

Hydraulik

Intensivtraining– Nov. 2022

Thorsten Wallbrecht, Manager Project and Training, Strategic Business Development Deutschland

Agenda Hydraulik

- 1. Physikalische Grundlagen**
- 2. Hydraulische Anlagen**
- 3. Volumenströme**
- 4. Druckverlustberechnung**

Physikalische Grundlagen

Druck

Druck ist der Quotient aus der Kraft F die auf eine A wirkt. Das übliche Formelzeichen p , mit der SI-Einheit Pascal, lehnt sich an das englische Wort für Druck (pressure) an.

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

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

p = Druck Pa
 F = Kraft N
 A = Fläche m^2

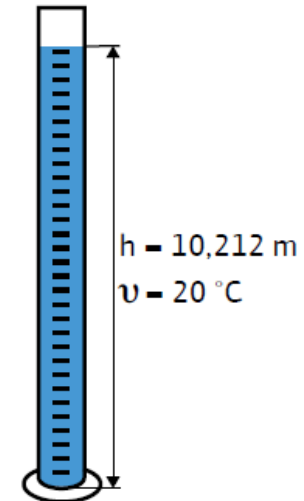
Statischer Druck

Der statische Druck übt auf jede Fläche, die mit dem Fluid in Verbindung steht, eine Kraft aus, die zur Größe der Fläche proportional wirkt – je größer die Fläche, desto größer wird also die darauf wirkende Kraft.

$$p_{\text{stat}} = \rho * g * H$$

$$1 \text{ bar} = 100.000 \text{ Pa} = 0,1 \text{ MPa}$$

p_{stat} = Statischer Druck Pa
 ρ = Dichte kg/m^3
 g = Fallbeschleunigung m/s^2
 H = Förderhöhe m

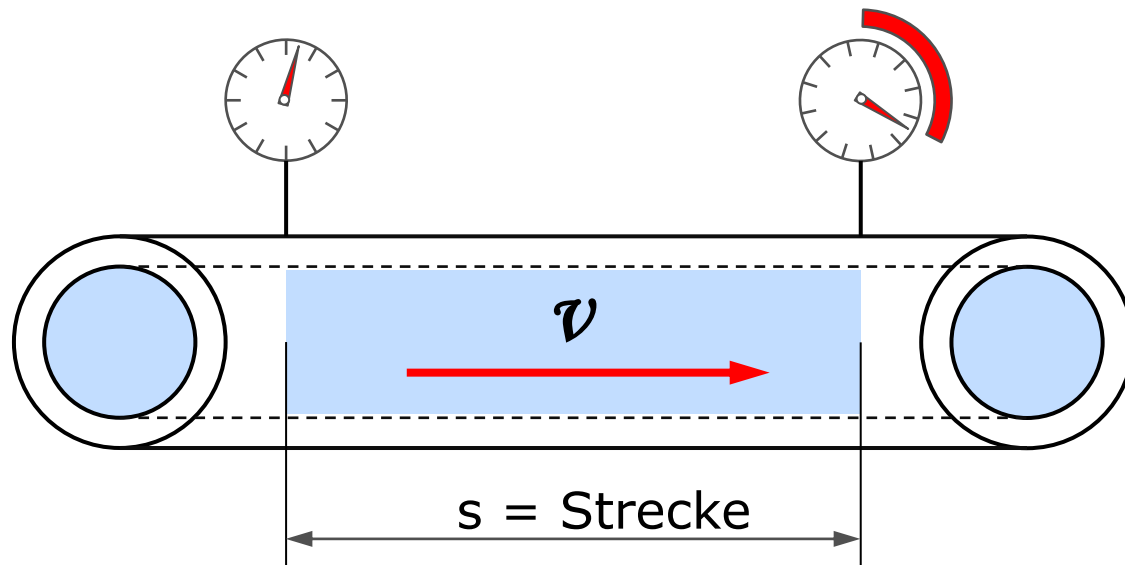


Physikalische Grundlagen

Strömungstechnik

Strömung ist Geschwindigkeit und Druck!

Die Strömungsgeschwindigkeit v in m/s:



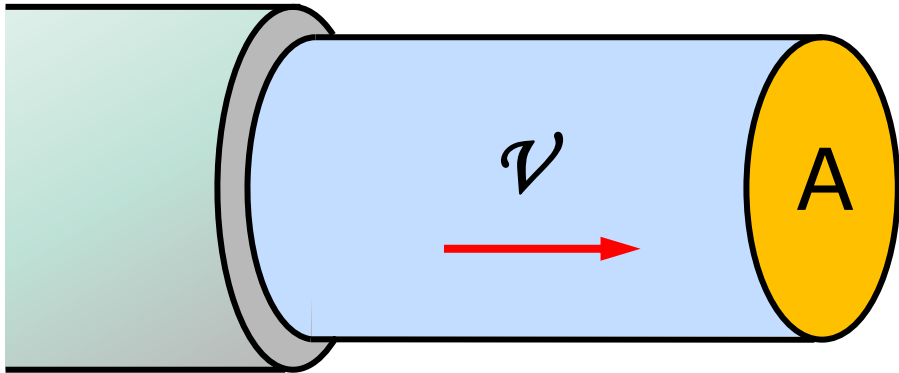
$$v = \frac{s}{t}$$

s = Strecke in m
 t = Zeit in s

Physikalische Grundlagen

Strömungstechnik

Der Volumenstrom in m^3/s :



Umrechnungen:
 $1 \text{ m}^3/\text{s} = 3600 \text{ m}^3/\text{h}$
 $1 \text{ l/s} = 3,6 \text{ m}^3/\text{h}$

$$\dot{V} = A \cdot v$$

$$\dot{V} = \frac{V}{t}$$

A = Rohrquerschnitt in m^2

v = Strömungsgeschwindigkeit in m/s

V = Volumen in m^3

t = Zeit in s

Physikalische Grundlagen

Strömungstechnik - Beispiel

Berechnen Sie die Strömungsgeschwindigkeit v in der Druckleitung dieser Pumpe:

Volumenstrom ca. 36.000 m³/h

Druckleitung DN 2000

Gegeben: _____

Gesucht: _____

Lösung:

Capacity	Head	Motor	Qty	Customer	Application
35600 cum/hr	28 m	3400 kW	5 sets	Lanco Infrastructure	Circulating water (2X600 MW)



