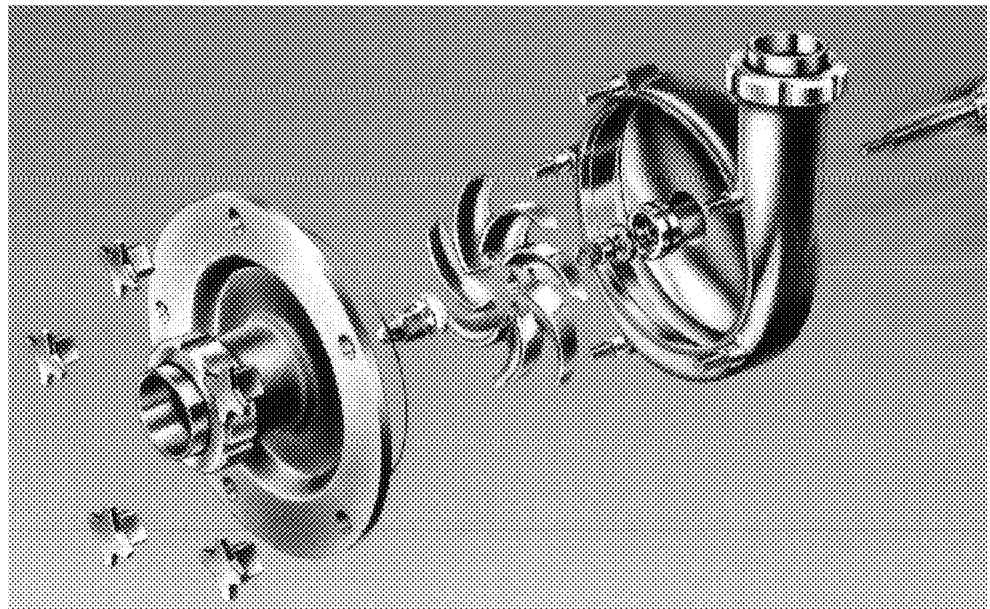


# Kreiselpumpen

## Charakteristik einer Kreiselpumpe

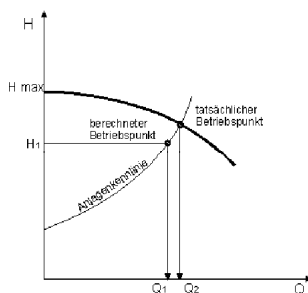
Kreiselpumpen sind Strömungsmaschinen zur Energieerhöhung in einem rotierenden Laufrad. Man spricht auch vom hydrodynamischen Förderprinzip.

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.

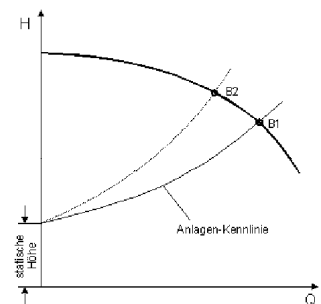
Hinweis: Drosseln verschlechtert den Gesamtwirkungsgrad.

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.

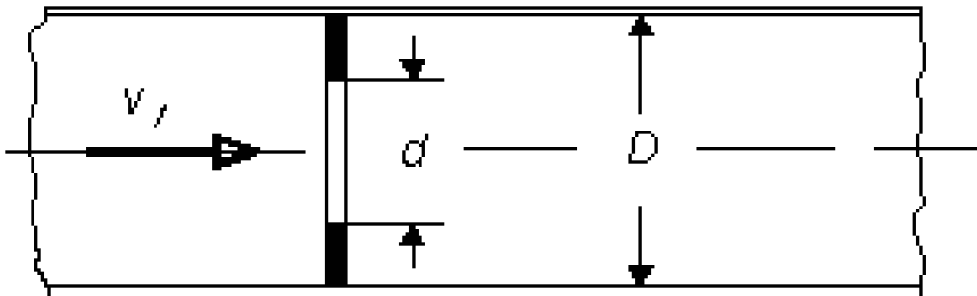
Der bleibende Druckverlust in einer Blende kann vereinfacht berechnet werden:

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

## Drosselung des Förderstromes



## Blendenberechnung



# Kreiselpumpen

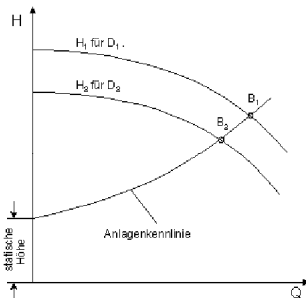
Die  $\zeta$ -Werte können aus der untenstehenden Tabelle entnommen werden.

