2: Viskoses
Fördergut
bis 200 mPa s



Verdrängerpumpen

Fall 2: Viskoses
Fördergut
bis 200 mPa s

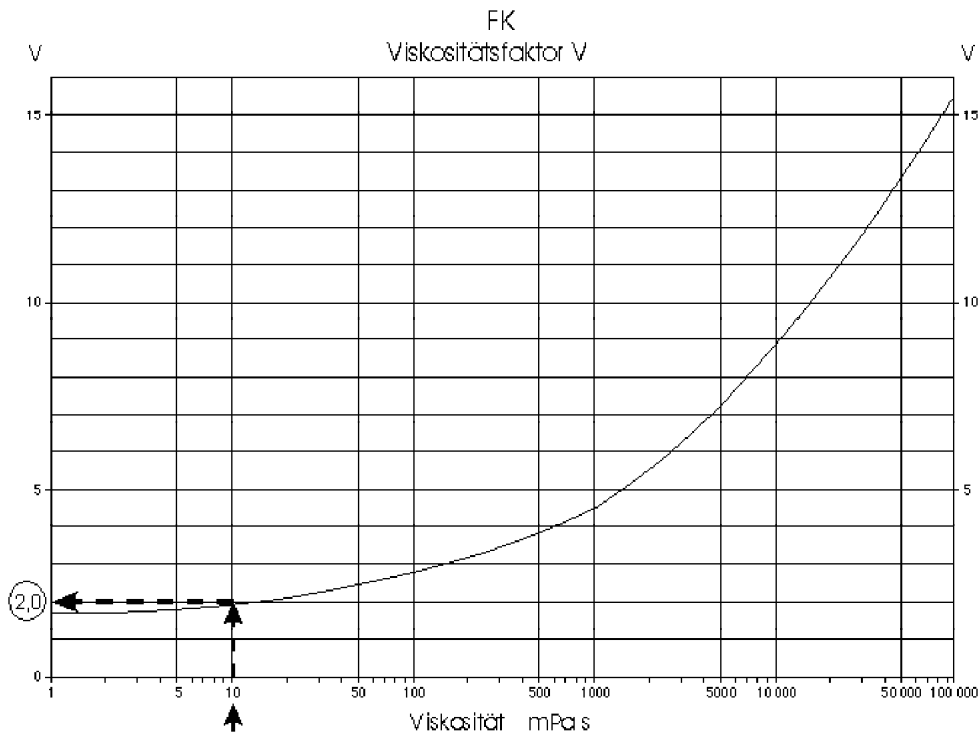
Schritt 2:
Drehzahl n [1/min] ablesen



Aus Diagramm: Drehzahl $n = 300$ 1/min

Schritt 3:
Viskositätsfaktor bestimmen

Fall 2: Viskoses
Fördergut
bis 200 mPa s



Aus Diagramm: Viskositätsfaktor $V = 2,0$

Verdrängerpumpen

Fall 2: Viskoses
Fördergut
bis 200 mPa s

Schritt 4:

Erforderliche Leistung N [kW] des Pumpenantriebsmotors berechnen.

$$N = \frac{(2 \times p \times V) \times n \times C}{1000}$$

p = Druck in bar H/10

V = Viskositätsfaktor

n = Drehzahl bei H = 38 m

C = Fördervolumen/Umdrehung

FK	25	25/30	40	40/45	48	50	50/75
C	0,07	0,11	0,26	0,36	0,77	1,1	1,37

Beispiel :

$$N = \frac{(2 \times 12 + 2) \times 300 \times 0,26}{1000} = 2,03 \text{ kW}$$

Verdrängerpumpen

Beispiel:

$Q = 3000 \text{ l/h}$

$H = 120 \text{ m}$ $p = 12 \text{ bar}$

$= 10.000 \text{ mPa s}$

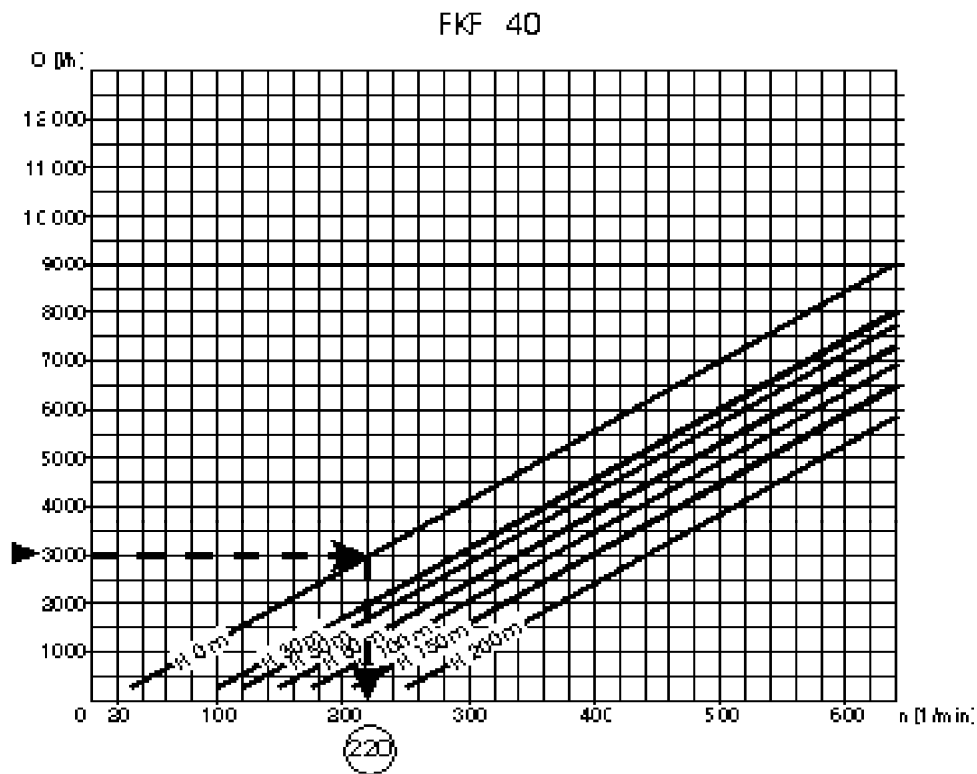
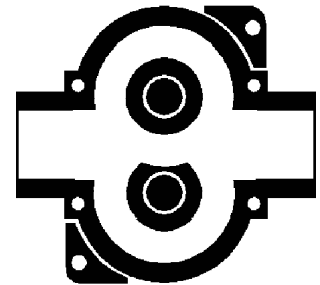
Fall 3: Viskoses

Fördergut

$= 200\text{--}100.000 \text{ mPa s}$

Schritt 1:

Drehzahl bei $H = 0$ ablesen, da $> 200 \text{ mPa s}$

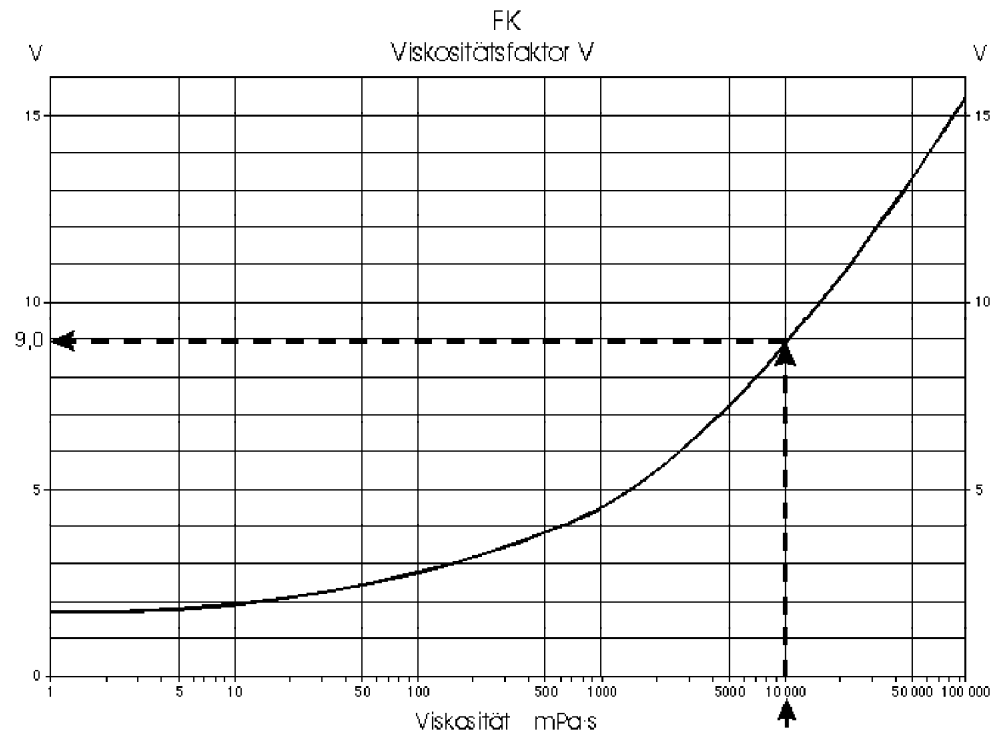


Aus Diagramm: $n = 220 \text{ 1/min}$

Verdrängerpumpen

Fall 3: Viskoses
Fördergut
= 200–100.000 mPa s

Schritt 2:
Viskositätsfaktor V ablesen.



Aus Diagramm: $V = 9,0$

Schritt 3:

Erforderliche Leistung N [kW] des Pumpenantriebsmotors berechnen.

$$N = \frac{(2 \times p + V) \times n \times C}{1000}$$

p = Druck [bar] H/10

V = Viskositätsfaktor

n = Drehzahl [1/min], aus Diagramm

C = Fördervolumen/Umdrehung [l/U]

Beispiel:

$$N = \frac{(2 \times 12 + 9,0) \times 220 \times 0,26}{1000} = 1,9 \text{ kW}$$

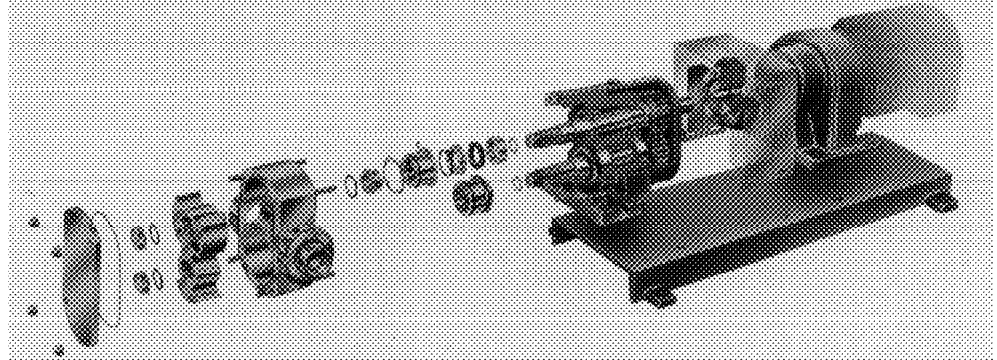
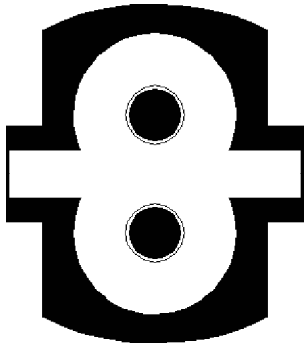
Fall 3: Viskoses

Fördergut

= 200–100.000 mPa s

Verdrängerpumpen

Drehkolbenpumpe FL



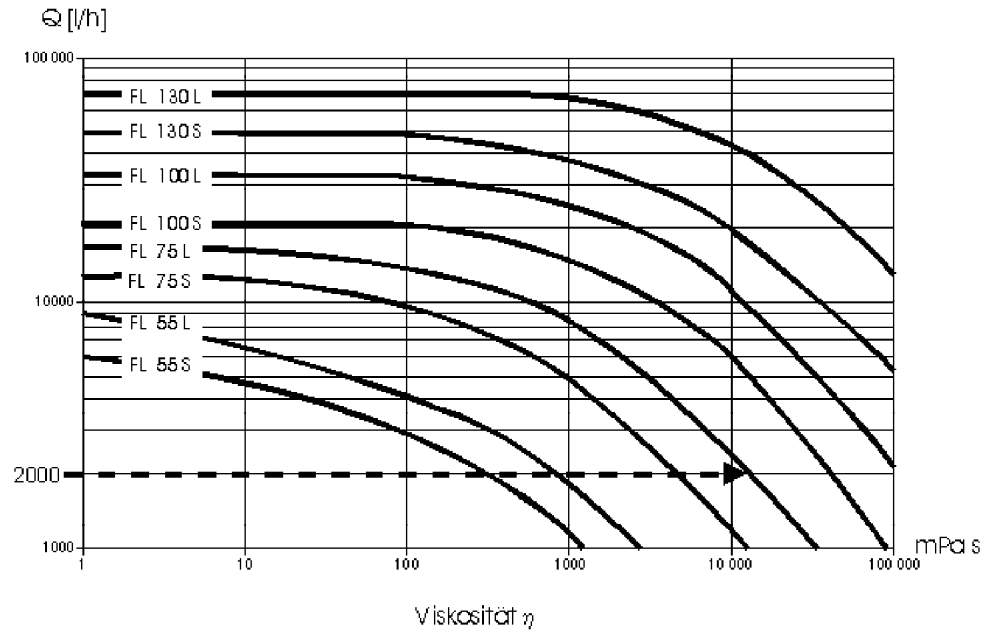
Beispiel:

Förderstrom $Q = 2000 \text{ l/h}$

Förderhöhe $H = 60 \text{ m}$

Typenauswahl

FL - Typen Auswahldiagramm



für Fall 1: Wasser

Fall 2: 10 mPa s

Fall 3: 10.000 mPa s

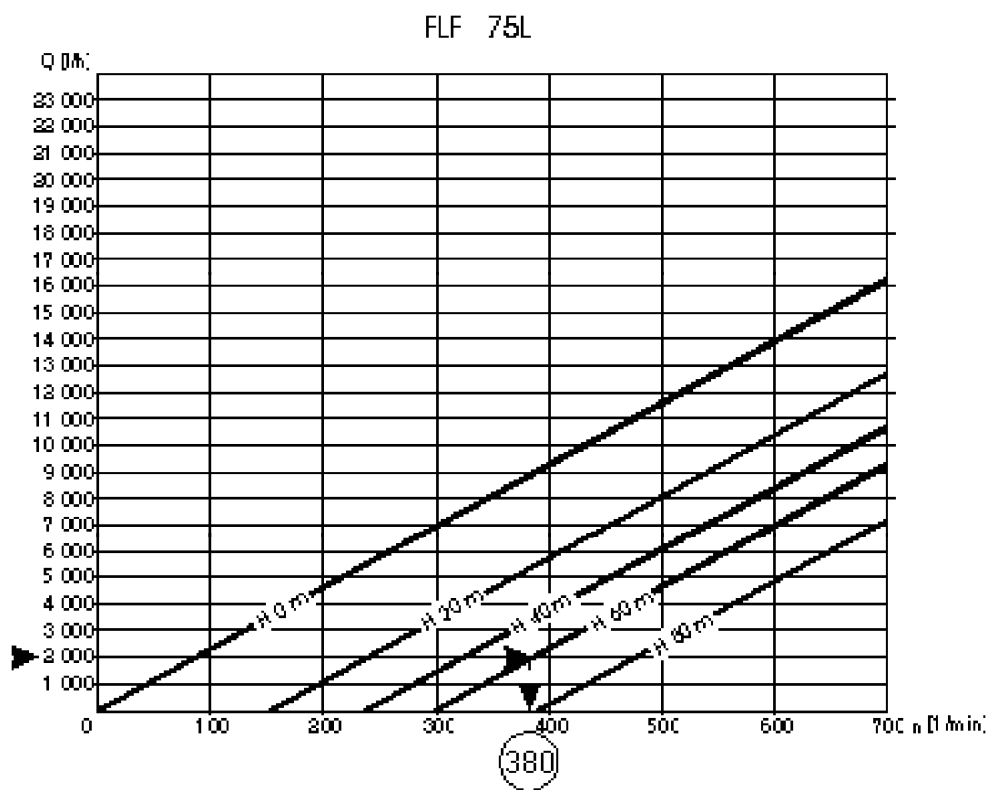
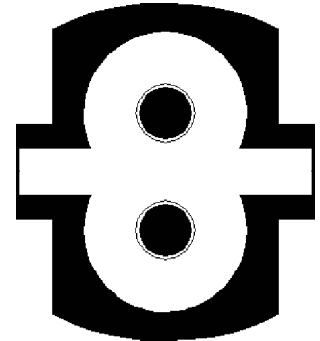
gewählt: FL 75 L

Verdrängerpumpen

Förderstrom $Q = 2000 \text{ l/h}$
Förderhöhe $H = 60 \text{ m}$
 $= 1 \text{ mPa s}$ (Wasser)

Fall 1: Viskosität
 1 mPa s

Schritt 1:
Drehzahl n [1/min] ablesen.

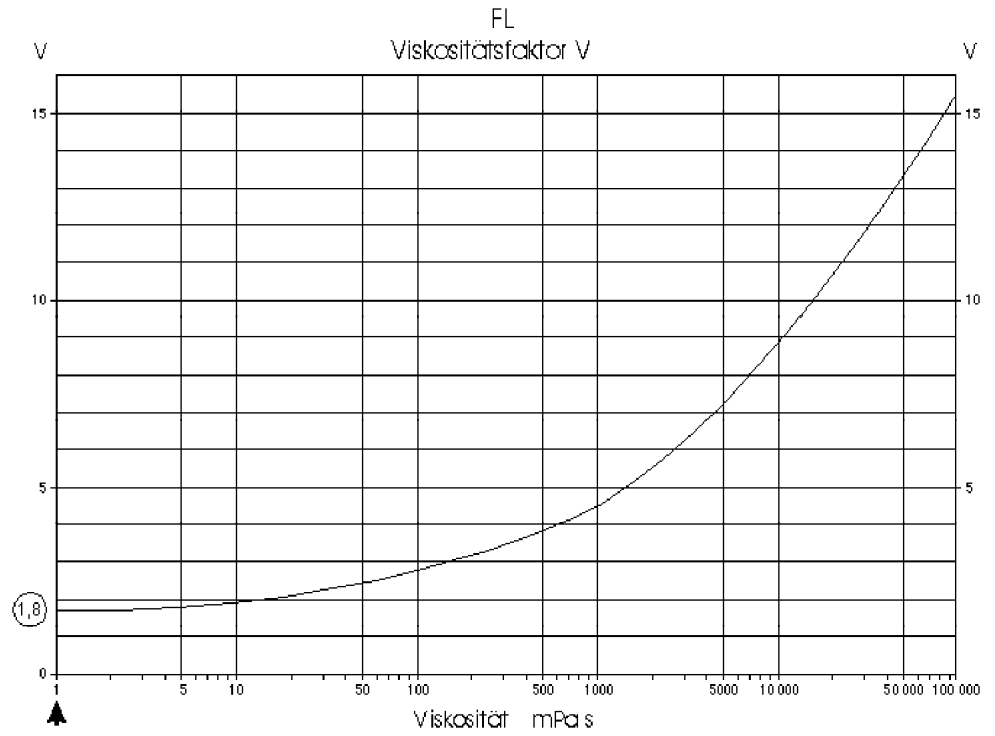


Aus Diagramm: Drehzahl $n = 380 \text{ 1/min}$

Verdrängerpumpen

Fall 1: Viskosität
1 mPa s

Schritt 2:
Viskositätsfaktor bestimmen



Aus Diagramm: Viskositätsfaktor $V = 1,8$

Schritt 3:

Erforderliche Leistung N [kW] des Pumpenantriebsmotors berechnen.