Physikalische Grundlagen

Strömungstechnik - Beispiel

$$v = \frac{\dot{V}}{A}$$

$$v = \frac{36.000 \text{ m}^3 * 4}{2^2 \text{ m}^2 * 3,14 * h}$$

$$v = \frac{36.000 \text{ m}^3 * 4 * h}{4 \text{ m}^2 * 3,14 * h * 3.600 \text{ s}}$$

$$\underline{\underline{v = 3,2 \text{ m/s}}}$$

Physikalische Grundlagen

Strömungstechnik

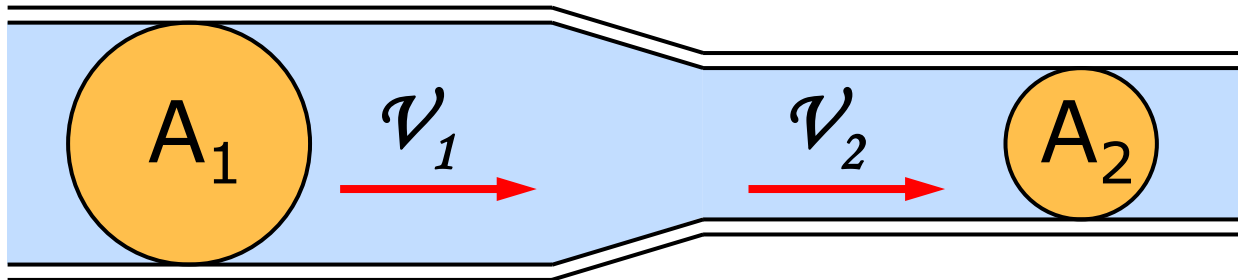
Die Dimensionierung von Rohrquerschnitten bestimmt die Strömungsgeschwindigkeit des Fördermediums im Rohrnetz. Nachfolgend angeführte Werte sollten nicht überschritten werden:

Anschlussnennweite DN mm	Strömungsgeschwindigkeit v m/s
In Gebäudeinstallationen	
HK-Anbindung, FBH, TWZ	0,3 bis 0,5
Verteilleitung	0,5 bis 1,0
Bis Rp 1¼ bzw. DN 32	bis 1,2
DN 40 und DN 50	bis 1,5
DN 65 und DN 80	bis 1,8
DN 80 und größer	bis 2,0
In Fernheizanlagen	2,5 bis max. 3,5
Trinkwasser und Trinkwarmwasser	1,0 bis 2,0
Freispiegelentwässerung	
Waagerechte Rohrleitung	$v_{\min} = 0,7$ bis 1,0
Senkrechte Rohrleitung	$v_{\min} = 1,0$ bis 1,5
Dückerleitung	$v_{\min} = 2,0$ bis 3,0

Physikalische Grundlagen

Strömungstechnik

Durchflussgleichung oder
Kontinuitätsgesetz



$$\dot{V} = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$
$$\dot{V} = \text{Konstant}$$

