



WEIßENSTEPHAN • TRIESDORF
University of Applied Sciences

Bewässerungstechnologie

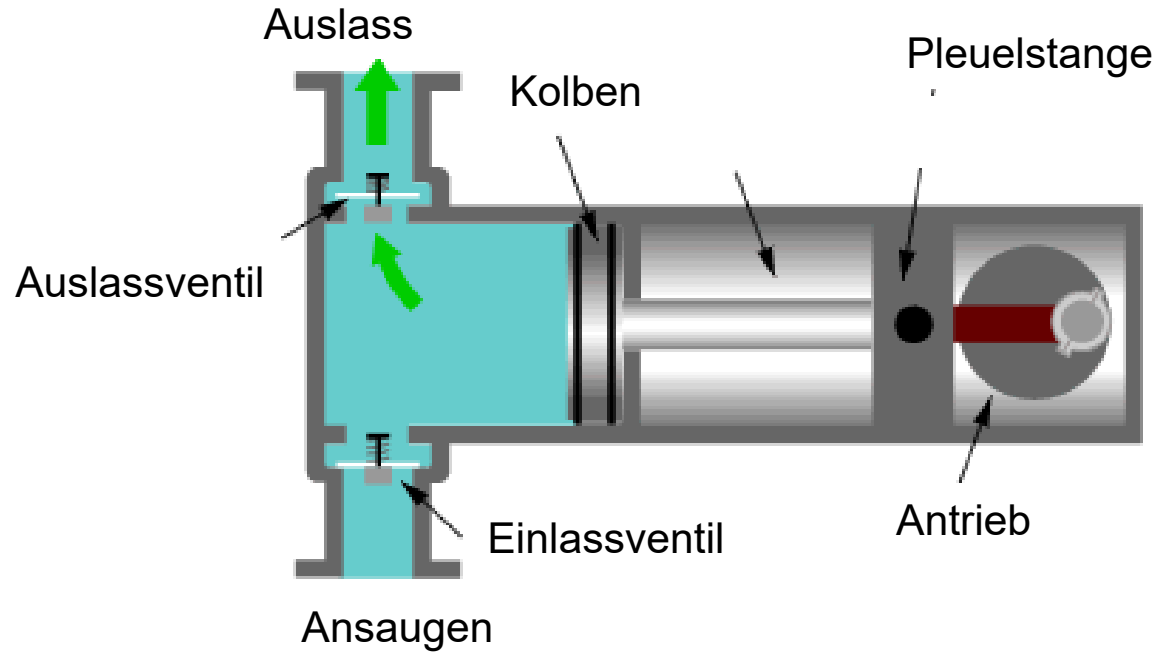
Strömungsmaschinen - Pumpen

Wolfram Spreer

Strömungsmaschinen

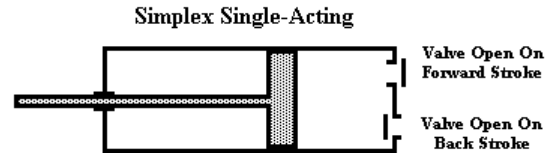
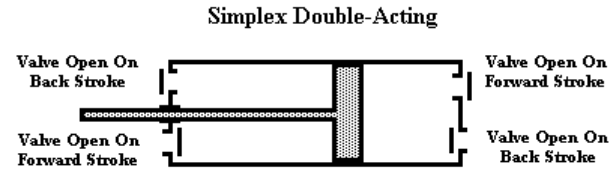
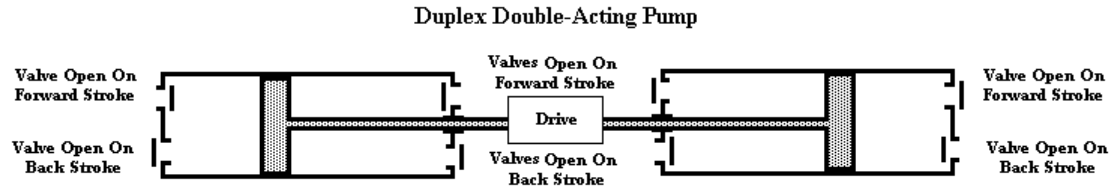
Verdrängungsprinzip	Beschleunigungsprinzip
Kolbenpumpen (einfach/doppelt wirkend)	Kreiselpumpen
Schraubenpumpen	Axialflusspumpen
Membranpumpen	
Schlauchpumpen	
Hydraulikpumpen	

Kolbenpumpe



<https://www.aircompressorscout.net/wp-content/uploads/reciprocating-piston.gif>

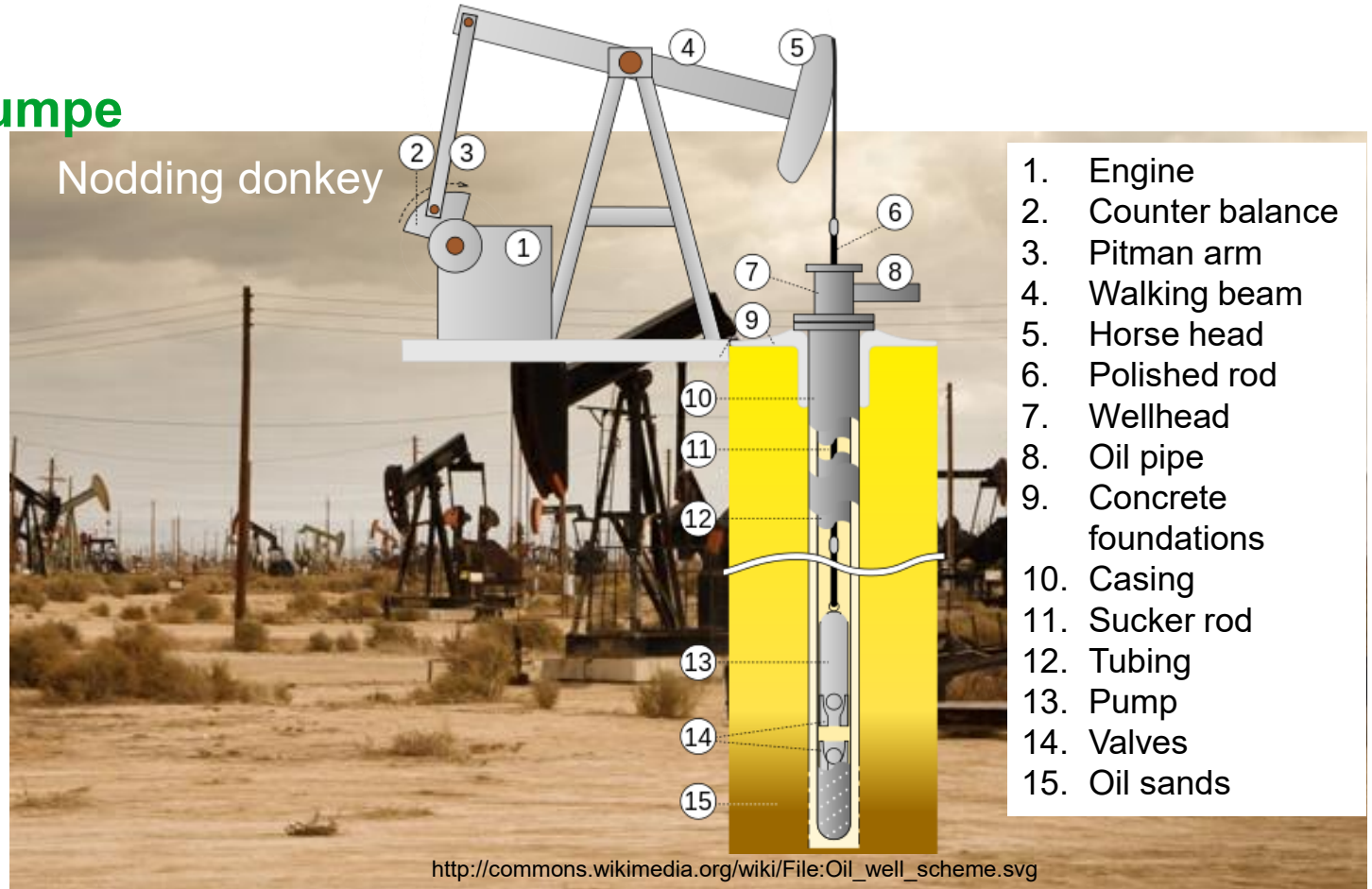
Kolbenpumpe



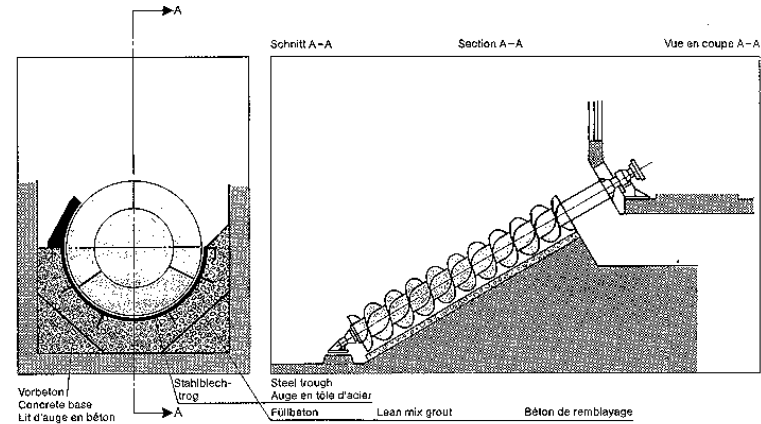
http://hawsepipe.net/chiefhelp/pumps/positive_displacment/reciprocating.htm

Kolbenpumpe

Nodding donkey



Schraubenpumpe



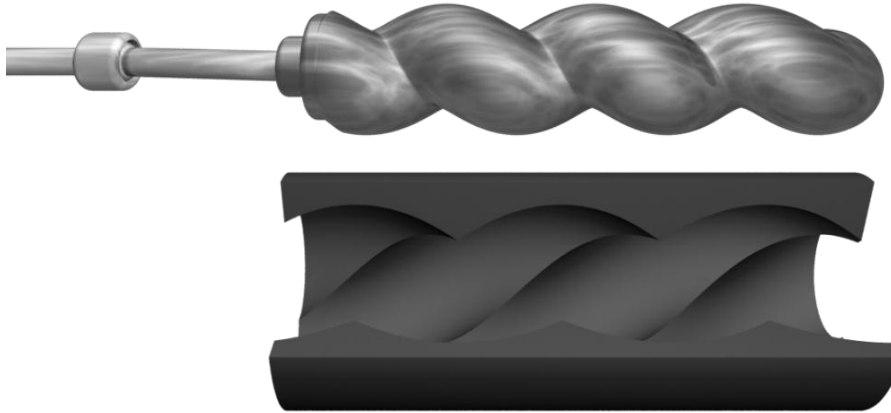
FAO IRRIGATION AND DRAINAGE PAPER 43

- Hohe Kapazität
- Keine Verstopfung

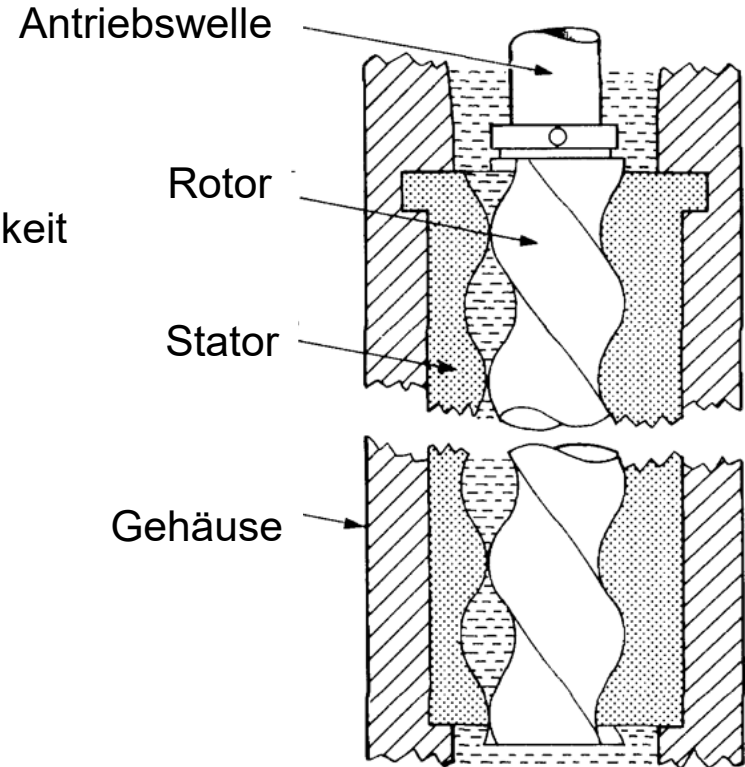
Progressive cavity pumps

Exzentrerschneckenpumpe

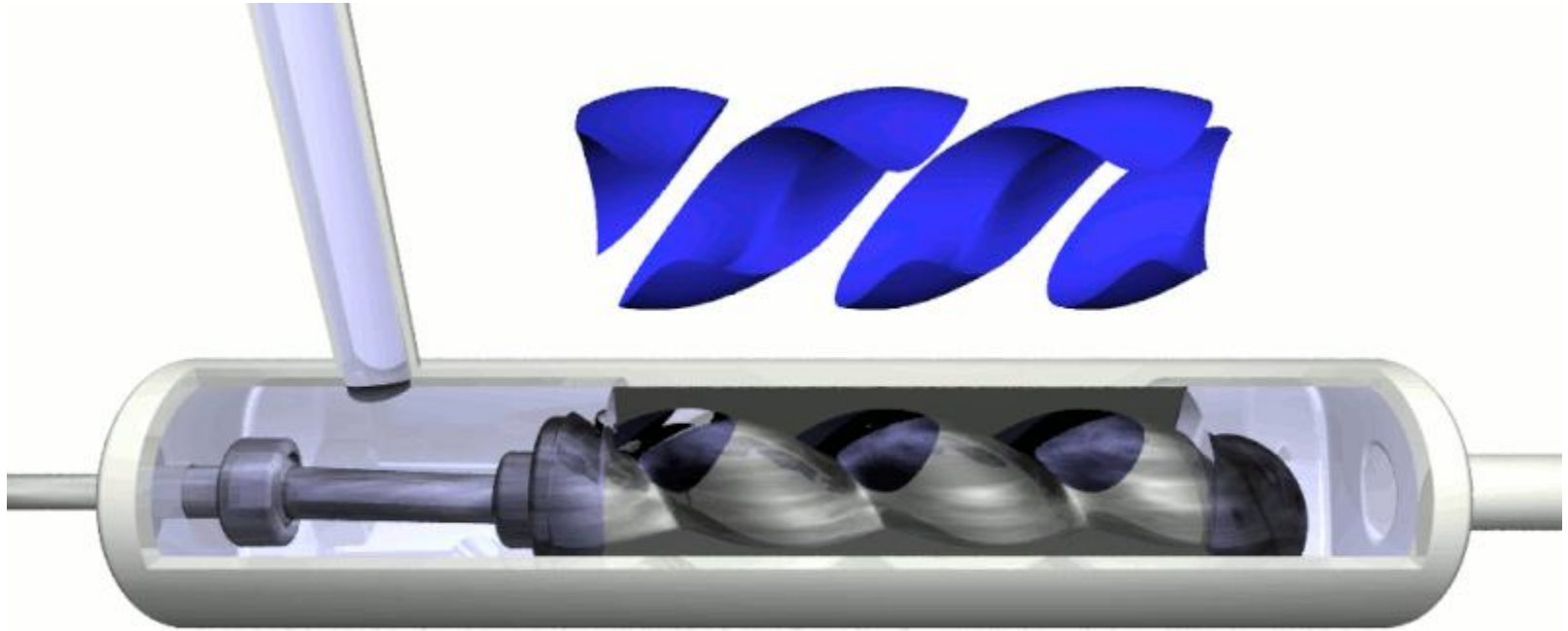
- Kontinuierlicher Fluss
- Weite Bandbreite der Betriebsgeschwindigkeit