Fall 1: Viskosität
1 mPa s

$$N = \frac{(2 \times p \times V) \times n \times C}{1000}$$

p = Druck in bar H/10

V = Viskositätsfaktor

n = Drehzahl [1/min], aus Diagramm Seite 51

C = Fördervolumen/Umdrehung

FLF	55S	55L	75S	75L	100S	100L	130S	130L
C	0,106	0,152	0,283	0,389	0,69	1,07	1,80	2,54

Beispiel:

$$N = \frac{(2 \times 6 + 1,8) \times 380 \times 0,389}{1000} = 2,04 \text{ kW}$$

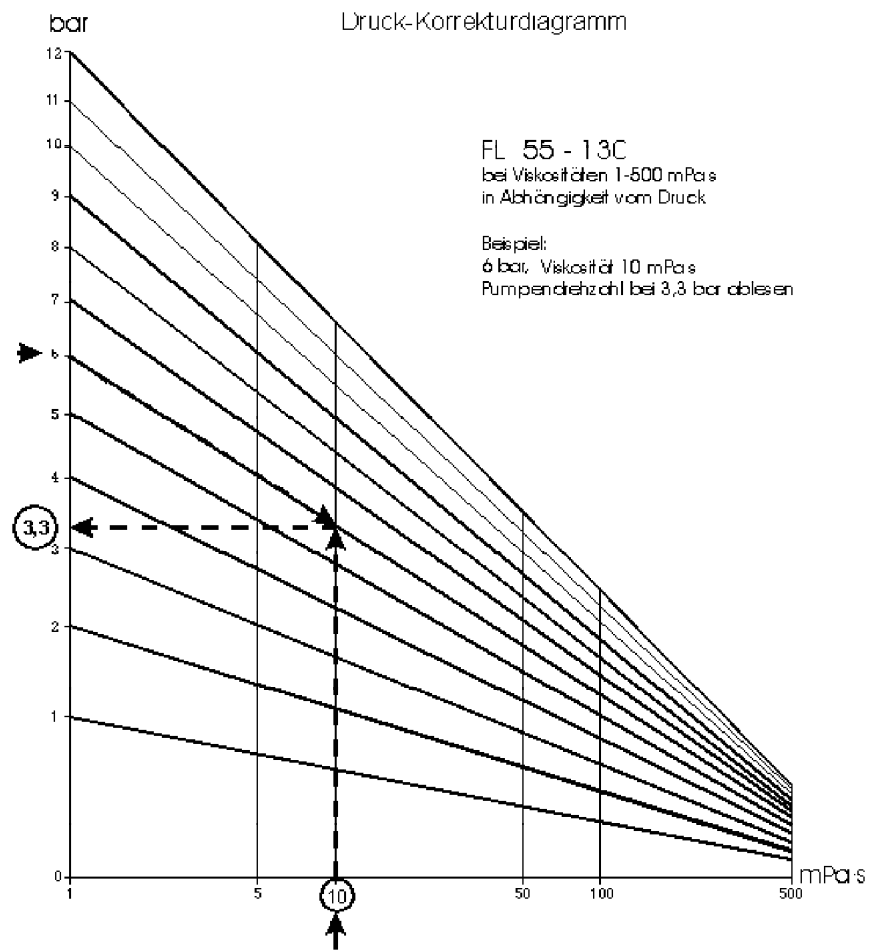
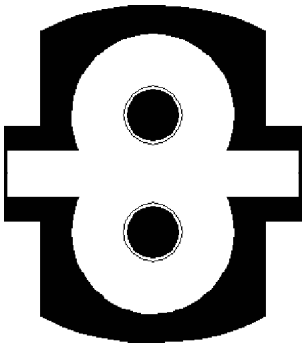
Verdrängerpumpen

Fall 2: Viskoses
Fördergut
bis 500 mPa s

Förderstrom $Q = 2000 \text{ l/h}$
Förderhöhe $H = 60 \text{ m}$
Viskosität $= 10 \text{ mPa s}$

Schritt 1:
Drehzahlkorrektur bestimmen

$H = 60 \text{ m}$ 6 bar

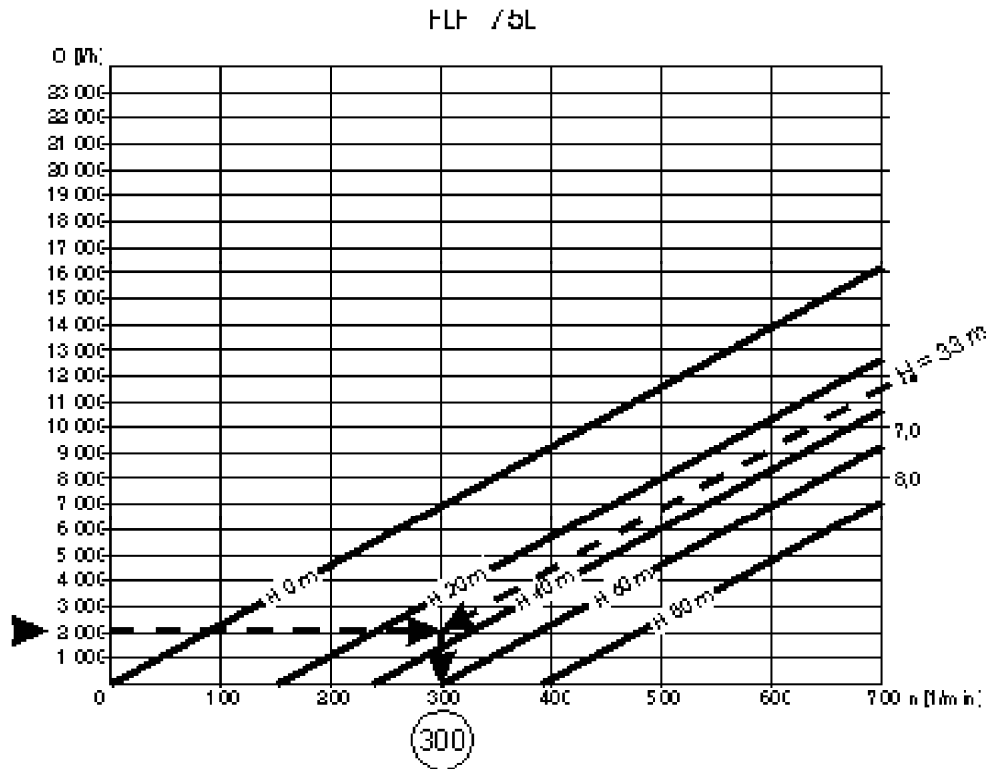


Drehzahl nun bei $H = 33 \text{ m}$ ablesen (entspricht $p = 3,3 \text{ bar}$)

Schritt 2:

Drehzahl ablesen bei $H = 33 \text{ m}$ ($p = 3,3 \text{ bar}$)