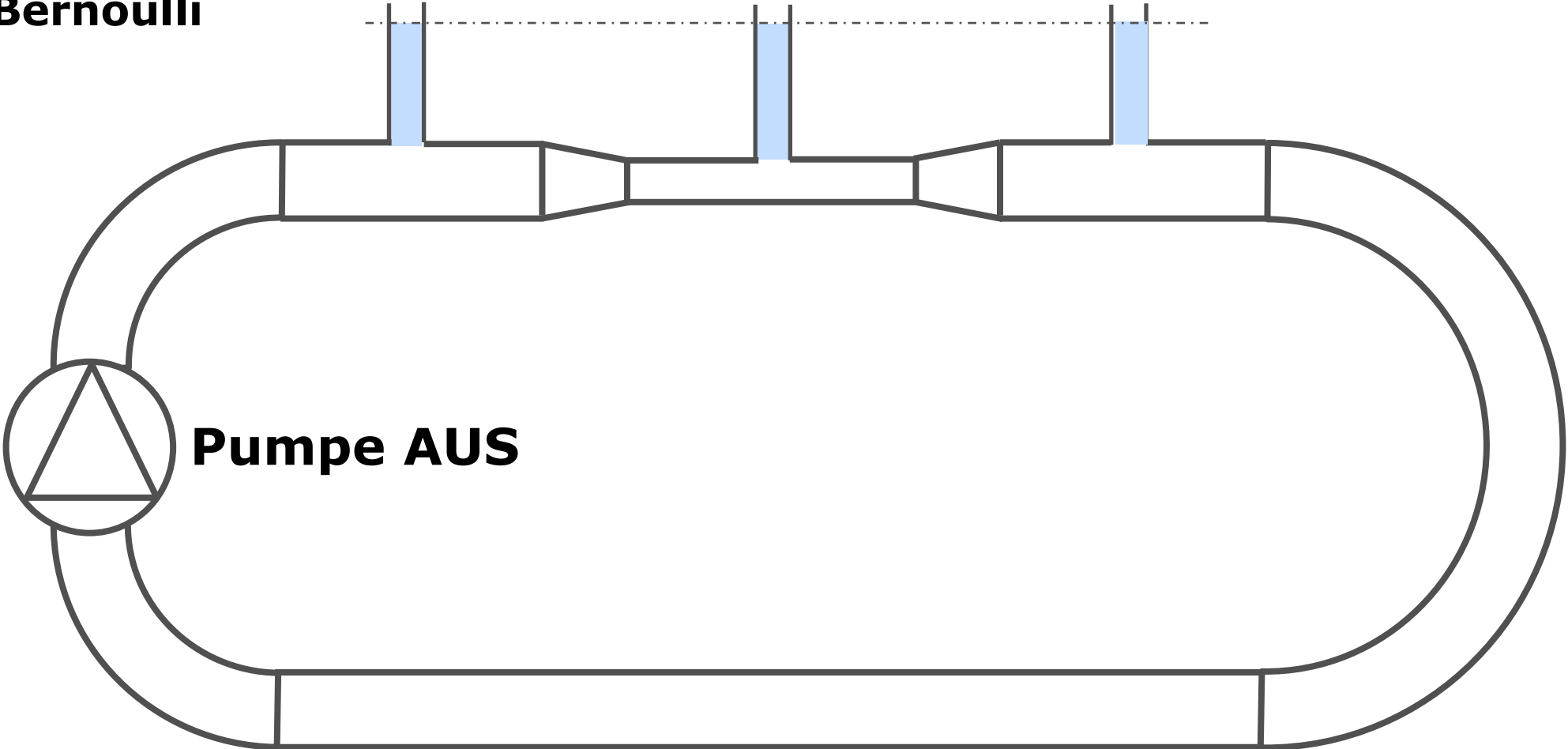
\dot{V} = Rohrquerschnitt in m^3/h

v = Strömungsgeschwindigkeit in m/s

A = lichter Querschnitt in m^2

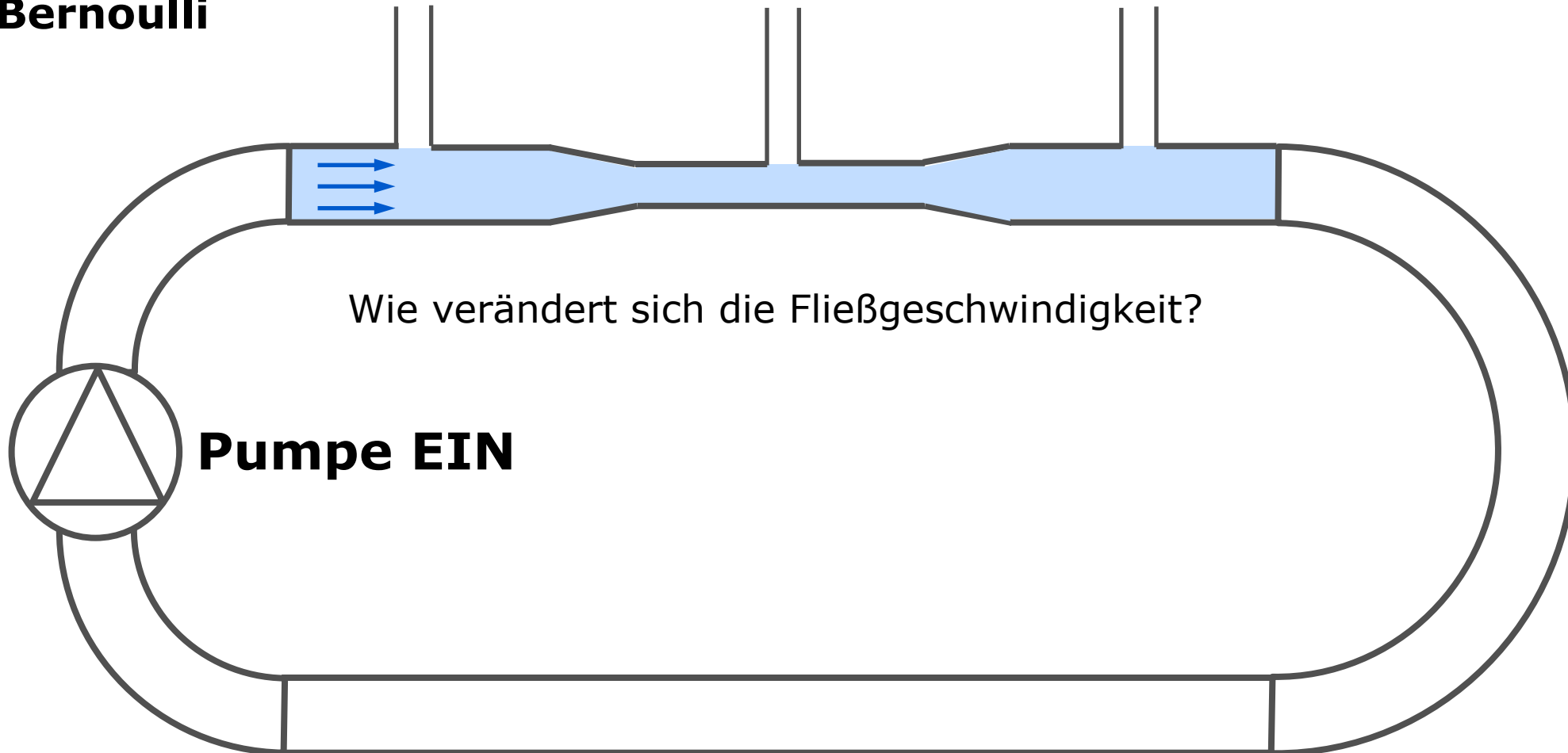
Physikalische Grundlagen

Bernoulli



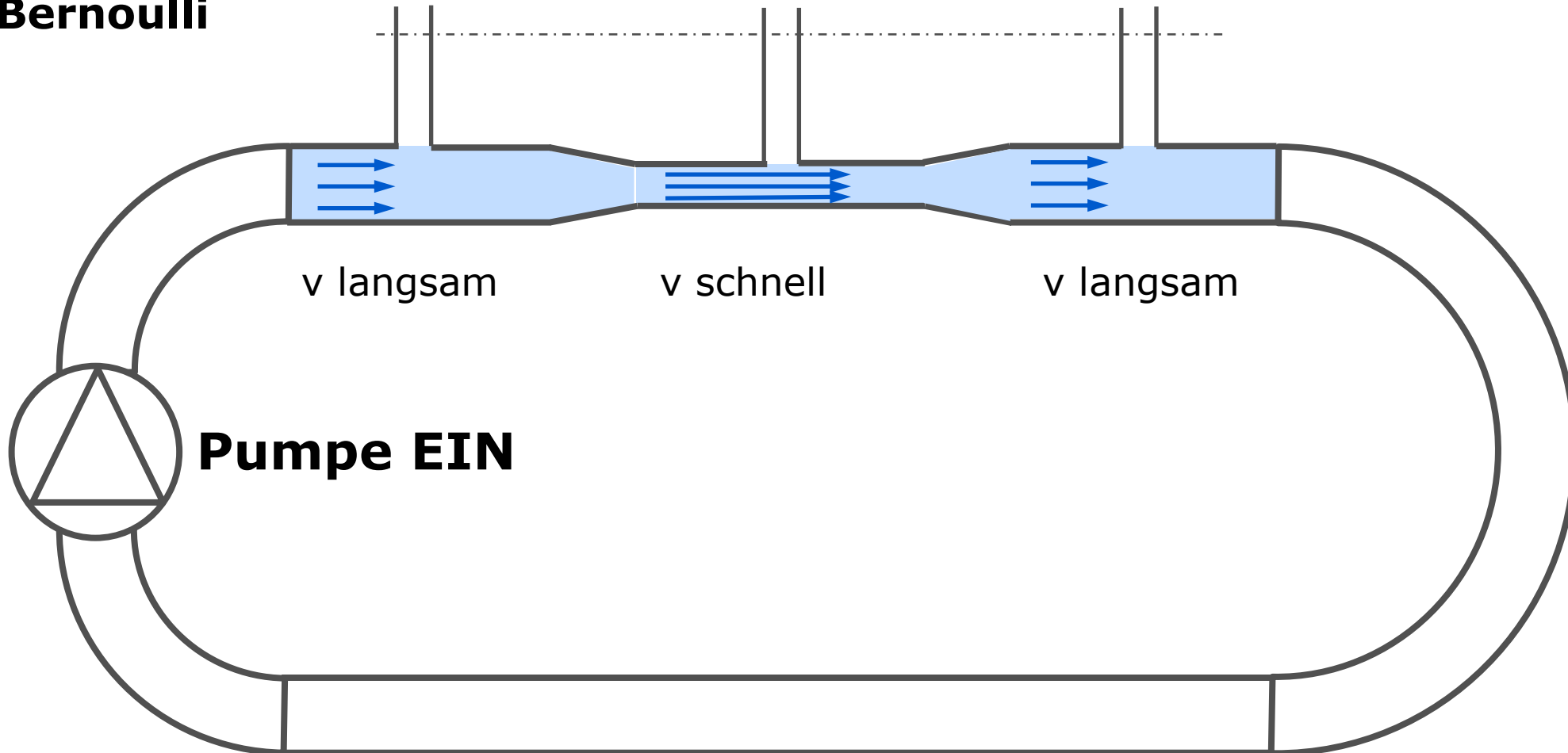