<http://en.wikipedia.org>

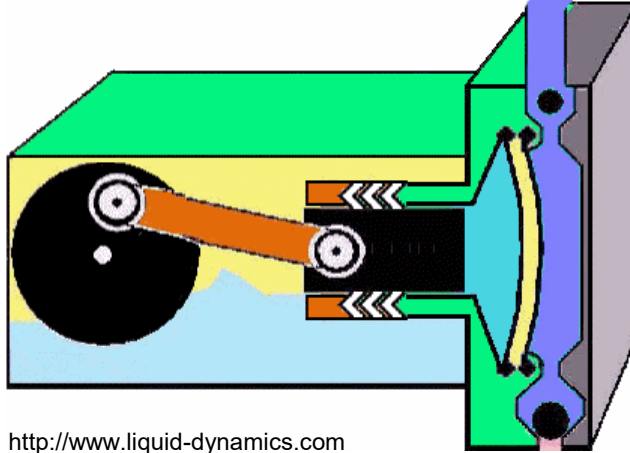


FAO IRRIGATION AND DRAINAGE PAPER 43



<http://en.wikipedia.org>

Membranpumpe

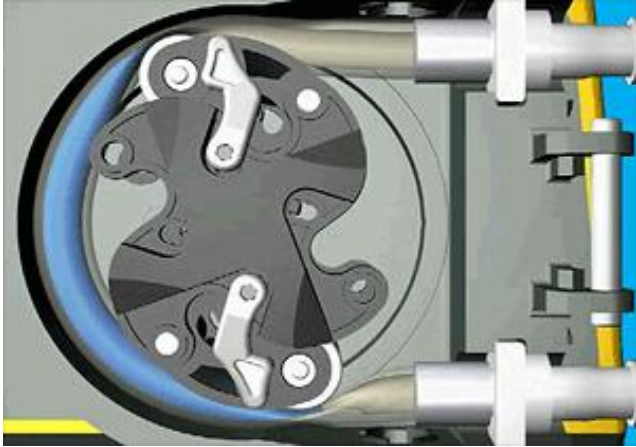


<http://www.liquid-dynamics.com>



- Bewegliche Teile geschützt
- Korrosive Flüssigkeiten

Schlauchpumpen

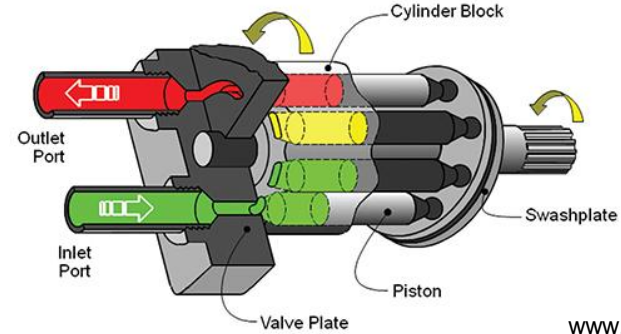
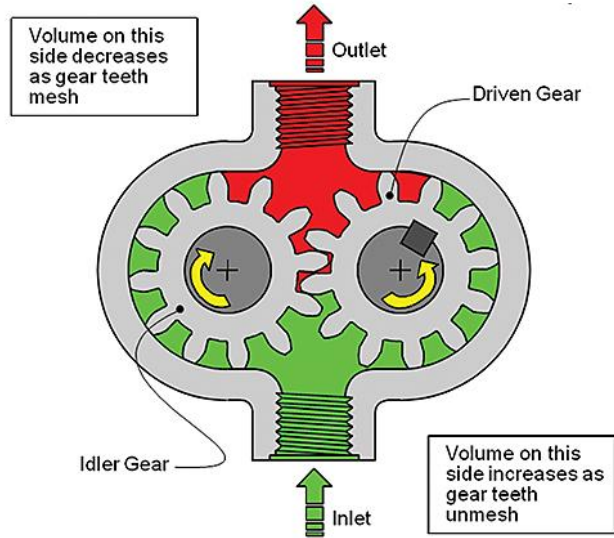


<http://en.wikipedia.org>

- Kontinuierlicher Förderstrom
- Exakte Dosierung
- Niederdruck
- Laboranwendungen

Hydraulikpumpen

Zahnradpumpe



www.designworldonline.com

- Vorwärts- und Rückwärtslauf
- Exakte Dosierung
- Hohe Drücke

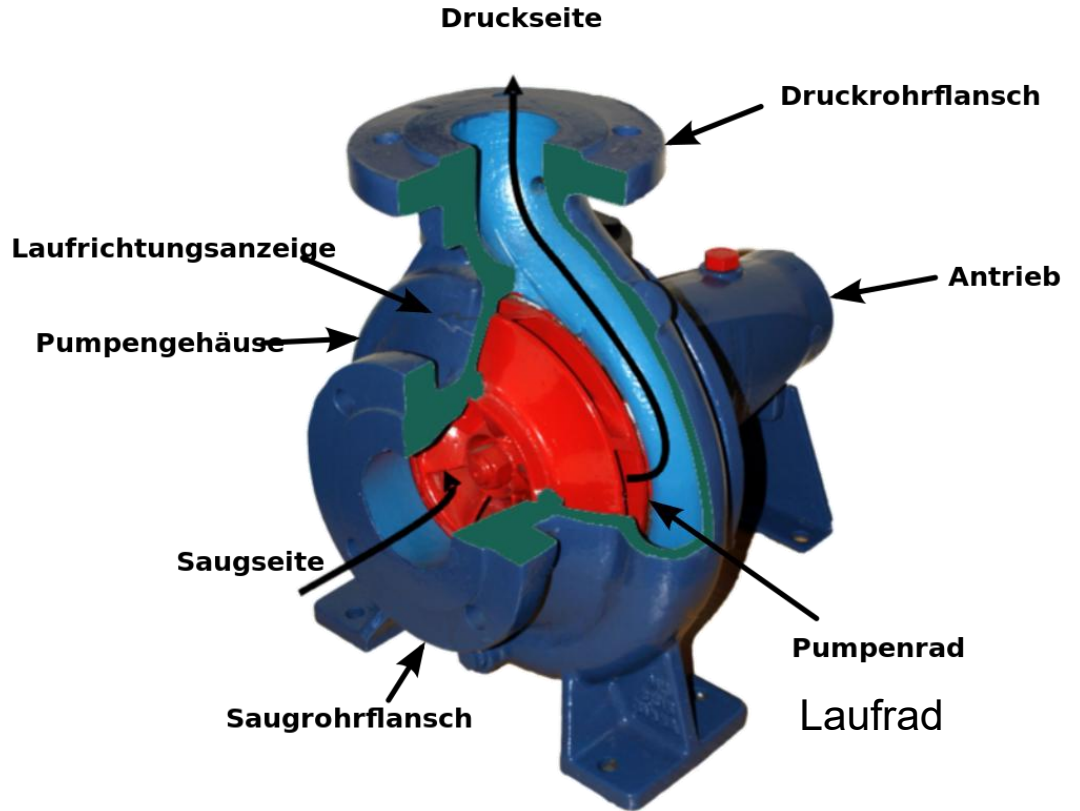
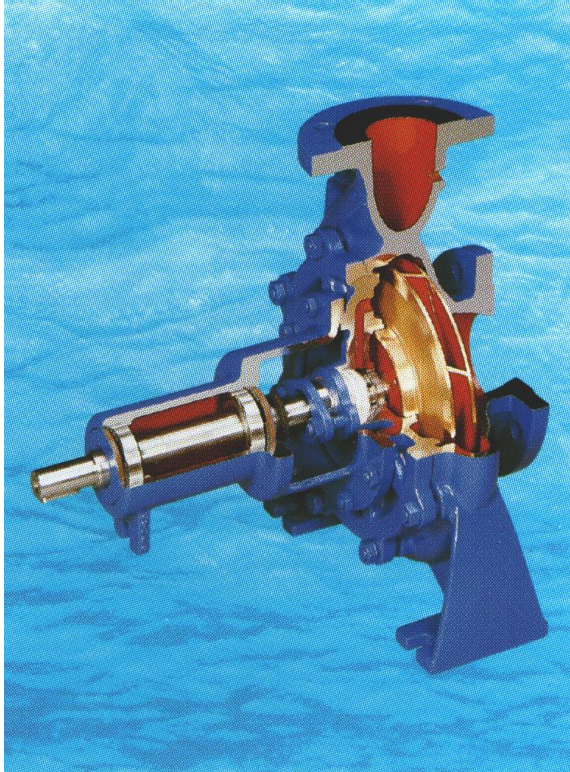


Kreiselpumpen

Trockenstehende, einstufige Pumpe mit Motor

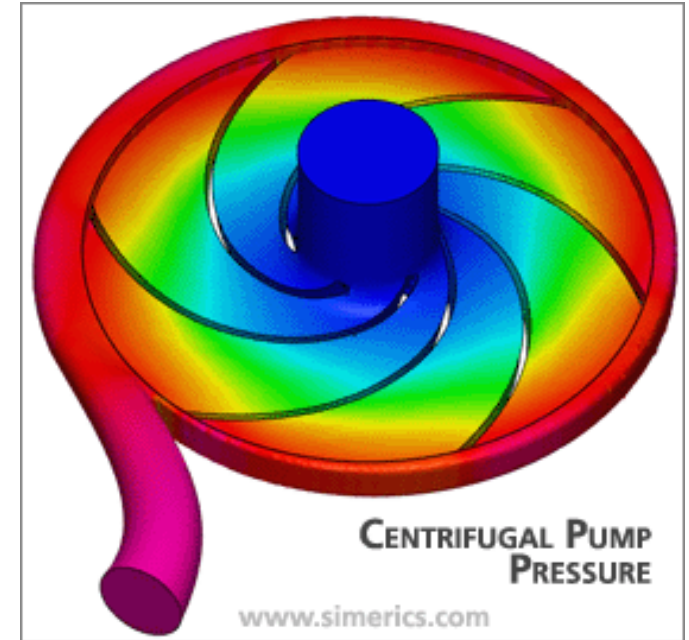
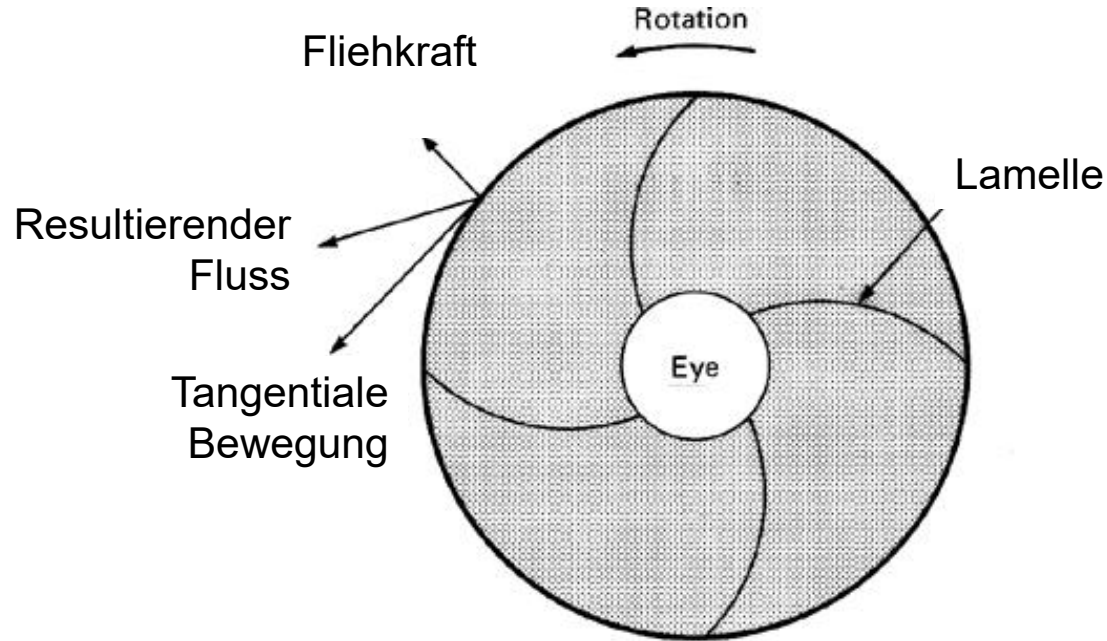