Fall 2: Viskoses
Fördergut
bis 500 mPa s

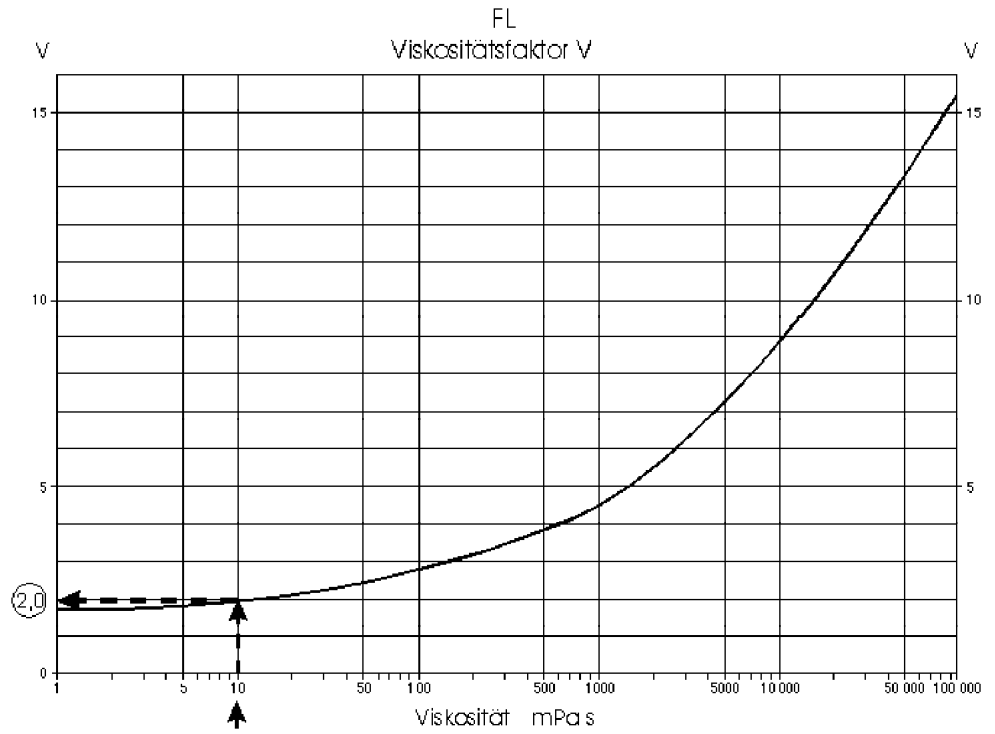


Aus Diagramm: Drehzahl $n = 300 \text{ 1/min}$

Verdrängerpumpen

Fall 2: Viskoses
Fördergut
bis 500 mPa s

Schritt 3:
Viskositätsfaktor bestimmen



Aus Diagramm: Viskositätsfaktor $V = 2,0$

Schritt 4:

Erforderliche Leistung N [kW] des Pumpenantriebsmotors berechnen.

$$N = \frac{(2 \times p \times V) \times n \times C}{1000}$$

p = Druck in bar H/10

V = Viskositätsfaktor

n = Drehzahl bei H = 33 m

C = Fördervolumen/Umdrehung

FLF	55S	55L	75S	75L	100S	100L	130S	130L
C	0,106	0,152	0,283	0,389	0,69	1,07	1,80	2,54

Beispiel :

$$N = \frac{(2 \times 6 + 2) \times 300 \times 0,389}{1000} = 1,63 \text{ kW}$$

Fall 2: Viskoses
Fördergut
bis 500 mPa s

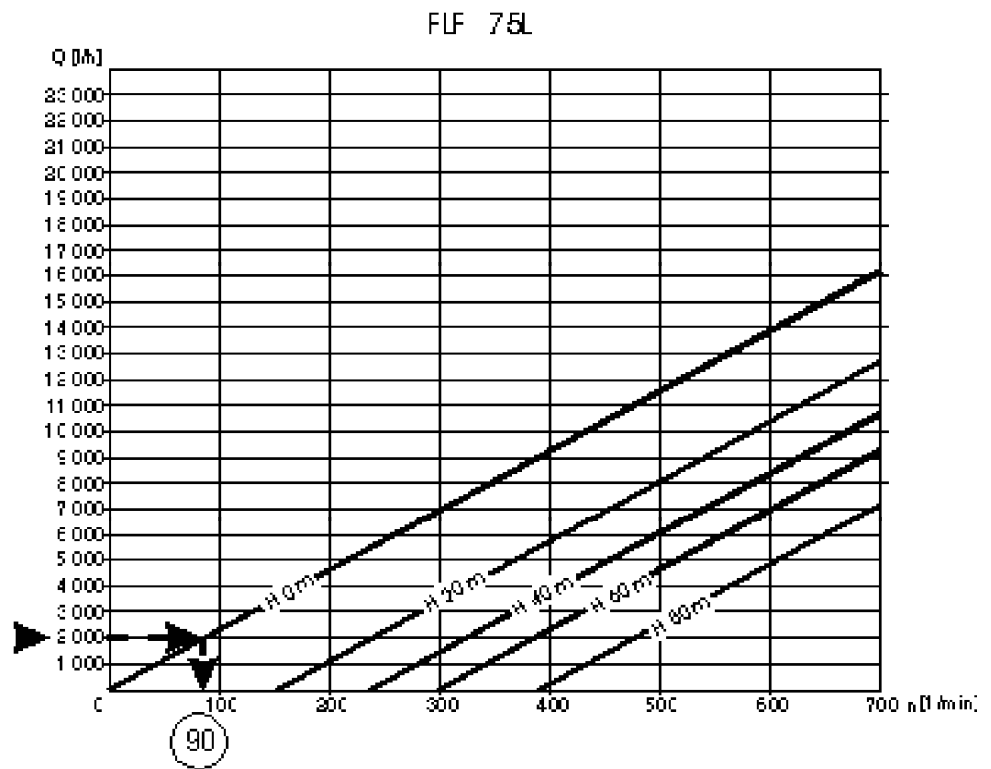
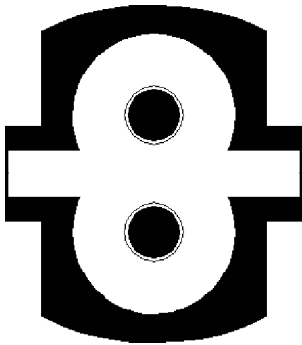
Verdrängerpumpen

Fall 3: Viskoses
Fördergut
= 500–100.000 mPa s

Förderstrom $Q = 2000 \text{ l/h}$
Förderhöhe $H = 60 \text{ m (} 6 \text{ bar)}$
Viskosität $= 10.000 \text{ mPa s}$

Schritt 1:

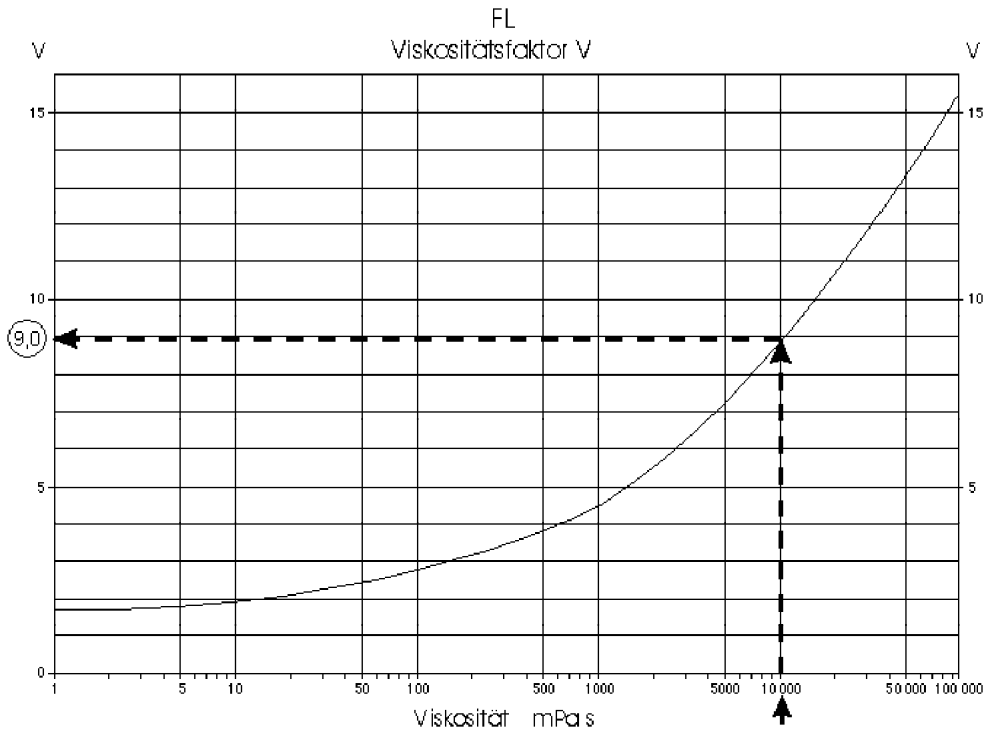
Drehzahl ablesen bei $H = 0 \text{ m}$, da $> 500 \text{ mPa s}$



Aus Diagramm: $n = 90 \text{ 1/min}$

Schritt 2:
Viskositätsfaktor bestimmen

Fall 3: Viskoses
Fördergut
= 500–100.000 mPa s



Viskositätsfaktor $V = 9,0$

Verdrängerpumpen

Fall 3: Viskoses
Fördergut
= 500–100.000 mPa s

Schritt 3:
Erforderliche Leistung N [kW] berechnen.

$$N = \frac{(2 \times p \times V) \times n \times C}{1000}$$

p = Druck in bar H/10

V = Viskositätsfaktor

n = Drehzahl bei H = 0

C = Fördervolumen/Umdrehung

FLF	55S	55L	75S	75L	100S	100L	130S	130L
C	0,106	0,152	0,283	0,389	0,69	1,07	1,80	2,54

Beispiel :

$$N = \frac{(2 \times 6 + 9) \times 90 \times 0,389}{1000} = 0,74 \text{ kW}$$

Auswahl der Gleitringdichtung

Gleitringdichtungen haben die Aufgabe, rotierende Maschinenteile (Pumpenwelle) gegen nicht rotierende Teile (Pumpengehäuse) abzudichten.

Es gibt zwei Arten von Gleitringdichtungen:

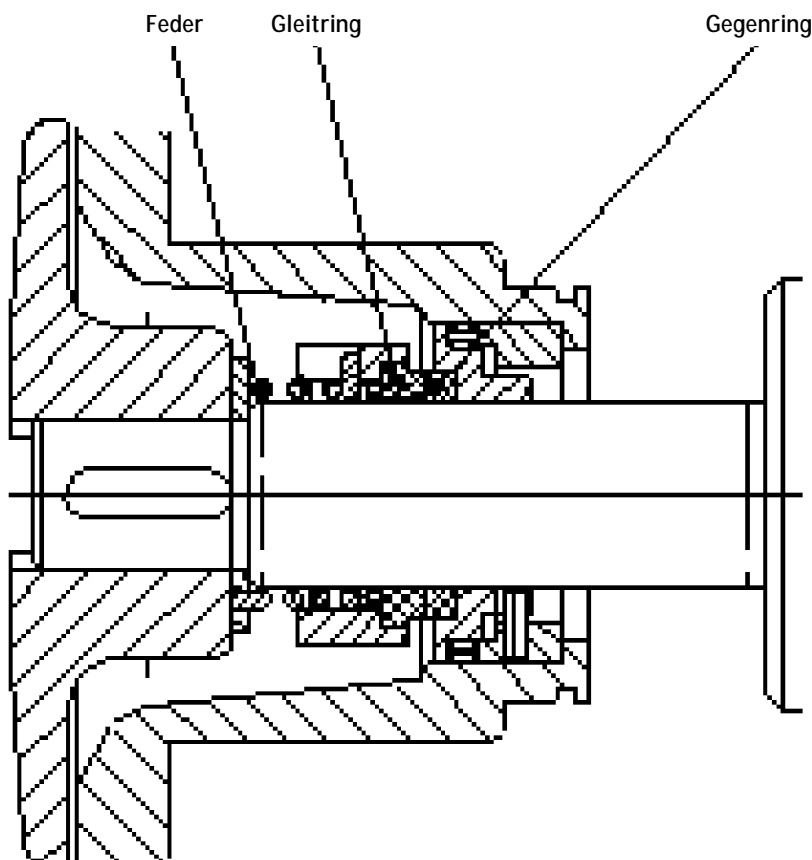
- einfach wirkende GLRD
- doppelt wirkende GLRD

Kennzeichen der GLRD sind zwei aufeinander gleitende Flächen, die durch Federkraft gegeneinander gedrückt werden. Zwischen den Gleitflächen befindet sich ein Flüssigkeitsfilm, der vom Produkt gebildet wird.

Dieser Flüssigkeitsfilm bewirkt, daß sich der Gleitring und der Gegenring nicht berühren. Ist dieser Flüssigkeitsfilm nicht vorhanden, entsteht Reibungswärme, welche die GLRD zerstört (Trockenlauf der Pumpe).

Gleitringdichtung
(GLRD)

Einfach wirkende
GLRD



Auswahl der Gleitringdichtung

Die Feder liegt im Produkt. Der Druck im Pumpeninnenraum wirkt zusätzlich zur Feder auf die Gleitringe.

Aus diesem Grund werden normale GLRD nur bei Drücken bis 10 bar eingesetzt. Bei höheren Drücken kommen druckentlastete GLRD zum Einsatz.

Doppelt wirkende GLRD

Hierbei werden GLRD hintereinander angeordnet. Die innenliegende Dichtung arbeitet als Einzeldichtung und wird direkt vom Medium beaufschlagt. Die zweite, außenliegende Dichtung wird mit einer Flüssigkeit beaufschlagt.