Physikalische Grundlagen

Bernoulli



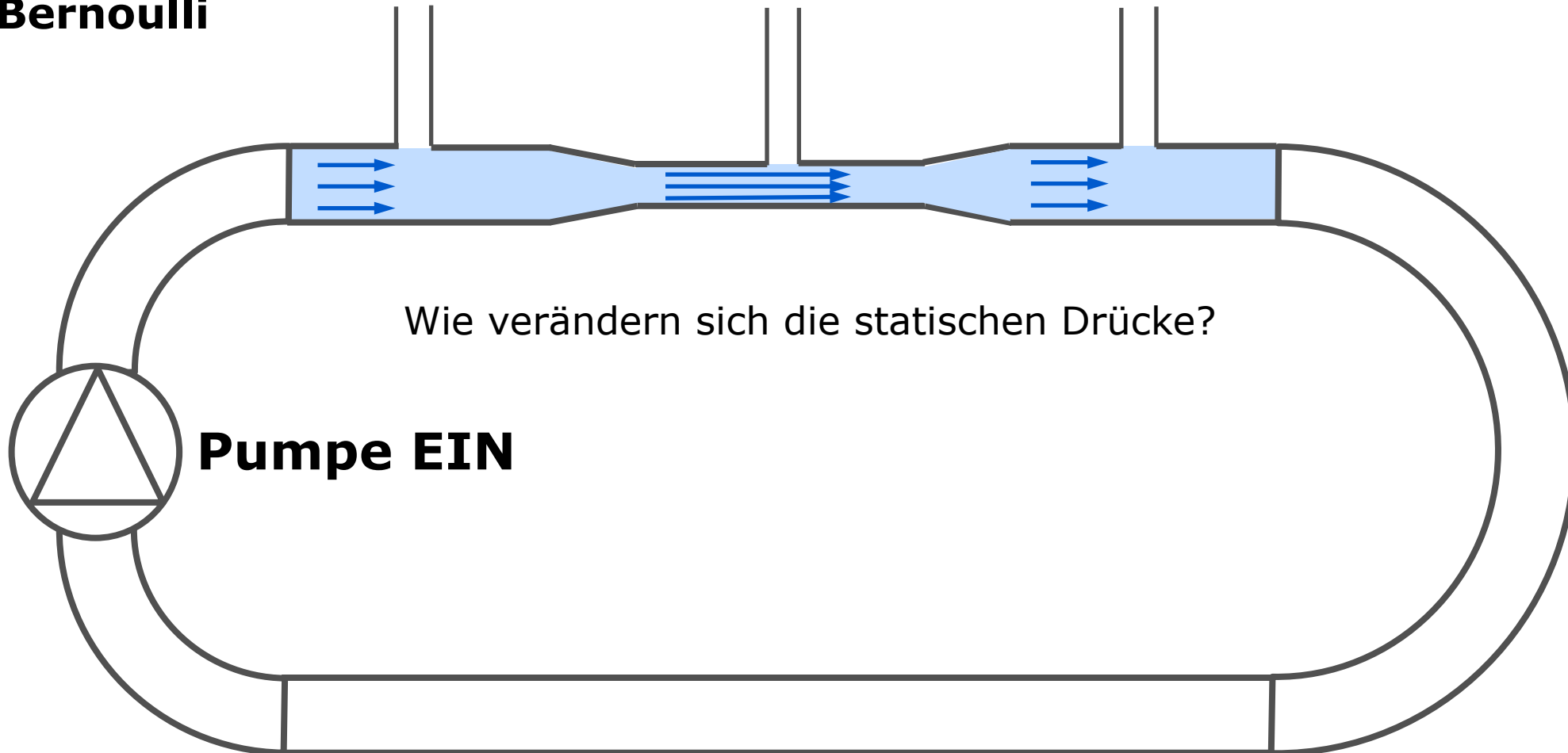
Physikalische Grundlagen

Bernoulli



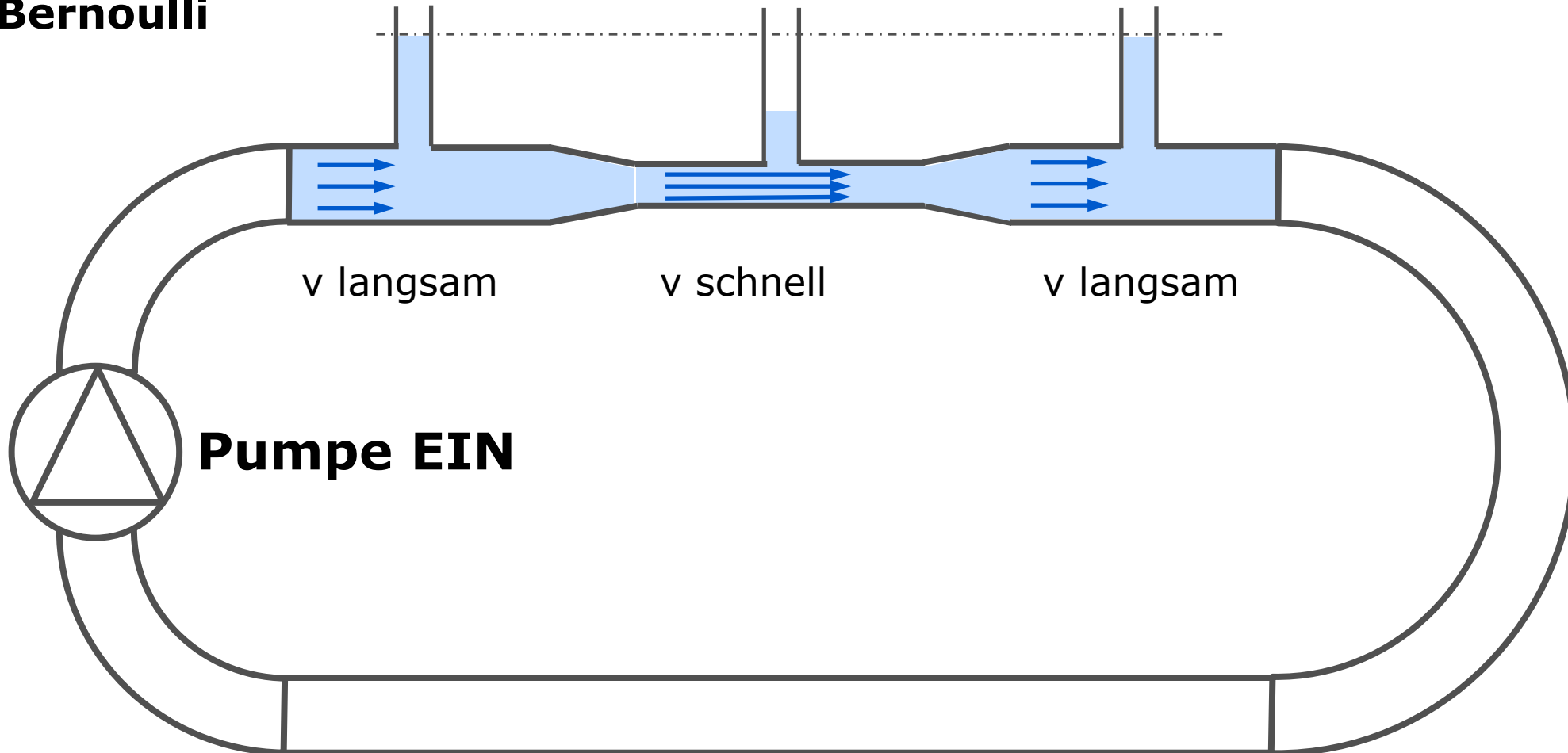
Physikalische Grundlagen

Bernoulli



Physikalische Grundlagen

Bernoulli