Kreiselpumpen



Kreiselpumpen

Das Laufrad



<http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/impeller>

Kreiselpumpen

Billig, leicht, robust



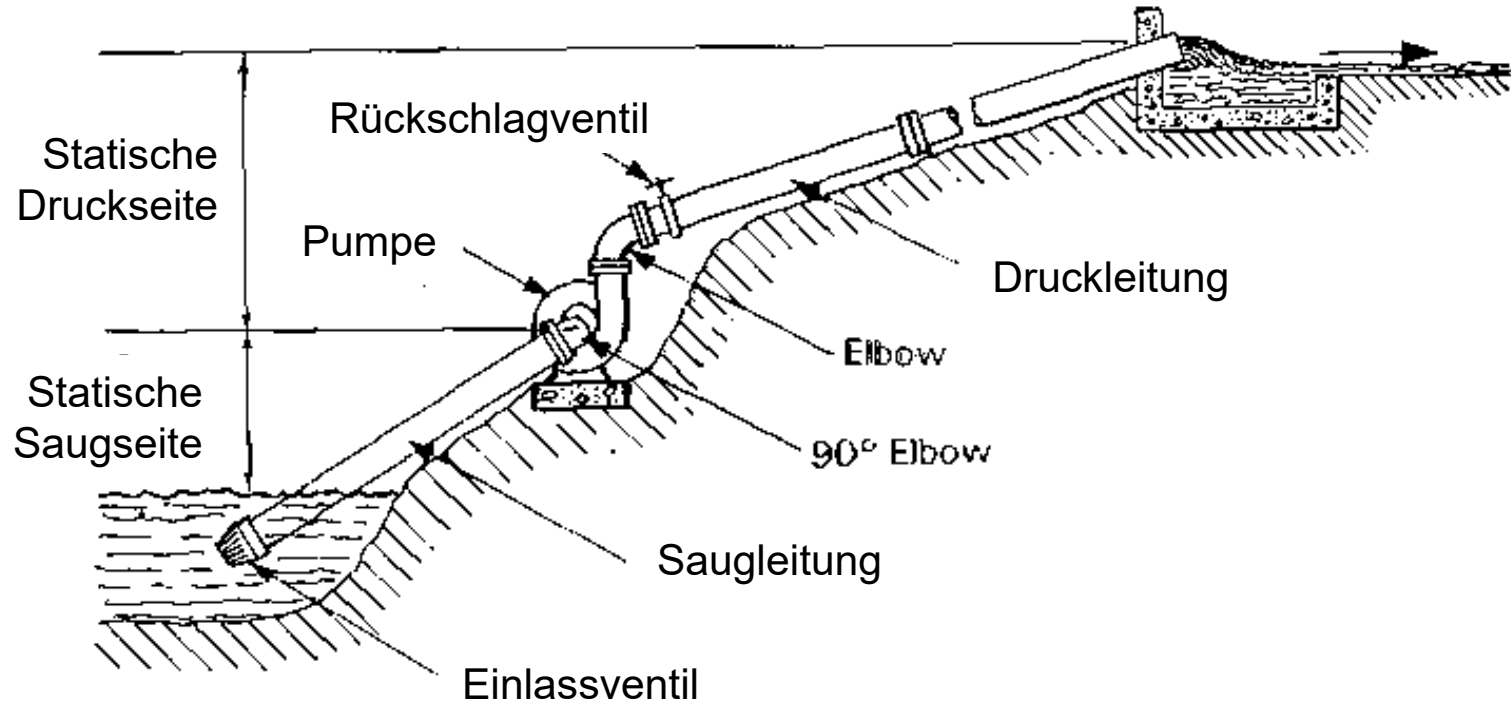
Kreiselpumpen

Flexibel



Ägypten, Foto: Müller, Hohenheim

Kreiselpumpen, Aufbau

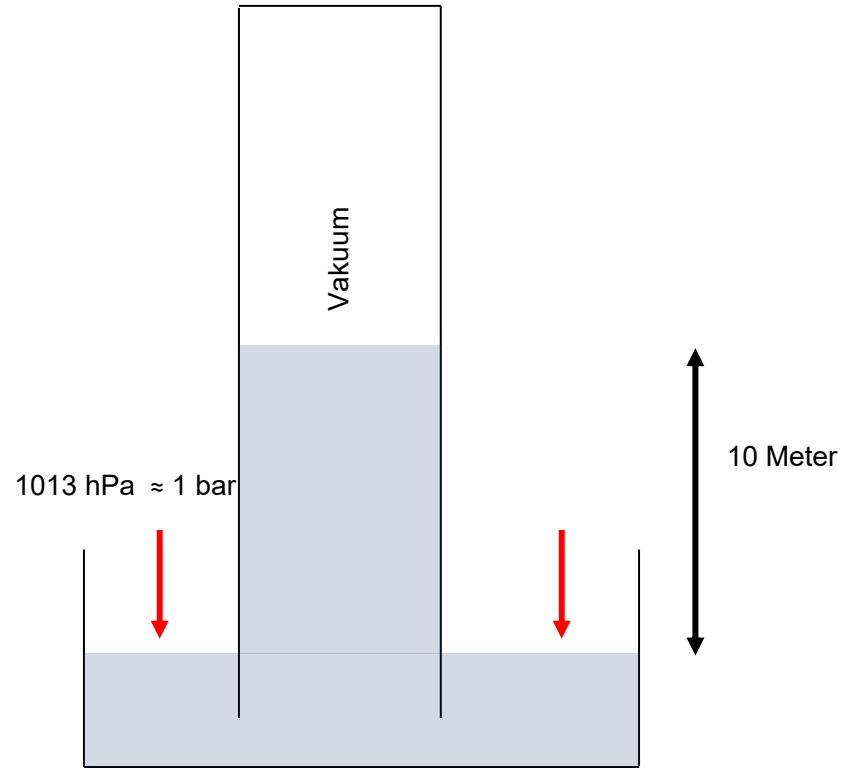


Kreiselpumpen

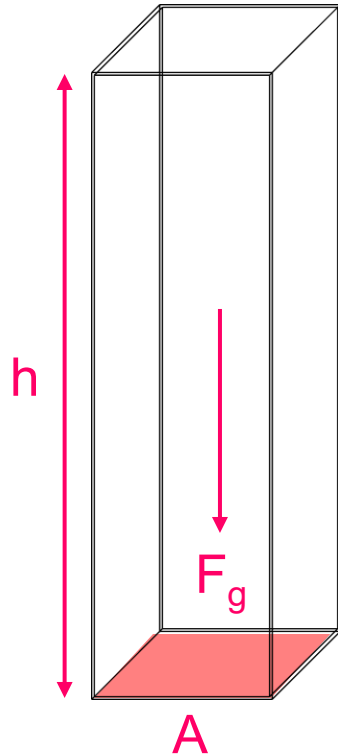
Priming, entlüften



Ägypten, Foto: Müller, Hohenheim



Förderhöhe



$$p = \frac{F_g}{A}$$

$$F_g = m \cdot g$$

$$p = \frac{m \cdot g}{A}$$

$$m = V \cdot \rho$$

$$p = \frac{V \cdot \rho \cdot g}{A}$$

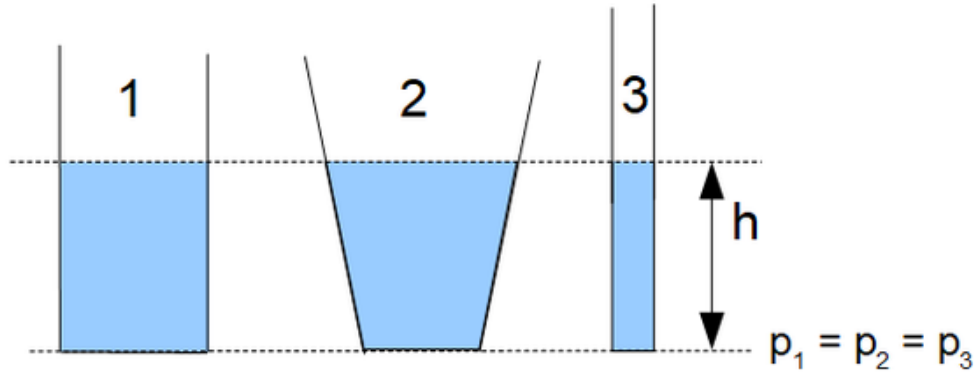
$$V = A \cdot h$$

$$p = \frac{h \cdot \cancel{A} \cdot \rho \cdot g}{\cancel{A}}$$

$$p = h \cdot \rho \cdot g$$

= konstant

Förderhöhe



Hydrostatisches Paradoxon

<https://www.ingenieurkurse.de/>

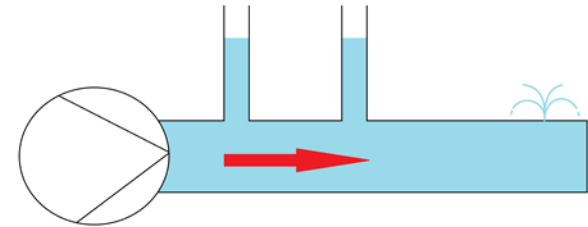
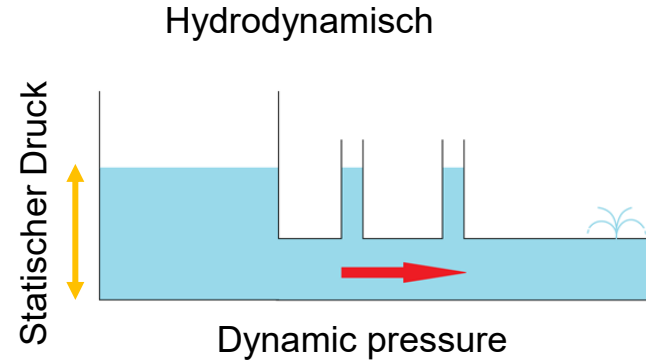
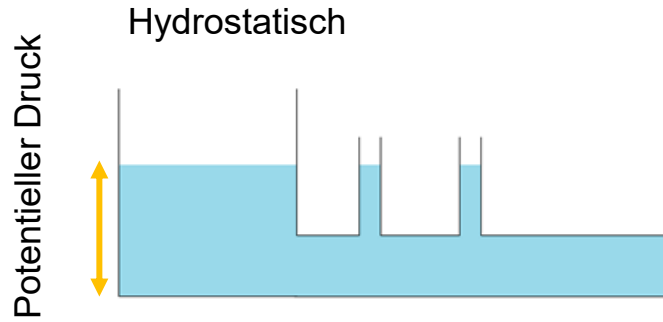
$$1 \text{ bar} = 10^5 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} = 10^5 \text{ Pa}$$

1 bar ist äquivalent zu 10 m Wassersäule

bar ist als atmosphärischer Druck definiert. Es handelt sich nicht um eine SI-Einheit, aber um eine gesetzliche Einheit in Deutschland seit 1978 und in der EU seit 2004

Die hydraulische Förderhöhe stellt die Summe aus Systemdruck und der Höhe der Wassersäule dar.

Wasserstrom



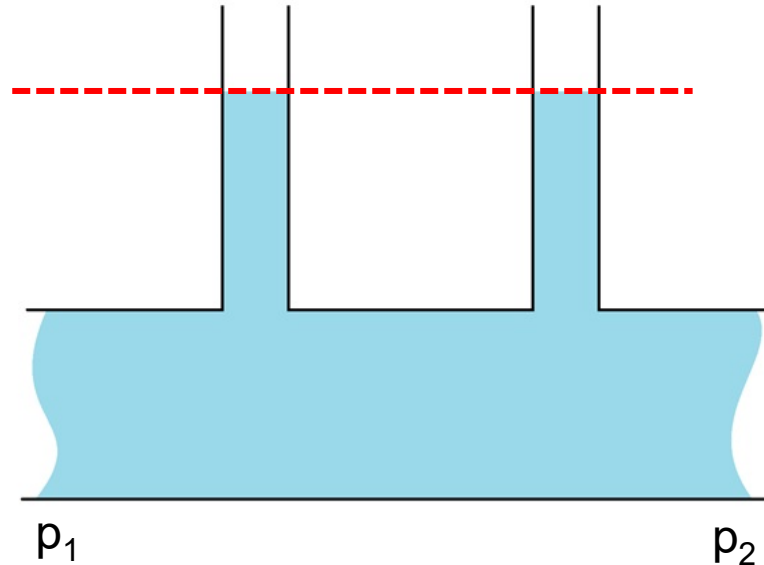
Druckerzeugung durch Pumpe

Wasserfluss in der Rohrleitung

$$p_1 = p_2$$

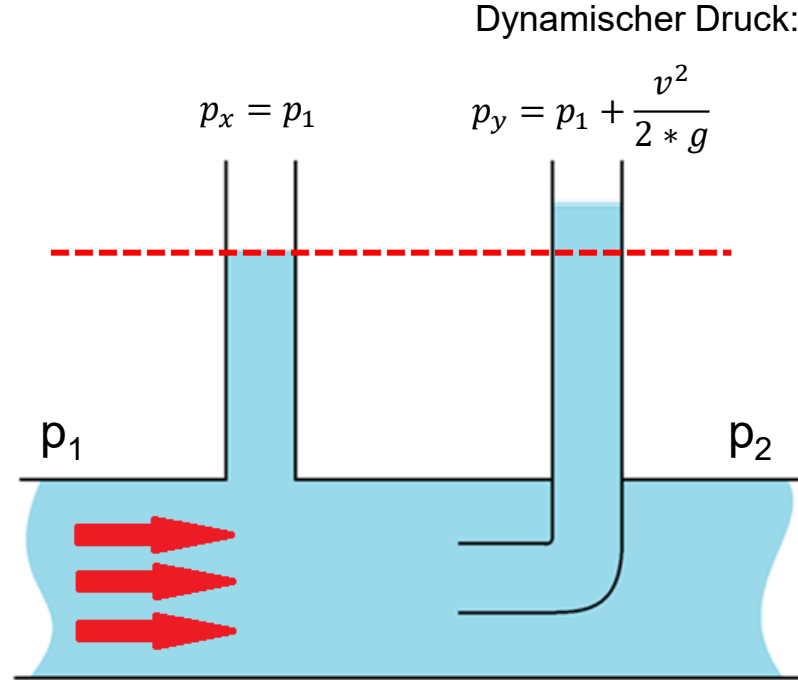
Statischer Druck (p_{stat})

Da der Druck von der Masse des Wassers abhängt, muss nach dem Massenerhaltungssatz die Summe der Druckkomponenten an jeder Stelle des Rohrsystems gleich sein.