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

Rechengang:

- Wert für  $d$  annehmen, aus Tabelle  $\zeta$  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

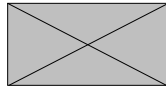
**Hinweis:** Der Wirkungsgrad der Pumpe verschlechtert sich um so mehr, je stärker korrigiert wird.

## Kreiselpumpen

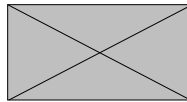
Durch Verändern der Pumpendrehzahl mit einem regelbaren Getriebe oder Frequenzumrichter können stufenlos eine Vielzahl unterschiedlicher Betriebspunkte angefahren werden. Der Betriebspunkt verändert sich auf der Pumpenkennlinie von B1 in Richtung B2.

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.

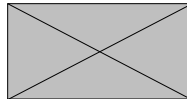
Die Fördermenge ändert sich linear zur Drehzahl.



Die Förderhöhe ändert sich mit dem Quadrat der Drehzahl.

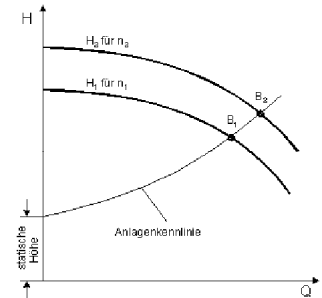


Die Antriebsleistung ändert sich mit der dritten Potenz der Drehzahl.

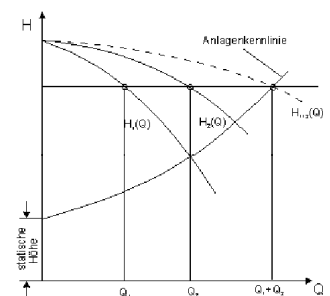


Bei der Parallelschaltung von Pumpen addieren sich die Förderströme bei der entsprechenden Förderhöhe. Dies gilt sowohl für Pumpen mit gleicher als auch für Pumpen mit ungleicher Q/H-Kennlinie.

## Regelung der Pumpendrehzahl

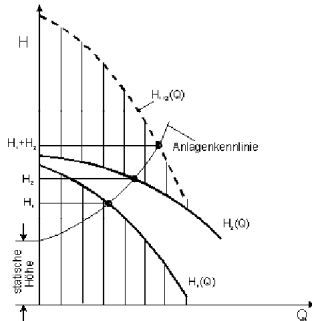


## Pumpen parallel geschaltet



# 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

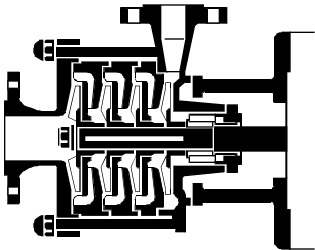
## Kreiselpumpen- bauformen



Das *Fristam*- Kreiselpumpenprogramm umfaßt folgende Bauarten:

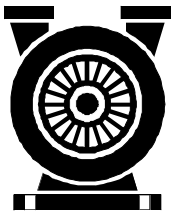
- *Fristam* -Kreiselpumpe FP

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,

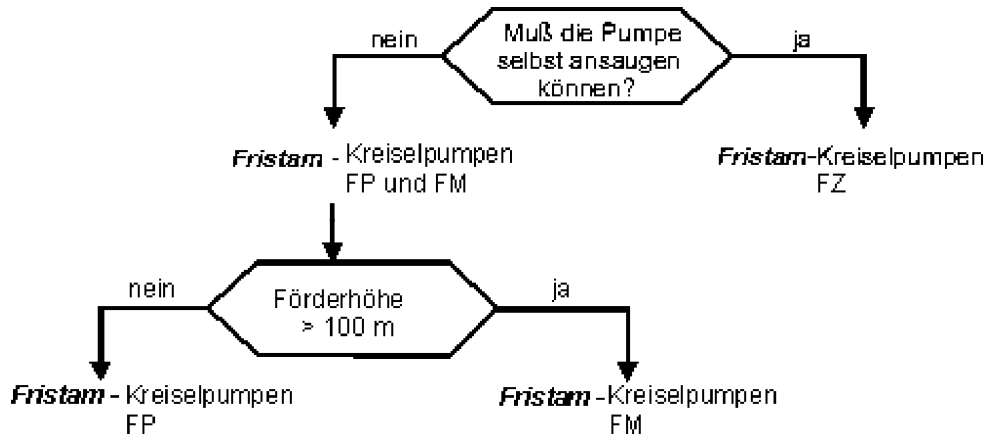
Die Kreiselpumpe FM ist eine Mehrstufenpumpe. Sie ist speziell zur Erzeugung großer Förderhöhen entwickelt worden. Die Kreiselpumpe FM kann unter drucktechnisch besonders erschwerten Bedingungen eingesetzt werden, wie z.B. Beschickung von Filtern, Erhitzen und Füllern, Einspeisung, Umwälzung und Druckerhöhung 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  $Q_A = 90 \text{ m}^3/\text{h}$

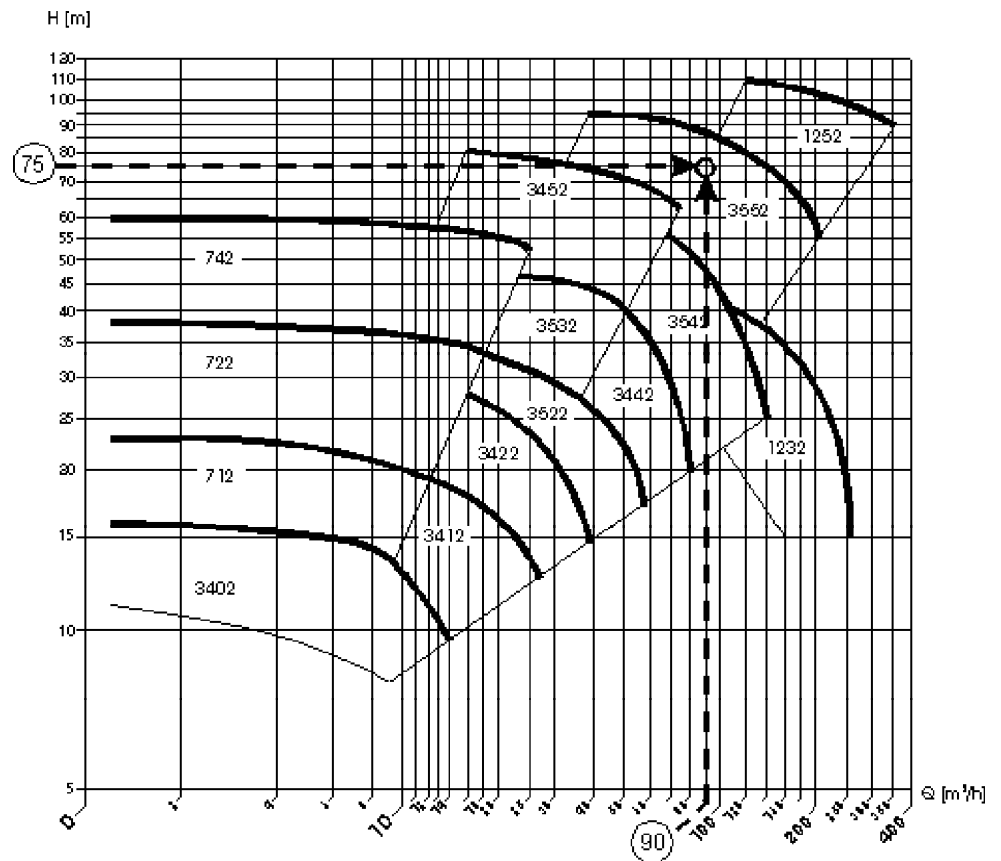
Förderhöhe  $H_A = 75 \text{ m}$

Schritt 1:

Bestimmen Sie die Baugröße der Pumpe.