Physikalische Grundlagen

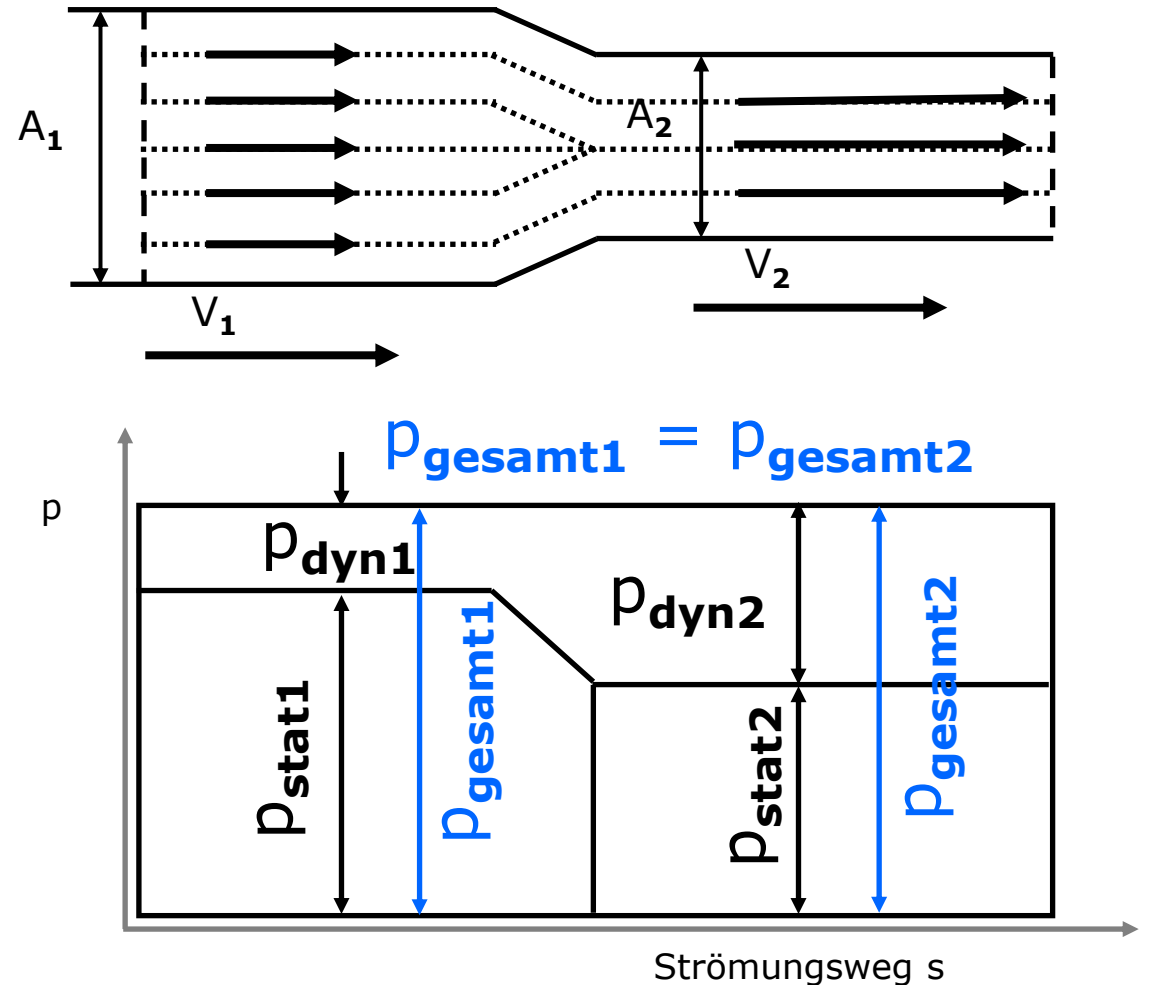
Druckverhältnisse und Strömungsgeschwindigkeit

Satz von Bernoulli*

An jedem Punkt einer bewegten Flüssigkeit ist die Summe der Druckenergie, der Höhenenergie und der Geschwindigkeitsenergie gleich.