Wasserfluss in der Rohrleitung

$$p_1 + \frac{v_1^2}{2 * g} = p_2 + \frac{v_2^2}{2 * g}$$



Wasserfluss in der Rohrleitung

Manometer

Bei einer typischen Installation in einem Bewässerungssystem werden Manometer zur Messung des statischen Drucks verwendet.



Wasserfluss in der Rohrleitung

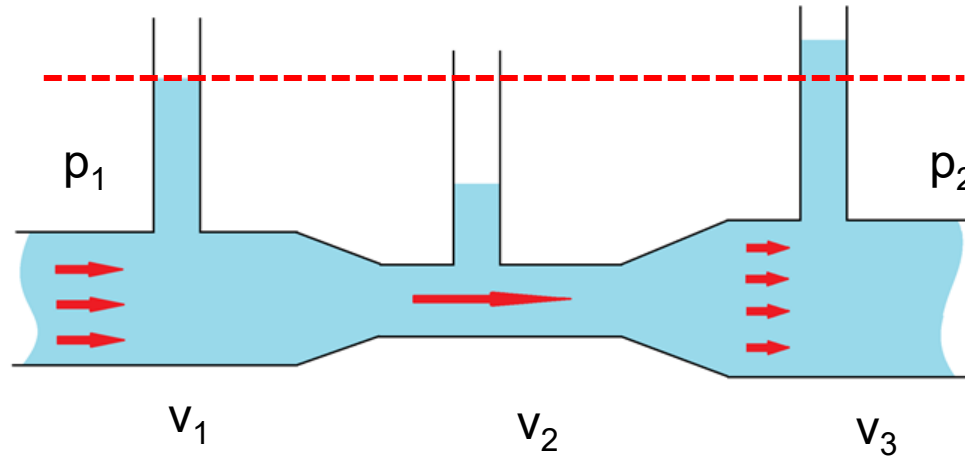
$$p_1 = p_2$$

$$v_2 > v_1 > v_3$$

Venturi - Effekt

$$p_1 + \frac{v_1^2}{2 * g} = p_x \downarrow + \frac{v_2^2 \uparrow}{2 * g}$$

$$p_x + \frac{v_2^2}{2 * g} = p_2 \uparrow + \frac{v_3^2 \downarrow}{2 * g}$$



Wasserfluss in der Rohrleitung

Druckverlust durch Reibung

$$p_1 = p_2 + h_F$$

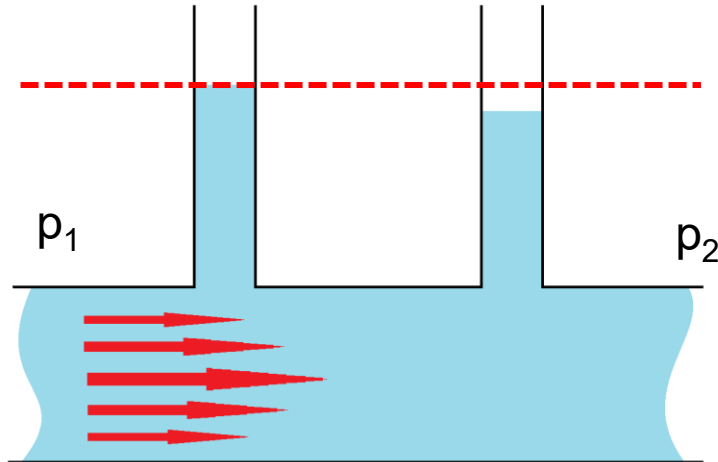
$$h_F = \lambda * \frac{l}{d} * \frac{v_x^2}{2 * g}$$

h_F = Reibungsverlust

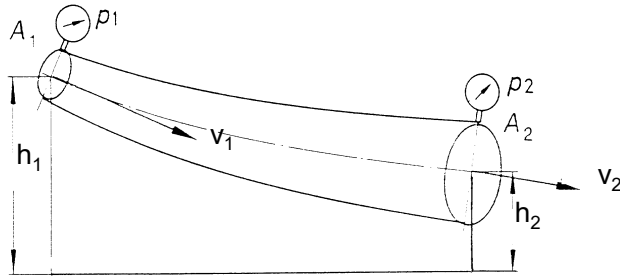
l = Rohrlänge

d = Rohrdurchmesser

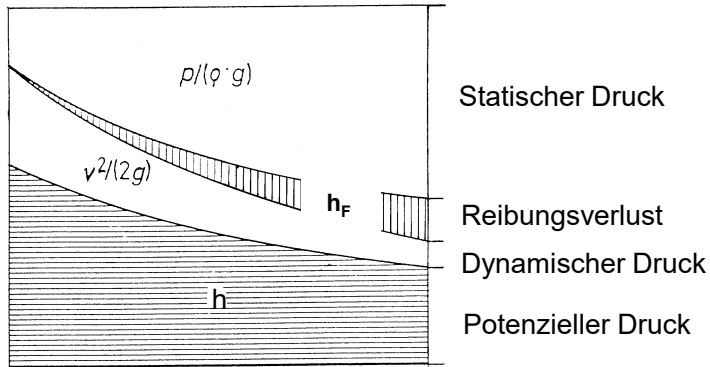
λ = Rauigkeit und Flussart



Bernoulli Gleichung



$$h_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + h_F$$



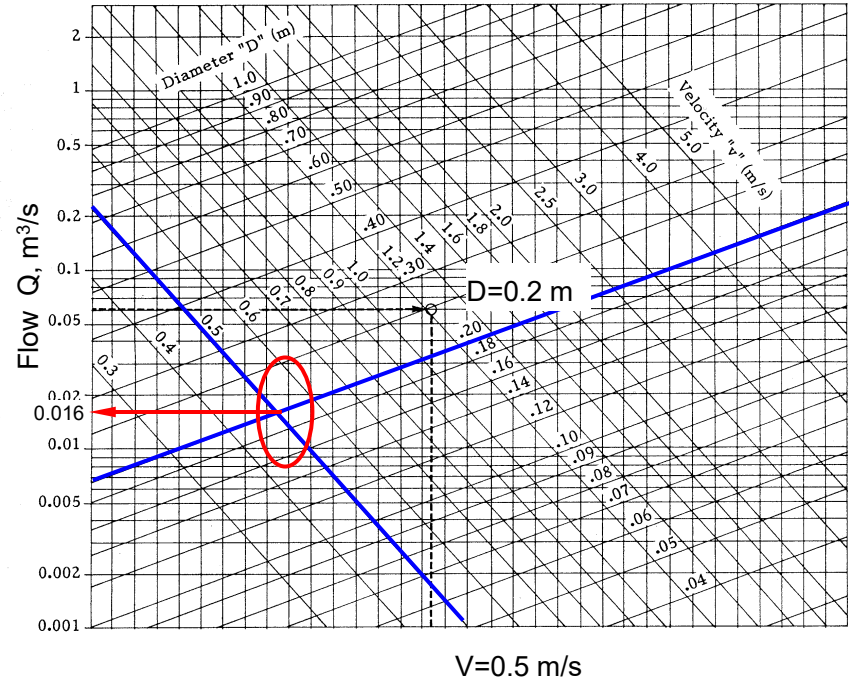
Deckt sich das mit der Beobachtung in der Praxis?



Fluss in der Rohrleitung

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot v$$



Druckverlust

Reibung

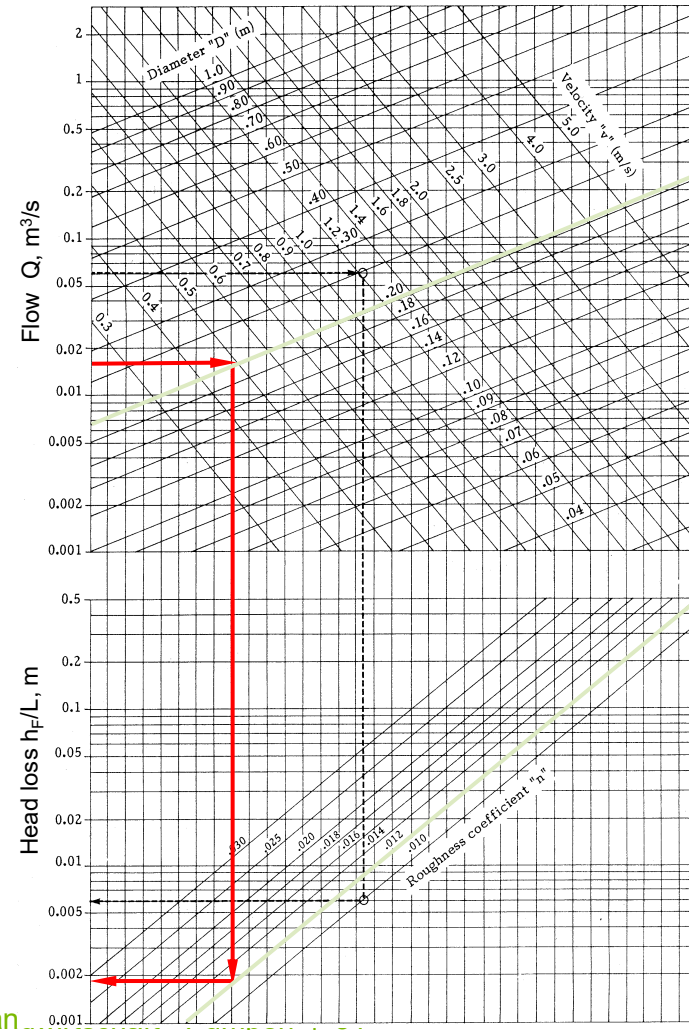
$$h_f = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Manning's Formel

$$h_F = \frac{10 \cdot n^2 \cdot Q^2}{D^{5.3}} \cdot l$$

Material	Hazen-williams C	Darcy-Weisbach ε	Manning's n
Cast Iron	130-140	0.85	0.012-0.015
Concrete or concrete lined	120-140	1.0-10	0.012-0.017
Galvanized Iron	120	0.5	0.015-0.017
Plastic	140-150	0.005	0.011-0.015
Steel	140-150	0.15	0.015-0.017
Vitrified Clay	110		0.013-0.015

Mehta et al., 2015



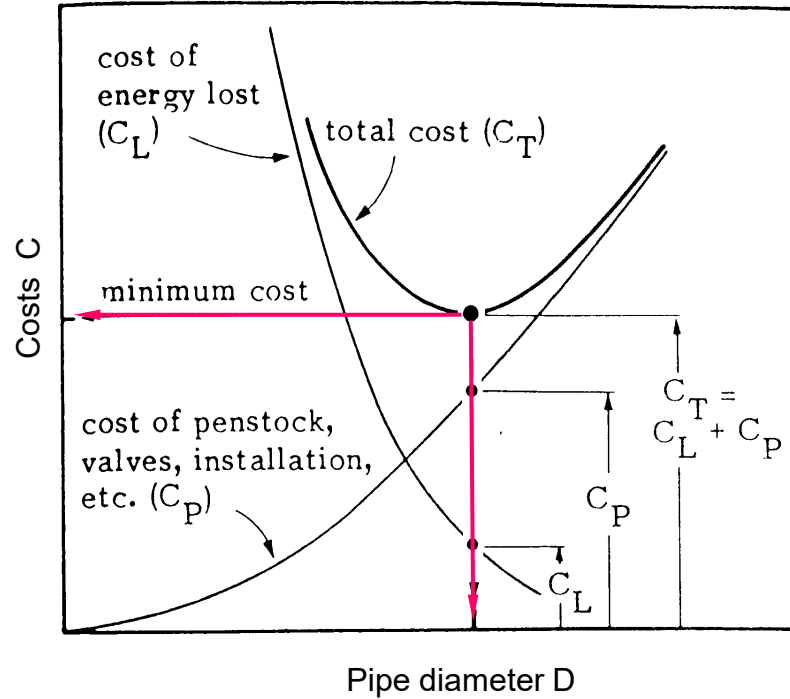
National Pump & Energy - Pipe Friction Loss

Flow Rate	m ³ /hr	5
Diameter	mm	100
Pipe Length	m	100
Pipe Material	HDPE	
		Calculate Clear Fields
Friction Loss	m	0.038126706241949096

Pipe Friction Loss - In this example, calculate the total friction loss in a pipeline. Enter the flow rate, internal pipe diameter, and the type of pipe from the list supplied. Leave pipe length as 100 to get the friction loss per 100 m/ft of pipeline.