Die doppelt wirkende GLRD wird bei *Fristam* -Pumpen in zwei Anordnungen ausgeführt:

- Back to Back
- Face to Face

Diese GLRD-Ausführungen gelangen zum Einsatz,

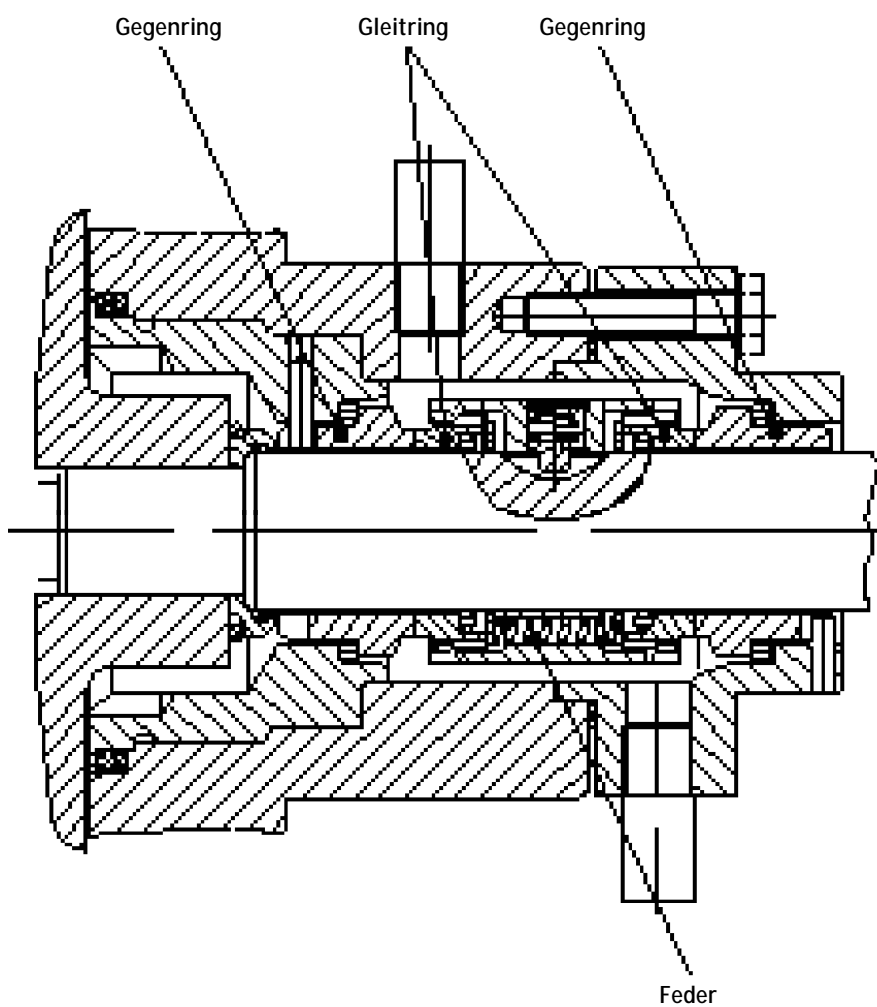
- wenn keine Leckage des Fördermediums aus der Maschine austreten darf,
- bei sehr aggressiven Medien unter hohem Druck und bei hohen Temperaturen,
- bei vielen polymerisierenden, klebenden und zu Ablagerungen neigenden Medien.

Auswahl der Gleitringdichtung

Zwei rotierende Gleitringe werden rückseitig gegeneinander zu einer doppelt wirkenden GLRD angeordnet. Hier wird der Schmierfilm vom Sperrmedium aufgebaut.

„Back to Back“ Anordnung

Der Sperrdruck bei der „Back to Back“ Anordnung sollte 1,5 bis 2,0 bar über dem Druck an der GLRD liegen.

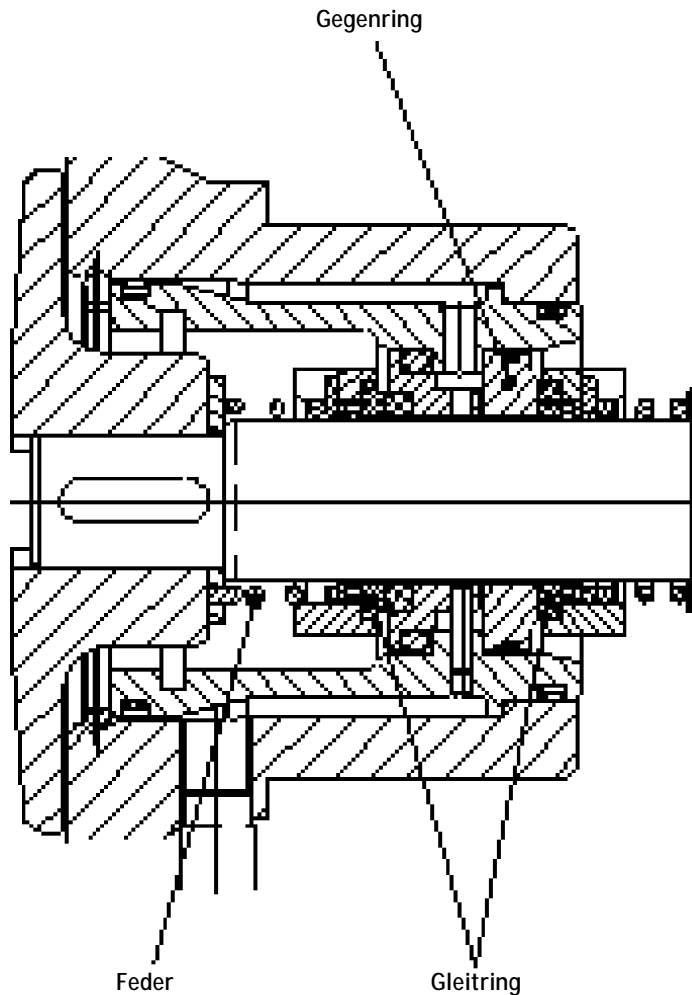


GLRD in „Back to Back“ Anordnung werden hauptsächlich in der chemischen Industrie verwendet. Bei Leckagen der Produkt-GLRD gelangt die Sperrflüssigkeit ins Produkt.

Auswahl der Gleitringdichtung

„Face to Face“ Anordnung

Kennzeichnend sind die einander zugewandten Gleitflächen der beiden befederten Gleitringe, die gegen einen oder zwei Gegenring(e) laufen.



Hauptsächliches Einsatzgebiet für GLRD in „Face to Face“-Anordnung ist die Lebensmittelindustrie, besonders bei Produkten, die zum Verkleben neigen. Es wird mit geringen Sperrdrücken (0,2 bar) gearbeitet. Bei undichter Produkt-GLRD gelangt Produkt in die Sperrflüssigkeit.

Bei höheren Produkttemperaturen kühlt die Sperrflüssigkeit die Produkt-GLRD.

Fristam -Pumpen verfügt über eine langjährige Erfahrung im Bau von GLRD. Für jeden Anwendungsfall stellt *Fristam* -Pumpen eine optimale GLRD zur Verfügung.

GLRD Bauformen

Darüber hinaus können Standard-GLRD nach DIN 24 960 problemlos eingebaut werden.