$$p_{\text{gesamt}} = p_{\text{stat}} + p_{\text{dyn}}$$

* = Schweizer Physiker 1700-1782

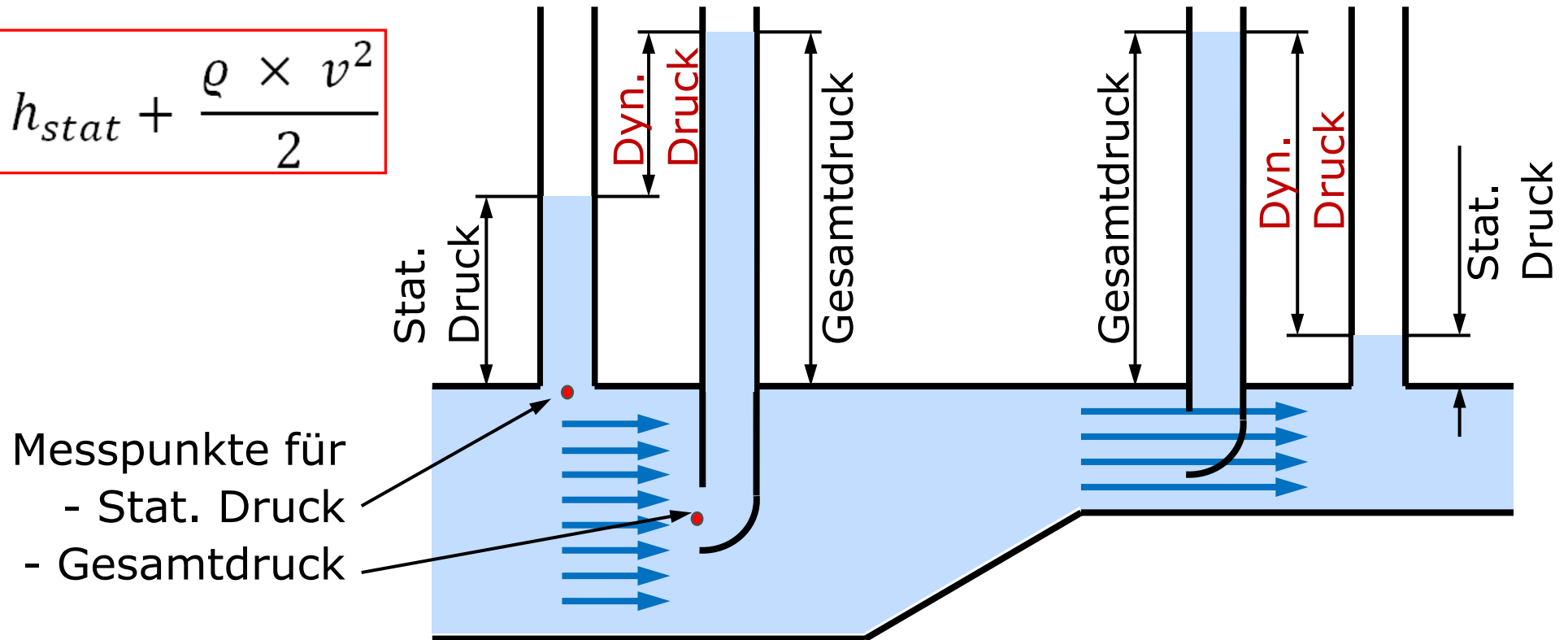


Physikalische Grundlagen

Druckverhältnisse und Strömungsgeschwindigkeit

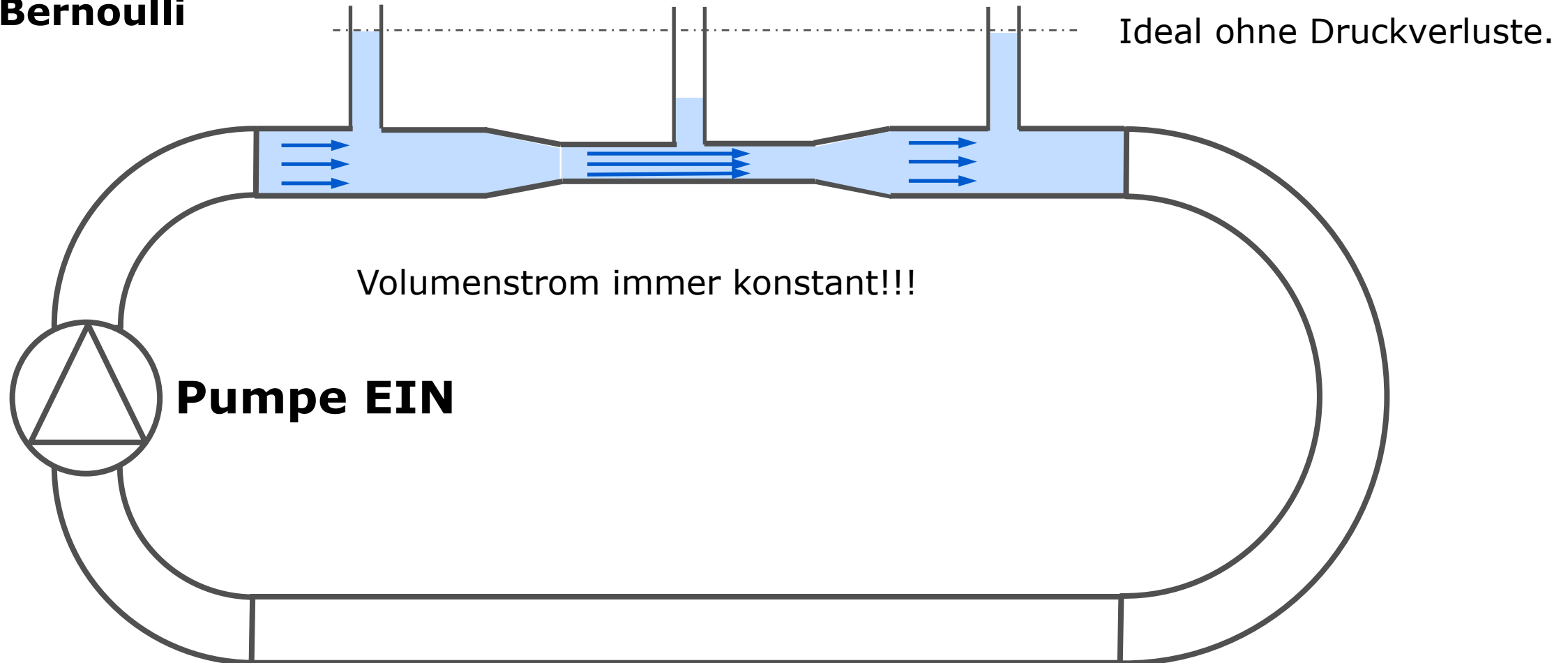
Statischer und dynamischer Druckanteil in einer Strömung