<https://www.nationalpump.com.au/calculators/friction-loss-calculator/>

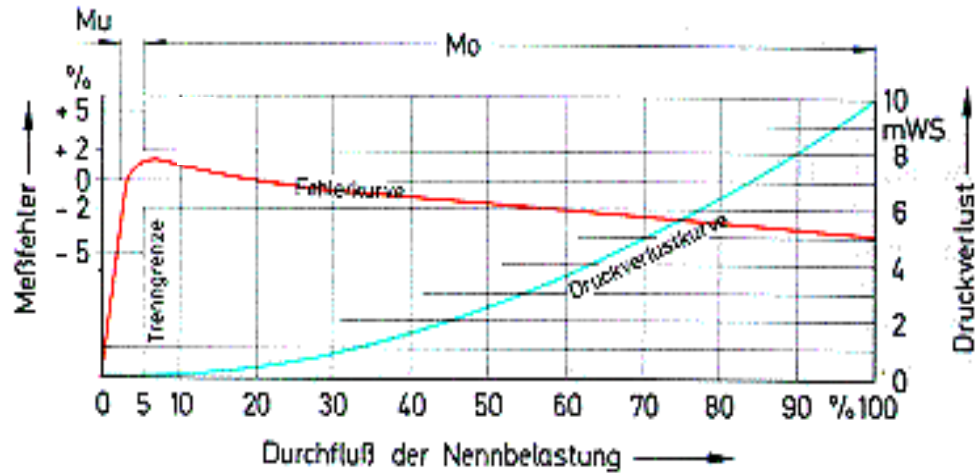
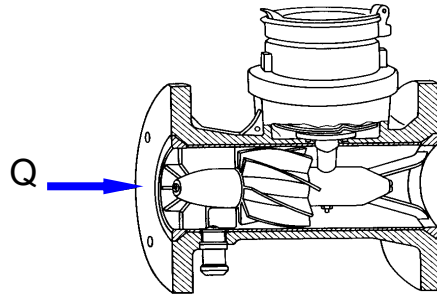
Rohrleitung, Ökonomischer Durchmesser



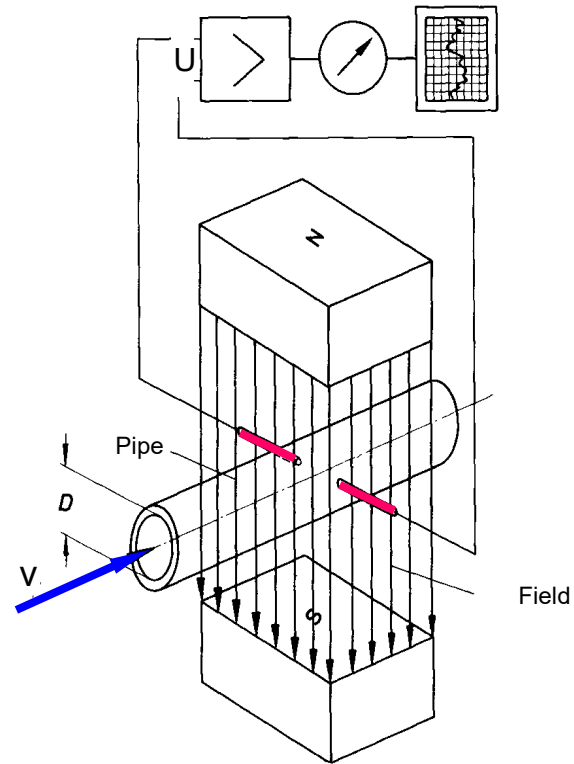
Unit: mm

Nominal Size	Outside Diameter	Thickness			Length	Weight per Length (Kg)		
		PVC 5	PVC 8.5	PVC 13.5		PVC 5	PVC 8.5	PVC 13.5
18 (½")	22±0.15	-	2.0±0.20	2.5±0.20	4000	-	0.72	0.88
20 (¾")	26±0.15	-	2.0±0.20	2.5±0.20		-	0.86	1.06
25 (1")	34±0.15	-	2.0±0.20	3.0±0.25		-	1.15	1.67
35 (1¼")	42±0.15	1.5±0.15	2.0±0.20	3.1±0.25		1.09	1.44	2.17
40 (1½")	48±0.15	1.5±0.15	2.3±0.20	3.5±0.25		1.25	1.89	2.80
55 (2")	60±0.15	1.8±0.20	2.9±0.25	4.3±0.30		1.88	2.98	4.30
65 (2½")	76±0.20	2.2±0.20	3.5±0.25	5.4±0.35		2.92	4.56	6.85
80 (3")	89±0.20	2.5±0.20	4.1±0.30	6.4±0.40		3.89	6.26	9.50
100 (4")	114±0.30	3.2±0.25	5.2±0.35	8.1±0.50		6.37	10.17	15.41
125 (5")	140±0.30	3.9±0.30	6.4±0.40	9.9±0.55		9.55	15.40	23.23
150 (6")	165±0.40	4.6±0.30	7.5±0.45	11.7±0.65		13.28	21.29	32.37
200 (8")	216±0.50	5.4±0.35	8.8±0.50	13.7±0.75		20.48	32.87	50.06
250 (10")	267±0.70	6.6±0.40	10.9±0.60	16.9±0.90		30.96	50.37	76.43
300 (12")	318±0.80	7.8±0.45	12.9±0.70	20.1±1.05		43.61	71.07	108.40
350 (14")	370±0.90	9.1±0.55	15.0±0.80	23.4±1.20		59.22	96.22	147.01
400 (16")	420±1.10	10.3±0.60	17.0±0.90	26.5±1.35		76.12	123.89	189.23
450 (18")	470±1.20	11.5±0.65	19.0±1.00	29.7±1.50		95.16	155.07	237.58
500 (20")	520±1.30	12.7±0.70	21.0±1.10	32.8±1.65		116.32	189.78	290.65
600 (24")	630±1.60	15.3±0.80	25.4±1.30	39.7±2.00		169.97	278.57	427.32

Flussmessung



Flussmessung



Charakterisierung der Pumpe

Motor:

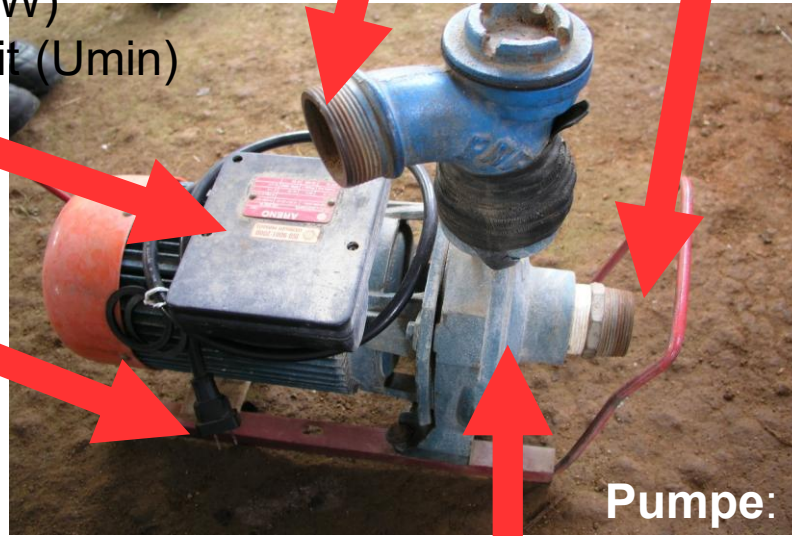
- Leistung (PS, kW)
- Geschwindigkeit (U/min)

Stromanschluss:

- Spannung (V)
- Strom (A)
- Frequenz (Hz)

Verrohrung

Zulauf (cm, inch), Auslass (cm, inch)



Pumpe:

- Förderhöhe (m)
- Förderstrom (l/min)

Pumpenauswahl

Max. Head (H): 20 m

Max. Flow (Q): 400 l min⁻¹

→ 24 m³ h⁻¹ (factor: 16.67)

Maximale
Förderhöhe

Maximaler
Förderstrom



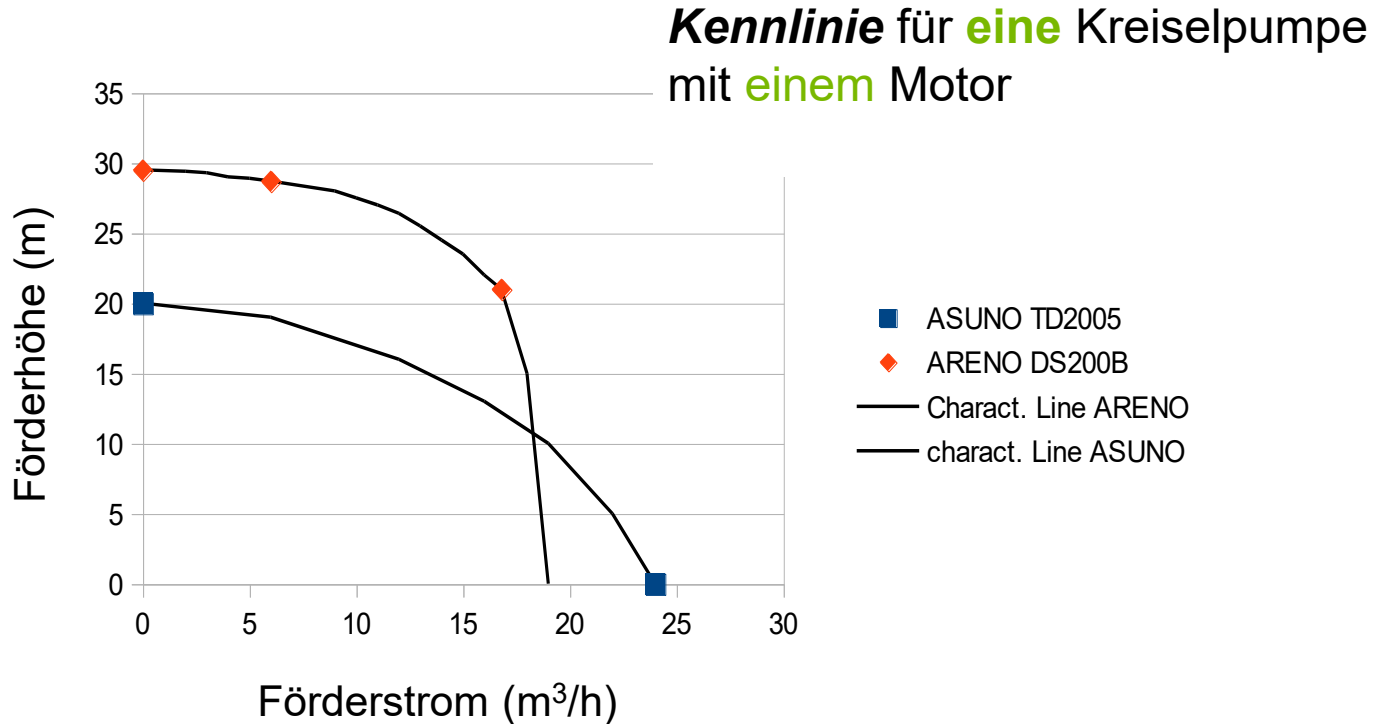
Max. Head (H): 29.5 m

Range: 21 – 28.7 m

Flow (Q): 100 – 280 l min⁻¹

→ 6 – 16.8 m³ h⁻¹

Pumpenauswahl



Pumpenauswahl

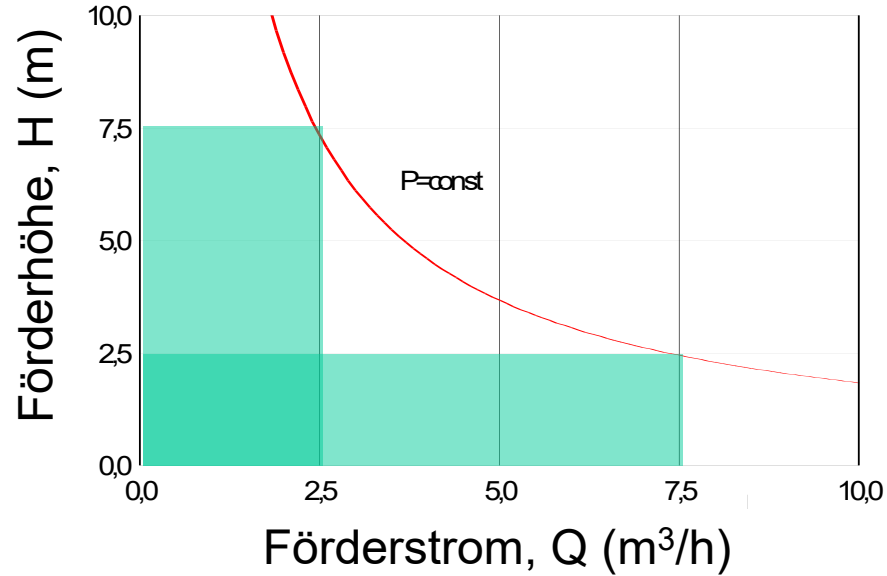
Wirkungsgrad (η)

$$\eta = \frac{P_{hyd}}{P_{mech}}$$

P_{hyd} = Hydraulischer Output (Leistung)

P_{mech} = Mechanischer Input

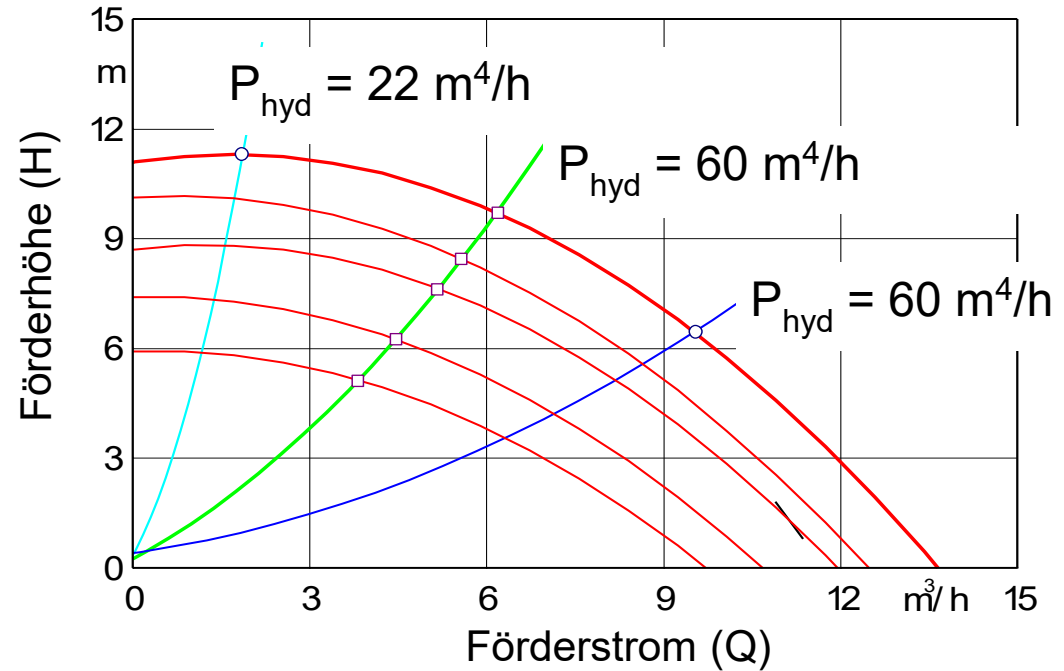
Pumpenauswahl



$$P_{hyd} = H * Q * \cancel{\rho * g}$$

Hydraulisches Äquivalent (m⁴/h)

Pumpenauswahl



Jede rote Linie stellt einen konstanten Input dar ($P_{\text{mech}} = \text{konst.}$)



SCHON BEI 5 KÄUFERN IM WARENKORB



25



Sie haben so einen Artikel? [Gebührenfrei verkaufen](#)

Kreiselpumpe Jetpumpe Gartenpumpe IBO AJ50/60 1100 Watt 3600 L/h 5 bar Pumpe



Hydro-Mako (2709) · Gewerblich

99,7% positive Bewertungen · [Mehr Artikel des Verkäufers](#) · [Verkäufer kontaktieren](#)

EUR 89,95

(inkl. MwSt.)