## FP-Baugrößen

## Baugrößenübersicht



Gewählt: Pumpenbaugröße: FP 3552

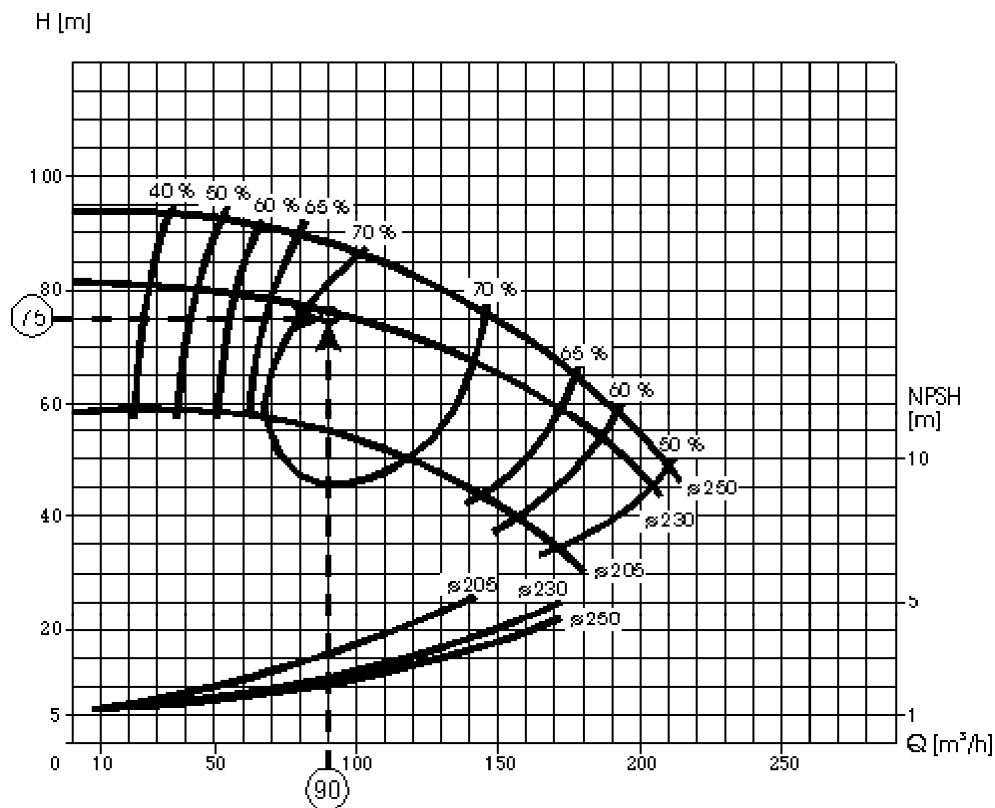
## Schritt 2:

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

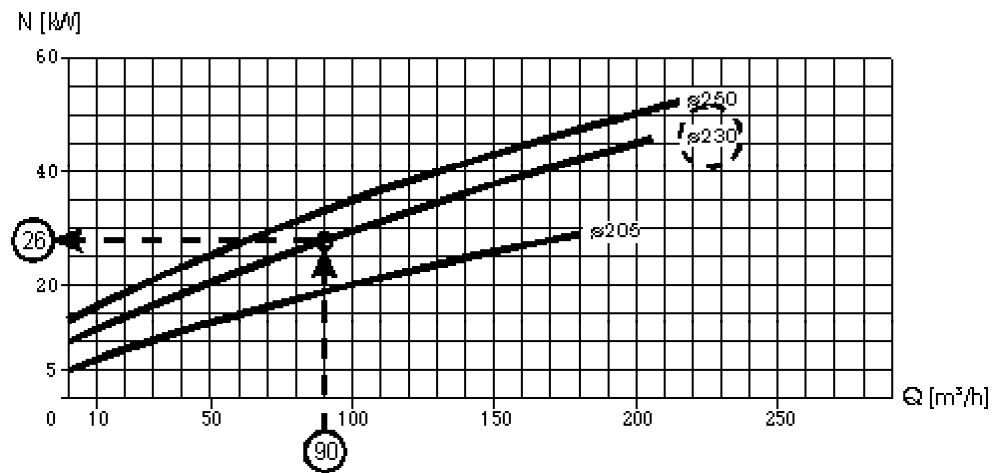
# Kreiselpumpen

## 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 [m<sup>3</sup>/h]  
 H [m]  
 N [kW]  
 ρ [kg/dm<sup>3</sup>]

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

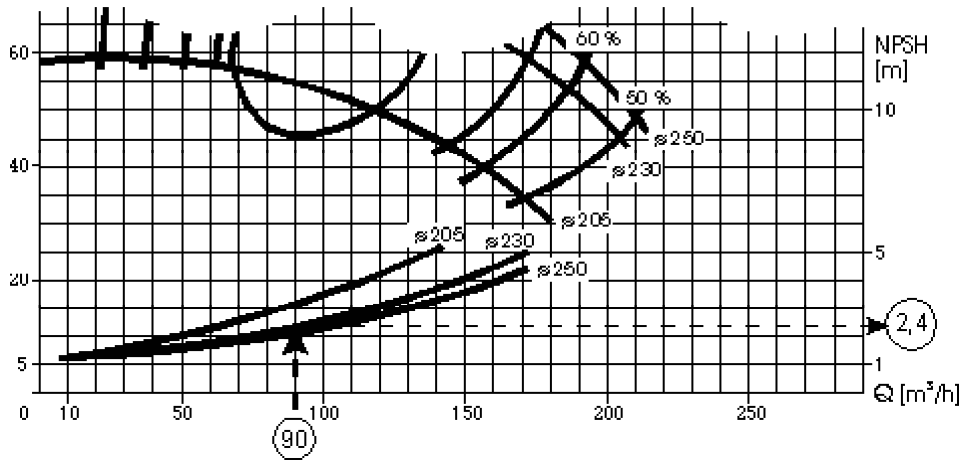
wasser 1 kg/dm<sup>3</sup>

$$0,7 \quad 70\%$$

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

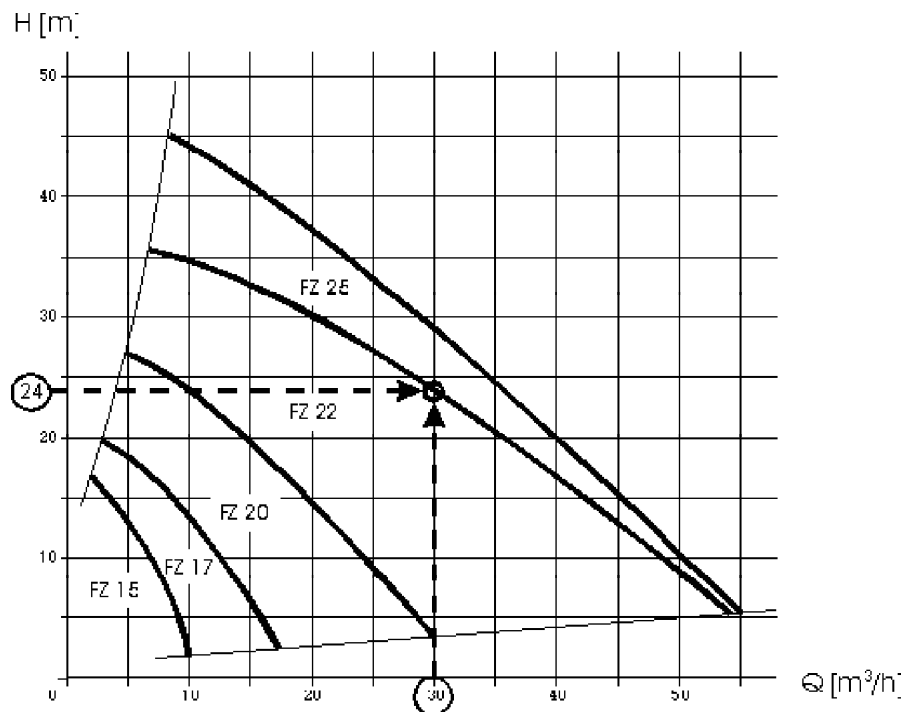
Förderhöhe  $H_A = 24 \text{ m}$

Schritt 1:

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

## FZ-Baugrößen

## Baugrößenübersicht



Gewählt: Pumpenbaugröße: FZ 22

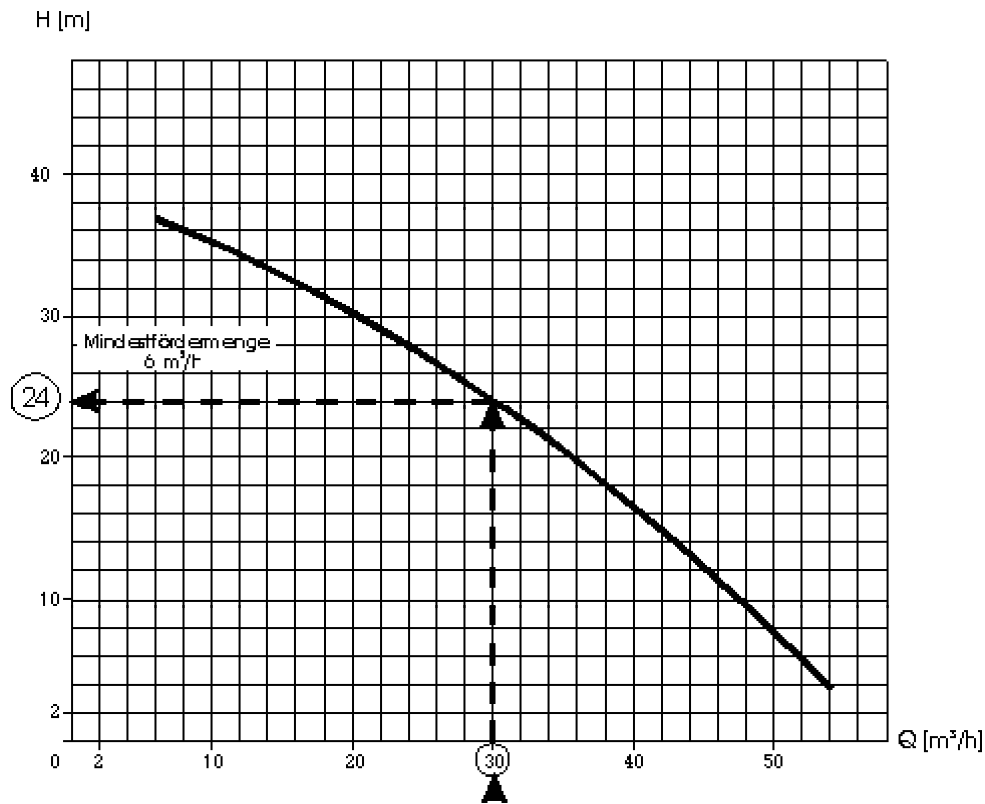
## Schritt 2:

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.

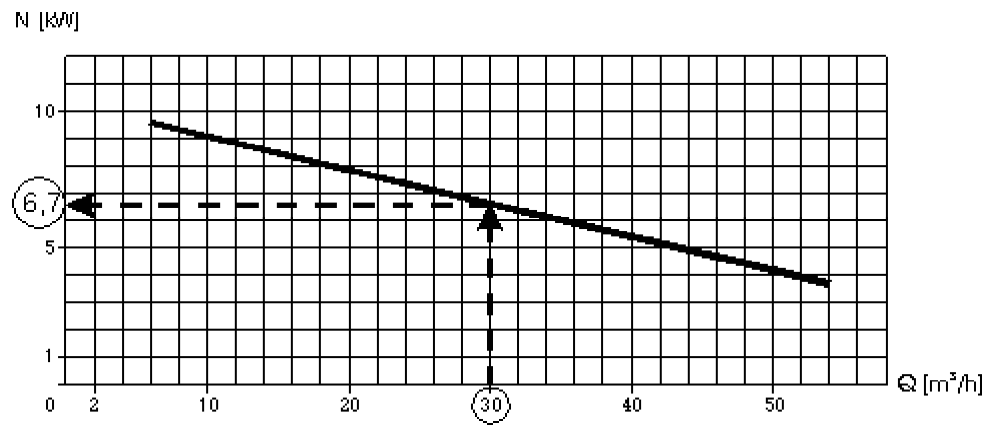
## Motorleistung des Pumpenantriebs

### 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)