$$p_{ges} = \rho \times g \times h_{stat} + \frac{\rho \times v^2}{2}$$



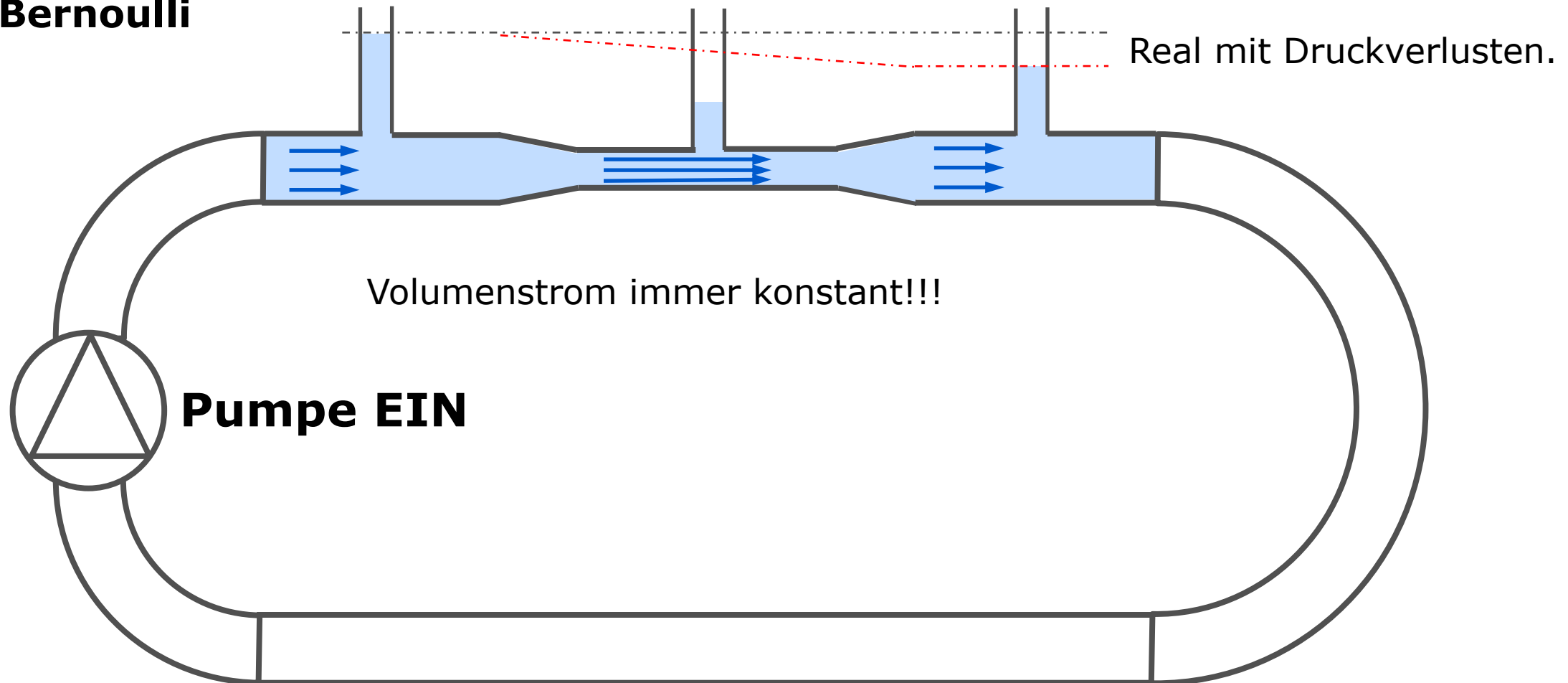
Physikalische Grundlagen

Bernoulli



Physikalische Grundlagen

Bernoulli



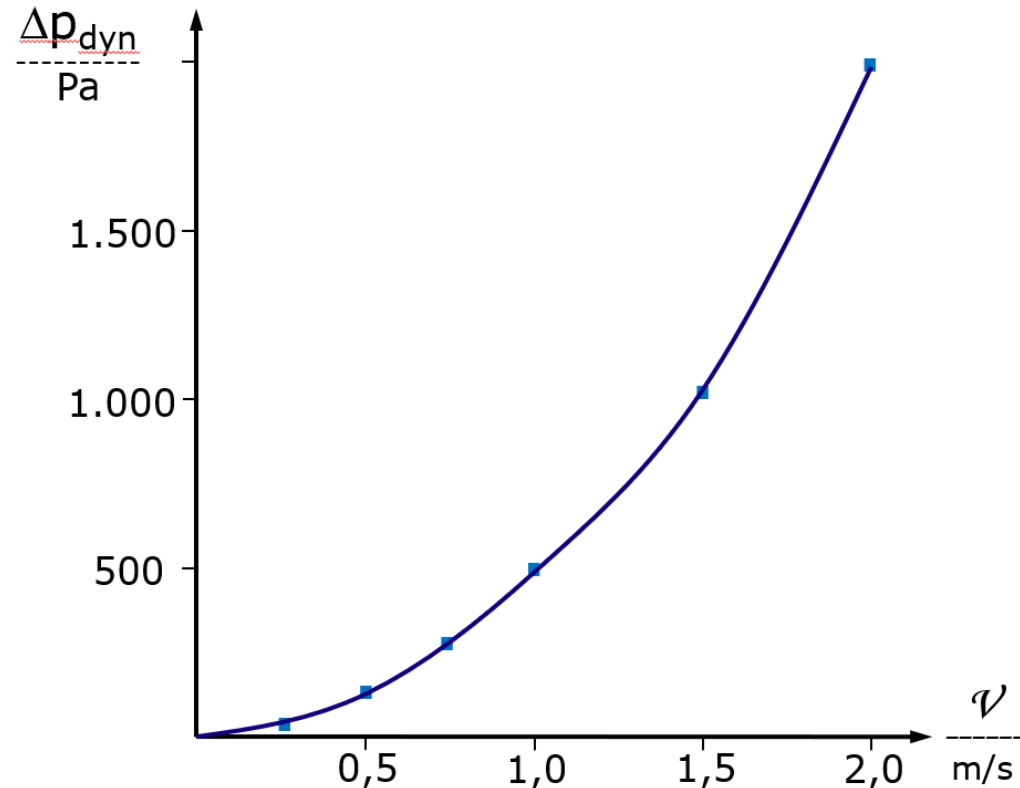
Physikalische Grundlagen

Druckverhältnisse und Strömungsgeschwindigkeit

Statischer und dynamischer Druckanteil in einer Strömung

$$p_{ges} = \rho \times g \times h_{stat} + \frac{\rho \times v^2}{2}$$

v m/s	ΔP_{dyn} Pa
2,0	2.000
1,5	1.100
1,0	500
0,75	275
0,5	125
0,25	31,25



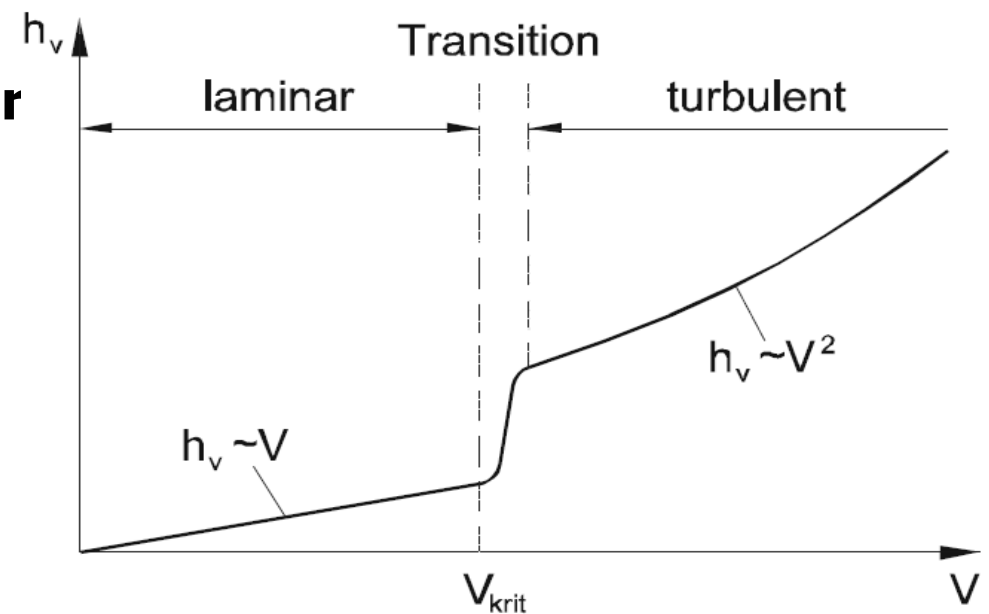
Physikalische Grundlagen

Strömungstechnik – Reibung

Laminare und turbulente Strömung

Druckverluste im laminaren Bereich verhalten sich linear.