Später bezahlen mit der Monatsabrechnung. [Mehr erfahren](#)

Artikelzustand: Neu ⓘ

Stückzahl:

1

Fast ausverkauft · **21 verkauft**

Sofort-Kaufen

In den Warenkorb

Auf die Beobachtungsliste



Artikelmerkmale

Artikelzustand	Neu: Neuer, unbenutzter und unbeschädigter Artikel in nicht geöffneter Originalverpackung (soweit ... Mehr zum Thema)
Produktart	Gartenpumpe
Spannung	230V
Passend für	Klarwasser
MPN	AJ50/60
Herstellernummer	AJ50/60
Fördermenge	1.001 - 5.000 l/h
Maximaler Durchfluss	50 L/h
Stromquelle	Netzstrom

Energieversorgung	Steckdose
Besonderheiten	Einstufig
Geeignet für	Klarwasser
Material	Guss/Edelstahl/Kunststoff
Brand	DAMBAT
Marke	IBO
EAN	0740450133810
Maximaler Betriebsdruck	5 bar
Motorleistung	1,1kW

Artikelbeschreibung des Verkäufers

IBO AJ50/60

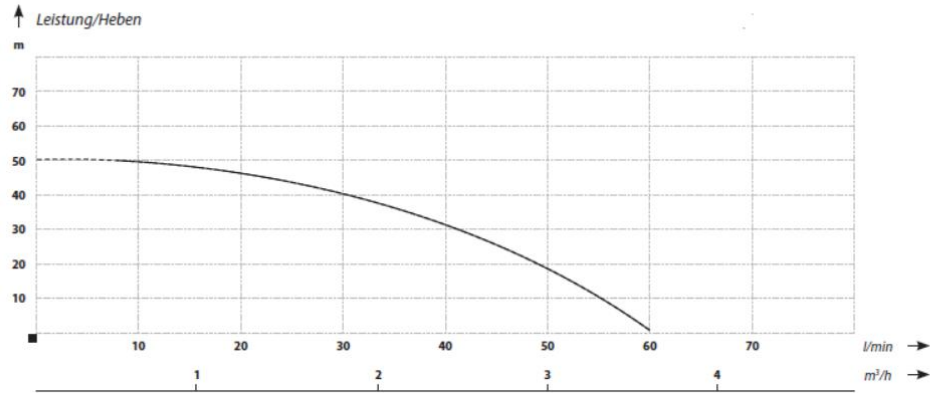
Einstufige, selbstansaugende Kreiseloberflächenpumpe, ausgestattet mit einem System, das die Saugleistung dank der Verwendung eines Venturi-Rohrs erhöht, das zum Pumpen von saubem, kaltem Wasser aus den eigenen Ansaugöffnungen und zum Erhöhen des Drucks ausgelegt ist. Der Pumpenkorper und die Welle des mit Wasser in Berührung kommenden Teils sind aus Edelstahl (INOX-Version) gebaut. Die Pumpe hat ein Netzkabel mit Stecker. Der Pumpenmotor ist mit einem Wärmeschutz ausgestattet.

TECHNISCHE DATEN:

- Leistung: 1100W
- Spannung: 230 V / 50 Hz
- Förderhöhe: 50 m
- Max. Druck: 5 bar
- Max. Fördermenge: 3600l/h
- Max. Ansaughöhe: 8 m
- Maximale Flüssigkeitstemperatur: 35oC
- Maximale Umgebungstemperatur: 40oC
- Isolationsklasse: B
- Betriebsart: kontinuierlich
- Sicherheit: IP44
- Motordrehzahl: 2850RMP
- Kabellänge: 60 cm

EIGENSCHAFTEN:

- Saugleistung aus einer Tiefe von max. 8m
- Kleine Abmessungen der Pumpe
- In die Motorwicklung eingebauter Wärmeschutz
- 24 Monate Garantie



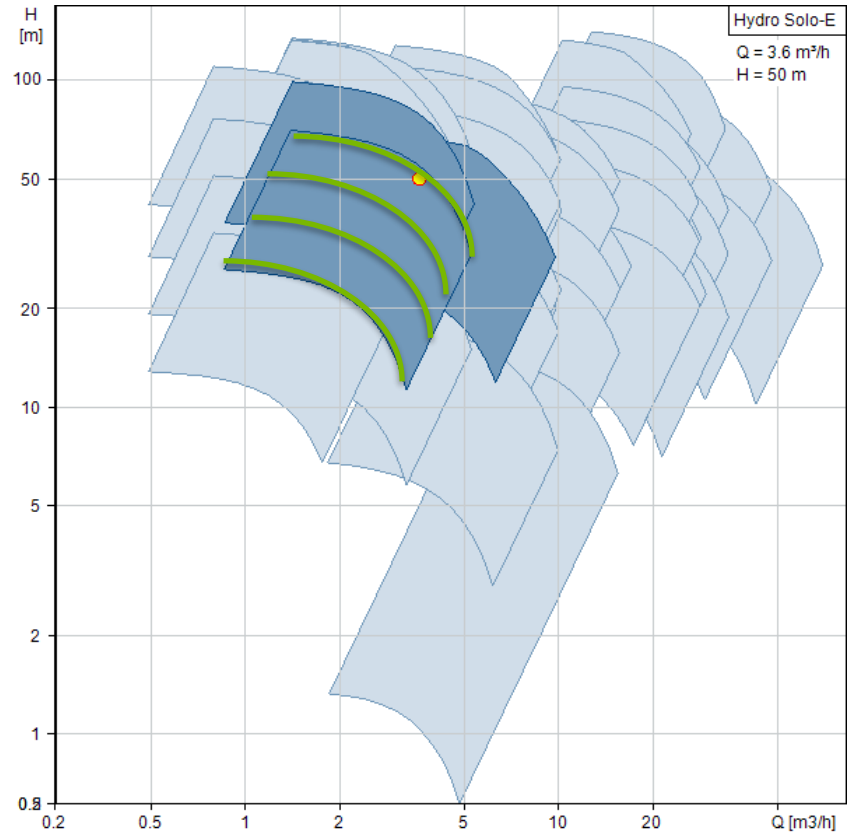
PARAMETER									
Name	Heben (m)	Leistung (l/min)	Motorleistung (W)	Einspeisung (V)	Saugfähigkeit (m)	Stromverbrauch (A)	Stutzen (Zoll)	Abmessungen L/H/B (cm)	Gewicht (kg)
AJ 50/60	50	60	1100	230	8	3,2	1 x 1	37/21/20	10,5

3,6 m³/h

Pumpenauswahl

Kennlinie

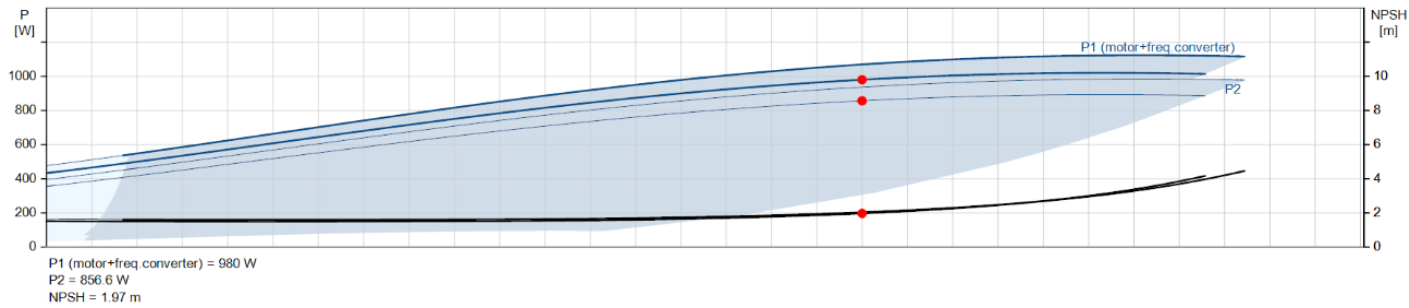
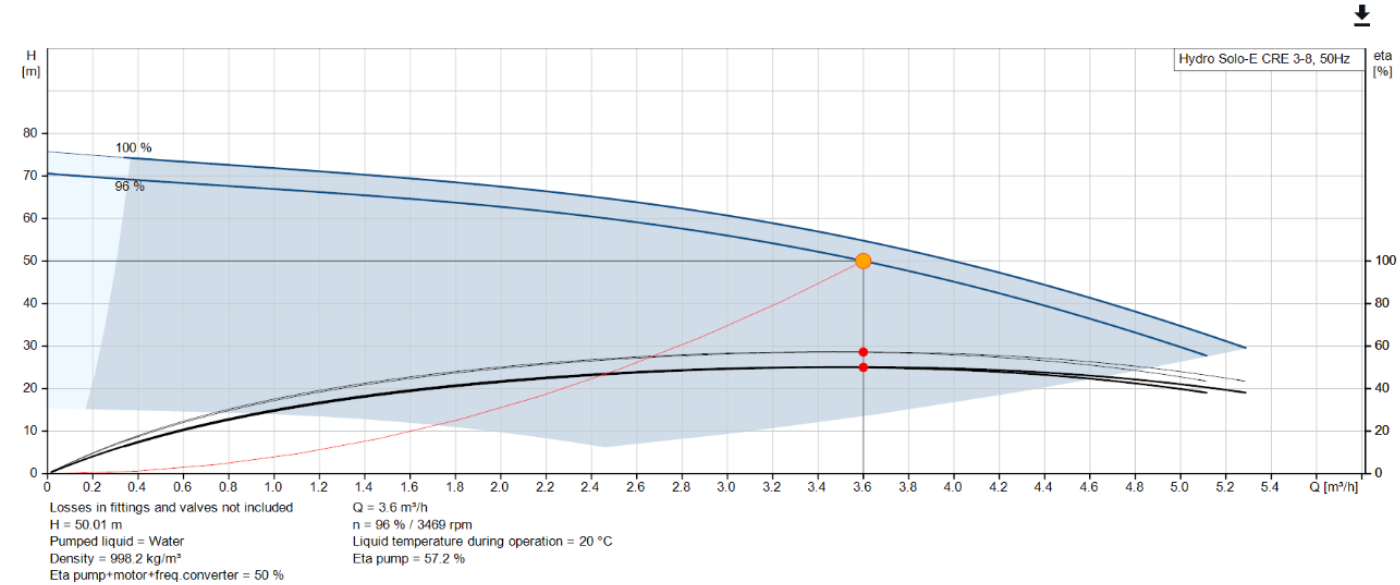
Beispiel für die Auswahl
von Motor-Pumpen-
Kombinationen



<https://product-selection.grundfos.com/size-page?sQcid=2513851854>

Product name	Life cycle cost [EUR/10 years] ^	Energy [kWh/year]	Energy costs [EUR /a]	Eta pump [%]	Eta pump+motor [%]	P1 [kW]	Q [m³/h]	H [m]	Phase	U [V]	f [Hz]	Pump inlet	Pump outlet
Hydro Solo-E CRE 3-8	10473	980	313.57	57.2	50.0	0.98	3.6	50.01	1	200-240	50	1 1/4	1 1/4
Hydro Solo-E CRE 3-11	11393	995	318.43	56.1	49.2	0.995	3.6	50.01	1	200-240	50	1 1/4	1 1/4
Hydro Solo-E CRIE 5-7	11426	1007	322.09	55.5	48.6	1.007	3.6	50.01	1	200-240	50	1 1/4	1 1/4

Performance



Settings

View

Reset

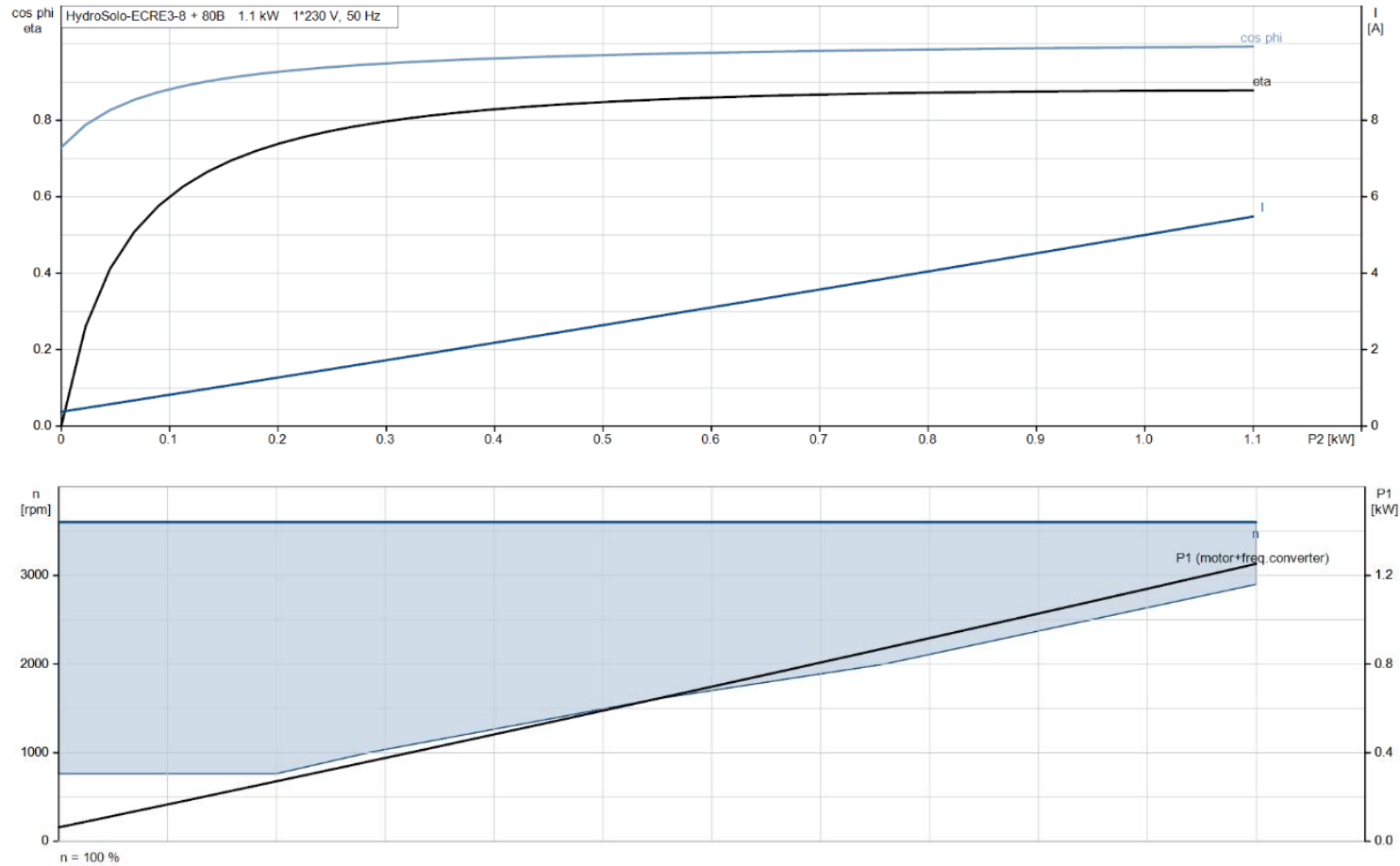
Operating point

Input:

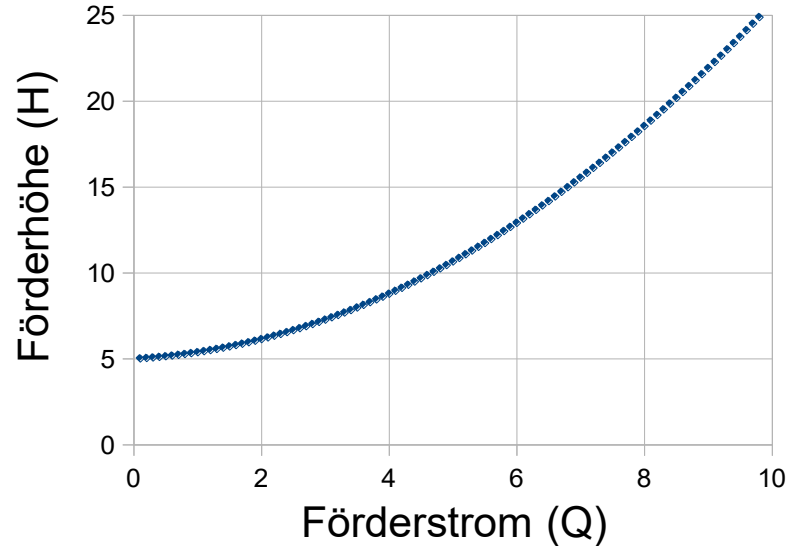
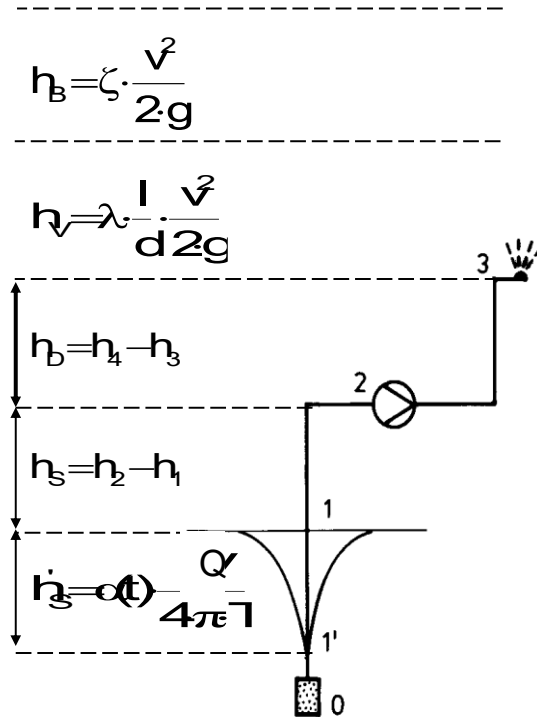
Q

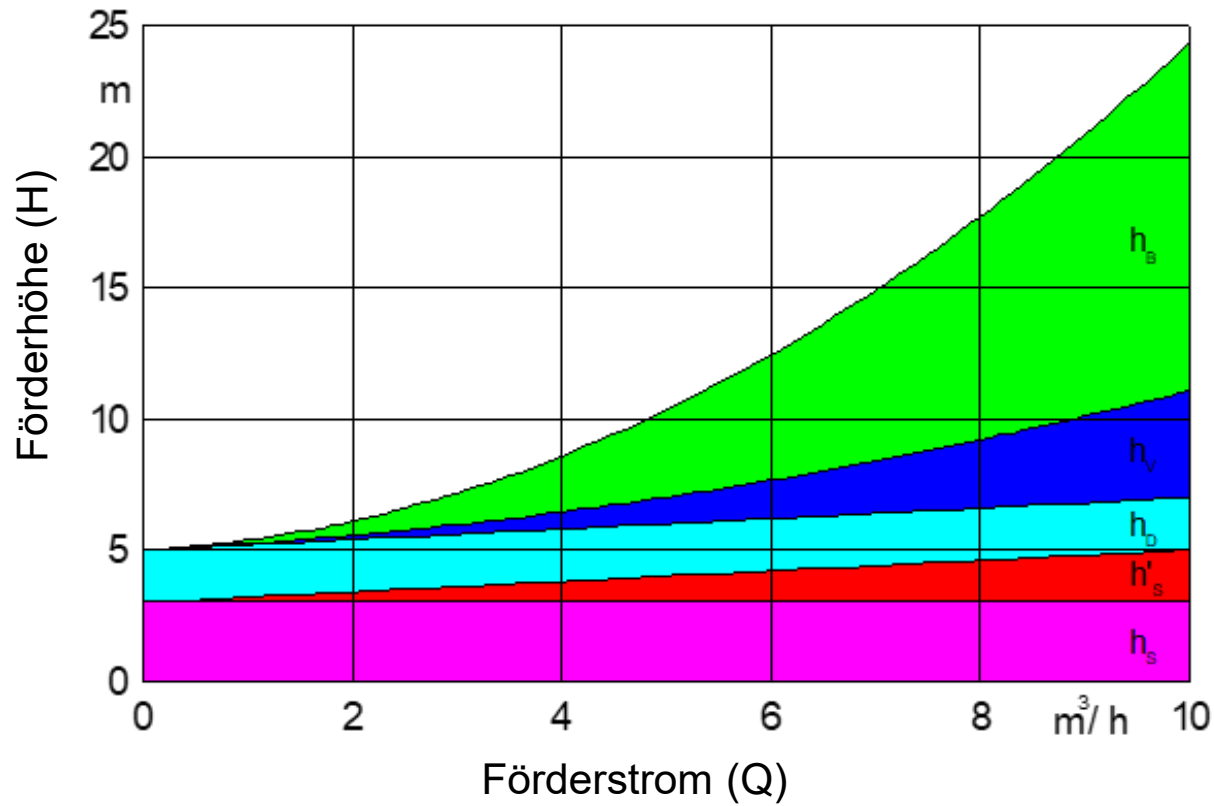
H

Motor



System resistance curve – Kennlinie des Systems





exponentziell

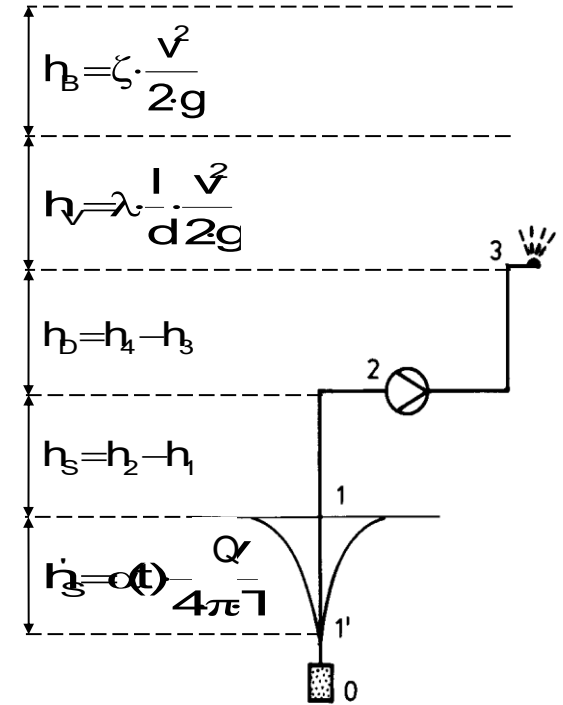
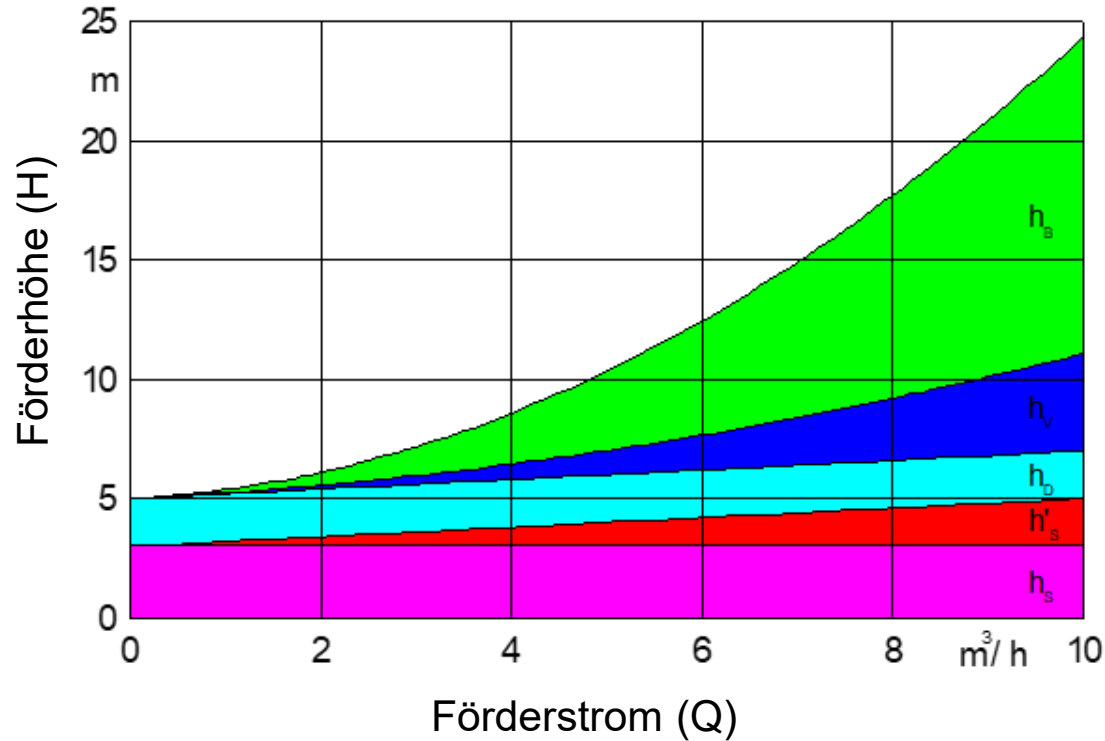
exponentziell