Gleitwerkstoffe

Material	Eigenschaften
1. Kohlen	
Kunstharz, imprägniert	Gute Notlauf Eigenschaften, hohe Temperaturbeständigkeit. Chemische Beständigkeit muß geprüft werden.
2. Metalle	
Chrom-Nickel-Molybdän	Gute chemische Beständigkeit.
3. Metallkarbide	
3.1 Wolframkarbid	Keine gute Wärmeleitfähigkeit, aber große Härte und Verschleißfestigkeit.
3.2 Siliziumkarbid	Größere Härte als Wolframkarbid, außerordentliche chemische Beständigkeit, gute Notlauf Eigenschaften und Wärmeleitfähigkeit, aber sehr spröde.
4. Metalloxide	
	Hochwertiges Aluminiumoxid, hohe Verschleißfestigkeit, chemisch weitgehend beständig, schlechte Wärmeleitfähigkeit, temperaturschockempfindlich

Auswahl der Gleitringdichtung

Nebendichtungen

Material	Temperaturbereich	Eigenschaften
1. Perbunan	- 30 bis + 100°C	Beständig gegen Wasser, Dampf, mineralische und pflanzliche Fette und Öle, Alkohol, Salzlösungen. Nicht beständig gegen aromatische und chlorische Kohlenwasserstoffe, Säuren und Laugen.
2. EP-Kautschuk	- 50 bis + 150°C	Gute thermische Eigenschaften, Einsatzbereich bei alkoholischen Lösungen, verdünnten Säuren, sowie konzentrierten Laugen. Nicht beständig gegen mineralische und pflanzliche Fette und Öle, sowie Kohlenwasserstoffe.
3. Viton (FKM)	- 25 bis + 200°C	Gute thermische Beständigkeit, beständig gegen Wasser, Dampf, mineralische und pflanzliche Fette und Öle, Alkohol, Säuren und Laugen, Salzlösungen. Nicht beständig bei Ketonen wie Aceton und Ester.
4. PTFE	- 20 bis + 200°C	Beste chemische und thermische Beständigkeit gegen alle aggressiven Flüssigkeiten, Elastizität gewährleistet durch Einsatz von Viton-Kautschuk oder EP-Kernmaterial.

Reinigung der Pumpe

Das Fördern hygienisch einwandfreier und qualitativ hochwertiger Flüssigkeiten setzt absolut saubere Pumpen voraus. Sie müssen am Ende einer Produktion sofort gereinigt werden und zu Beginn einer erneuten Produktionsphase absolut sauber und frei von Keimen sein.

Reinigung bezeichnet den Vorgang, bei dem die Oberflächen vollständig von anhaftendem Produkt, Ablagerungen, etc. befreit werden. Eine sorgfältig gereinigte Oberfläche ist frei von sichtbarem, fühlbarem oder chemisch nachweisbarem Rückstand einer Verschmutzung.

Reinigung

Standardmäßig wird in Anlagen die CIP - (Cleaning in Place) - Reinigung angewendet, d.h. die Anlagen werden ohne Demontage im Kreis- oder Durchlaufverfahren gereinigt.

CIP

In der Lebensmittelindustrie sind beispielsweise folgende Schritte nötig:

- Wasservorspülung
- Laugenspülung
- Wasserzischenspülung
- Säurespülung
- Wasserklarspülung

Grundvoraussetzung der CIP-Reinigung von Rohrleitungen ist eine Fließgeschwindigkeit von mindestens 2 m/s. Es muß turbulente Strömung vorliegen.

CIP-Reinigung der Anlage

Viskose Produkte werden häufig mit Verdrängerpumpen bei niedrigen Fließgeschwindigkeiten gepumpt. Damit die für die CIP-Reinigung notwendigen Fließgeschwindigkeiten erreicht werden, ist der Einbau von zusätzlichen Reinigungspumpen, z.B. Kreiselpumpen, erforderlich.

Fristam -Pumpen sind voll CIP-fähig. Sie zeichnen sich aus durch:

- geschweißte und geschliffene Verbindungen
- gerundete Kanten und Ecken
- fließende Übergänge
- keine engen Spalten und Toträume
- umspülte O-Ringe im Pumpenraum
- glatte, porenfreie Oberflächen mit geringer Rauhtiefe

CIP-gerechte Kon- struktion

Reinigung der Pumpe

SIP Bei sehr sensiblen Produkten kann die Anlage nach der CIP-Reinigung noch sterilisiert (SIP = Sterilisation in Place) werden, um eventuell vorhandene Mikroorganismen zu inaktivieren.

Die Sterilisation kann mit chemischen Mitteln durchgeführt werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Sterilisation mit Dampf oder Heißwasser. In der Molkereitechnik beträgt die Sterilisationstemperatur ca. 145° C.

Maßeinheiten und Umrechnungen

Maßeinheiten

Begriff	Formelzeichen	praxisübliche Einheit	kohärente Einheit
Förderstrom	Q	m ³ /t	l/t
Förderhöhe	H	m	m
NPSH-Wert	NPSH	m	m
Antriebsleistung	P	kW	Nm/s
Pumpenwirkungsgrad	η	%	-
Drehzahl	n	1/min	1/s
Druck	p	Pa	N/m ²
Dichte	ρ	kg/dm ³	kg/m ³
Strömungsgeschwindigkeit	v	m/s	m/s
örtliche Fallbeschleunigung	g	m/s ²	m/s ²

Verwendete Indizes:

- geo = geodätische Höhe
- S = Saugseite
- D = Druckseite
- E = Eintrittsquerschnitt der Anlage
- A = Austrittsquerschnitt der Anlage
- V = Verlust

Umrechnungen

Begriff	Einheit	
Druck p	Pascal	Pa, 100 kPa=1 bar
Förderhöhe H	Meter	1 m = 0,1 bar *)
Dynamische Viskosität	mPa s	1 mPa s = 1 cP

*) gilt nur für Wasser

Stichwortverzeichnis

Auswahl des Pumpentyps	19
Blendenberechnung	21
Dampfdruck	25
Drosselung des Förderstromes	21
Druckverlust durch Armaturen und Formstücke	17
Fließverhalten von Flüssigkeiten	10
Förderhöhe	8
Förderleistung	8
Förderstrom	8
Gleitringdichtung doppeltwirkend	62
Gleitringdichtung einfachwirkend	61
Kavitation	24
Korrektur des Laufraddurchmessers	22
Kreiselpumpen, Auswahlkriterien	27
Kreiselpumpen, Baugrößenauswahl	28, 32
Kreiselpumpe, Charakteristik	20
Kreiselpumpen hintereinander geschaltet	24
Kreiselpumpen parallel geschaltet	23
Kreiselpumpe, Q/H-Kennlinie	20
Kreiselpumpe, Wirkungsgrad	30
Kreiselpumpenbauformen	26
Laminare Strömung	12
Maßeinheiten	69
Motorleistung des Pumpenantriebes	30, 33, 42, 46, 49, 53, 57, 60
NPSH-Wert	14
NPSH-Wert der Anlage	14
NPSH-Wert der Pumpe	14
Pumpendrehzahl, Regelung	23, 36
Q/H-Kennlinie Kreiselpumpe	20
Reynoldszahl	13
Strömungsarten	12
Turbulente Strömung	12
Umrechnungen	69
Verdrängerpumpe, Charakteristik	35
Verdrängerpumpe, Funktionsschema	35
Verluste an Förderhöhe in geraden Rohrleitungen	16
Viskosität	9
Viskosität des Fördermediums	36
Wirkungsgrad der Kreiselpumpe	30