statisch

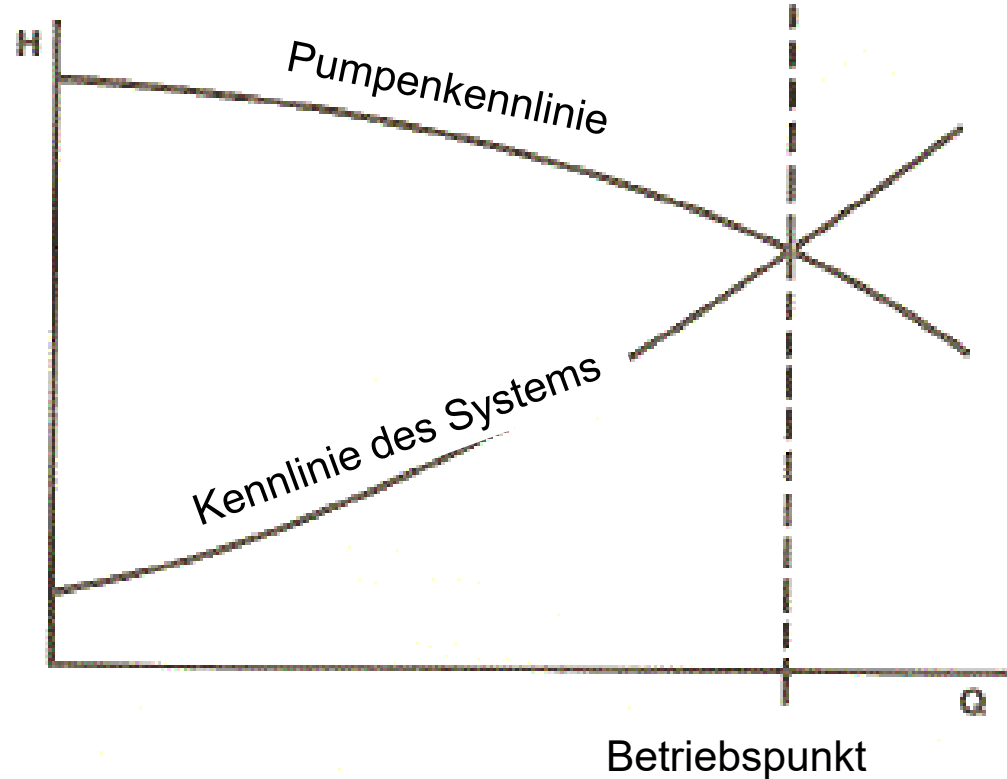
linear

statisch

Kennlinie des Systems



Kennlinie des Systems



<http://www.mcnallyinstitute.com/18-html/18-1.htm>

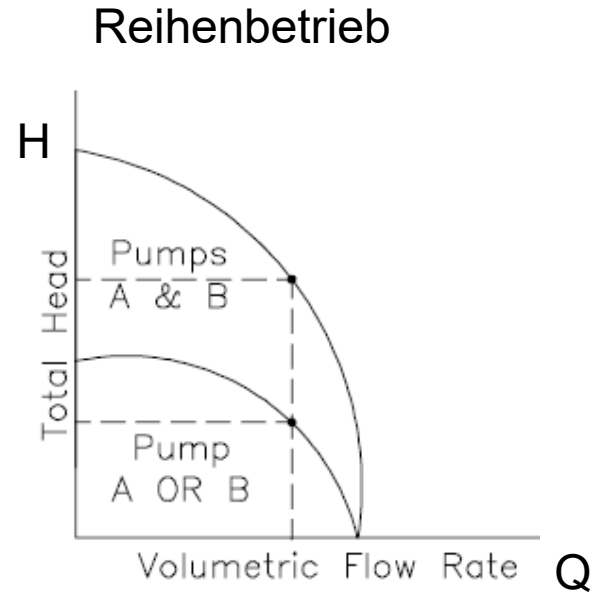
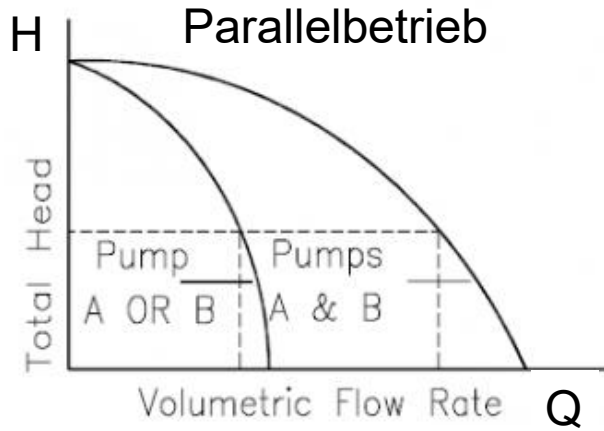
Kreiselpumpen

Parallelbetrieb



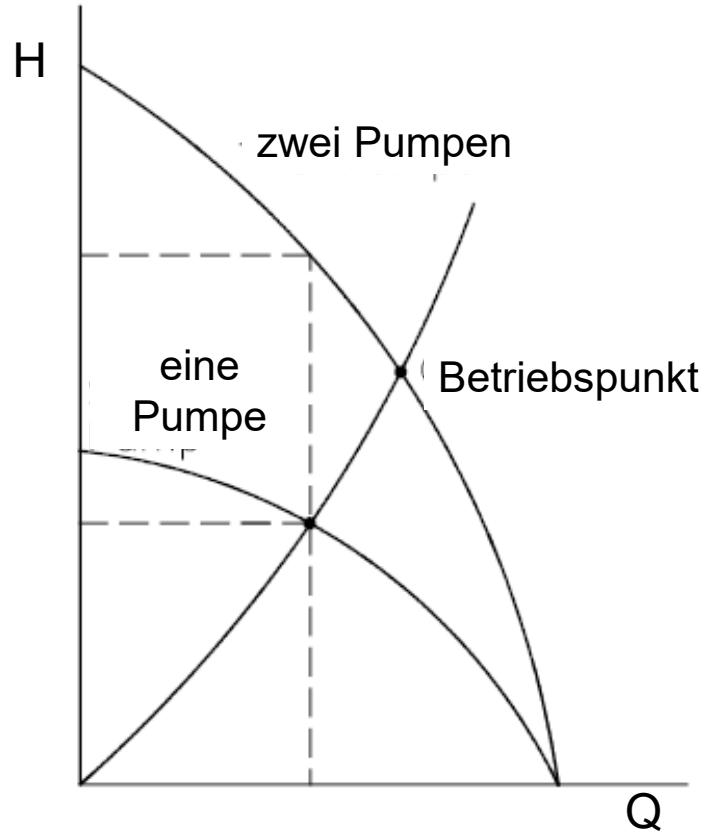
Ägypten, Foto: Müller, Hohenheim

Kreiselpumpen



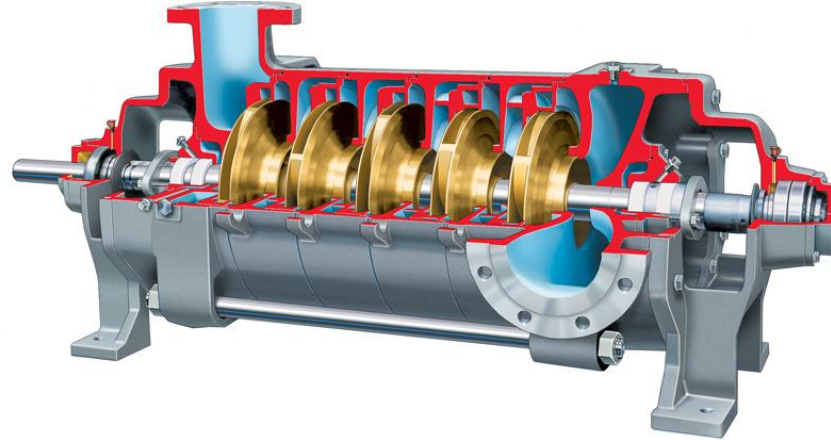
Kreiselpumpen

Reihenbetrieb



Kreiselpumpen

Reihenbetrieb einer Kreiselpumpe mit mehreren Laufrädern



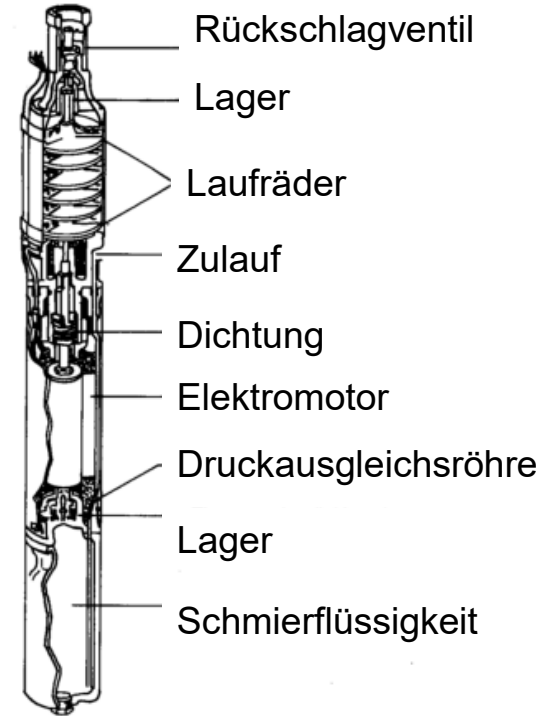
<http://www.flowserve.com>

Kreiselpumpen



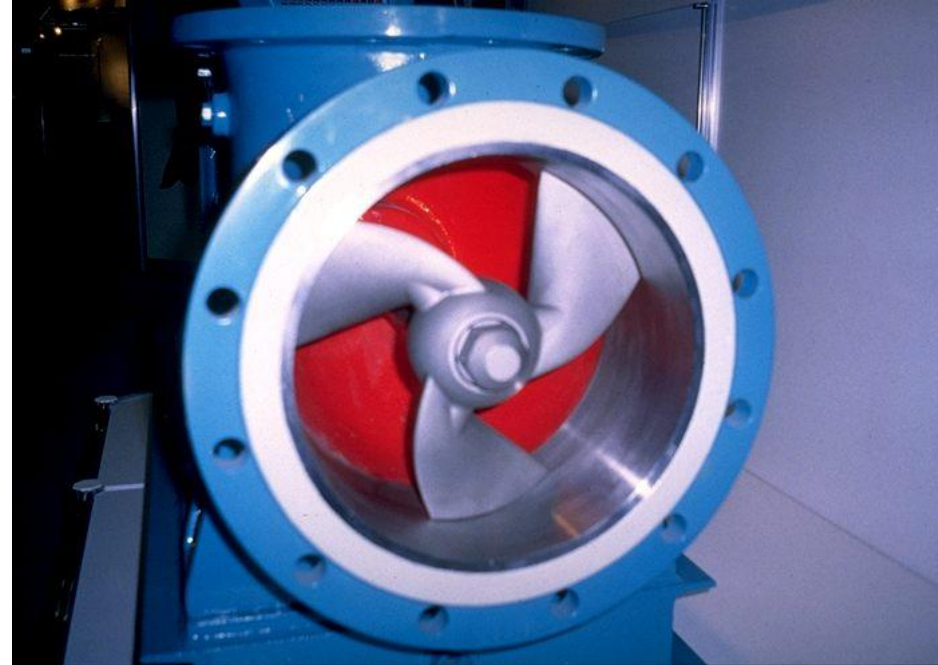
<http://www.lorentz.de>

Brunnenpumpe



Axial flow pumps, Axialflusspumpen

- Hoher Förderstrom
- Niederer Förderdruck /-höhe
- Industrielle Anwendung, z.B. im Trockendock



Axialflusspumpen



USA, Foto: Müller, Hohenheim

Axialflusspumpen

IRRI (International Rice Research Institute)
Pumpe für Paddy-Bewässerung

- Leicht
- Billig
- Flexibel

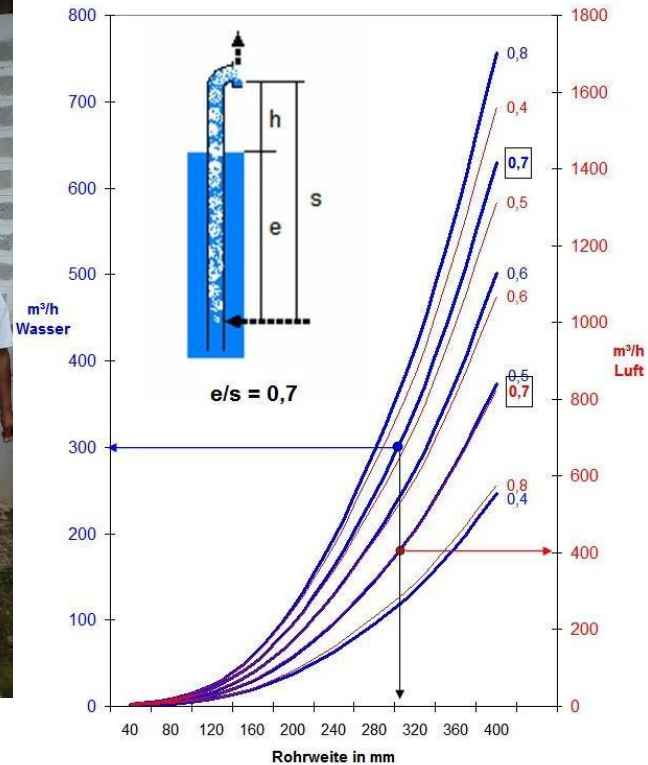
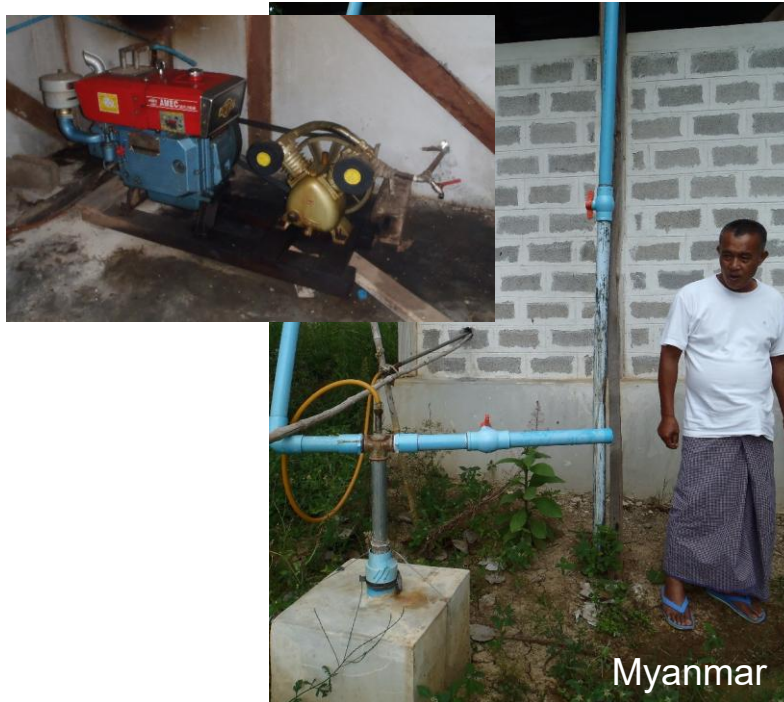


Axialflusspumpen

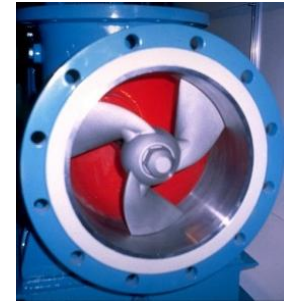


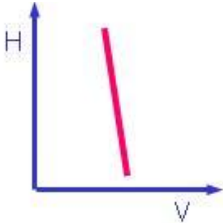
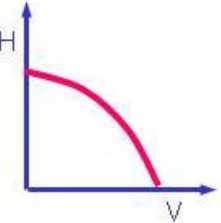
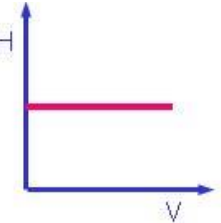
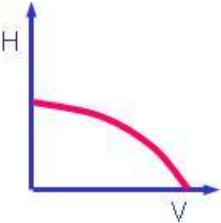
IRRI

Air lift / mammoth pumps



Pumpen – Ein Vergleich



	Kolbenpumpe	Kreiselpumpe	Schraubenpumpe	Axialflusspumpe
				
Head, m	1000	300	10	10
Flow, l/s	50	4500	5000	11000

DANKE

für die Aufmerksamkeit!

*Applied Sciences
for Life*