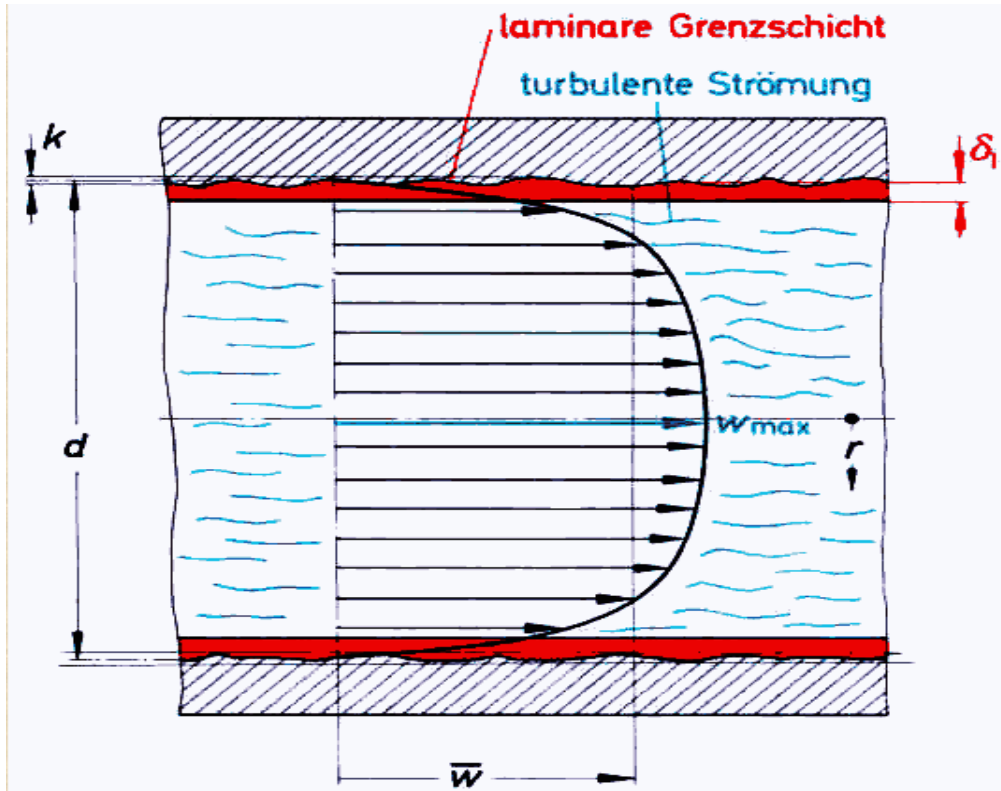
Im turbulenten Bereich steigen die Druckver



Physikalische Grundlagen

Strömungstechnik – Reibung

Turbulente Strömung in einem Rohr mit Wandrauigkeit



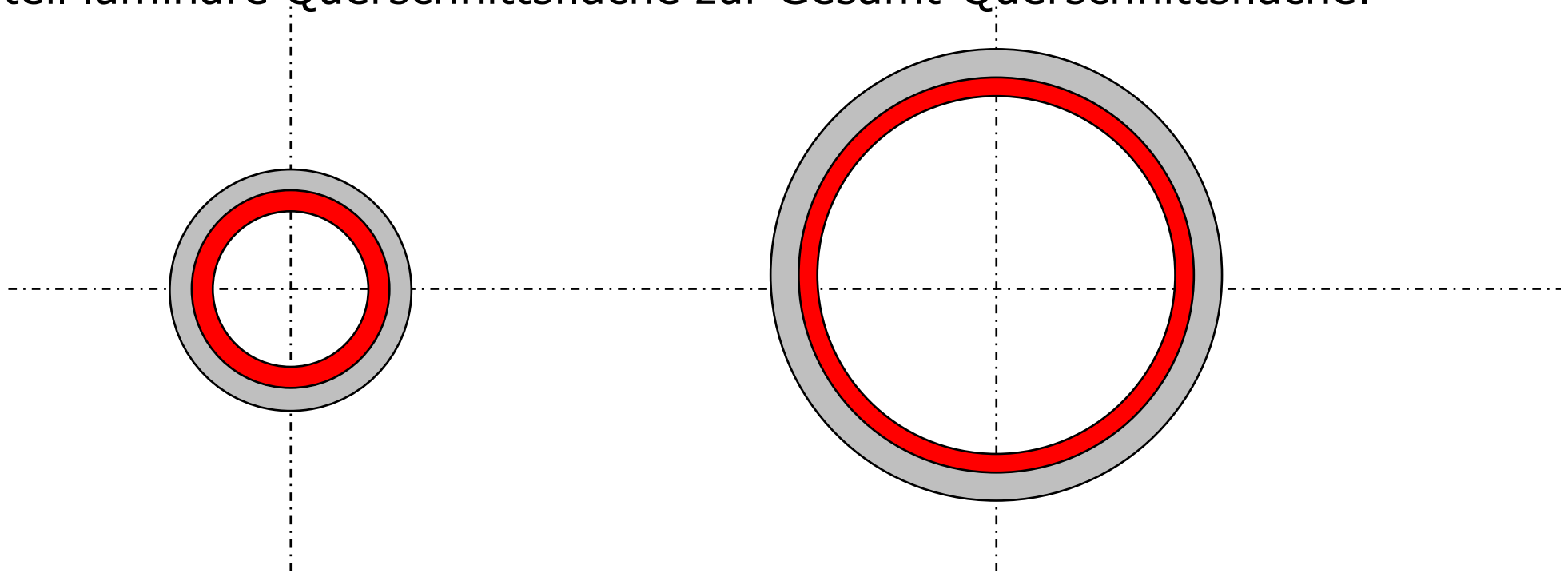
Wandrauhigkeit k : angegeben als durchschnittliche Höhe der Unebenheiten.

Material	Zustand	k [mm]
Gezogenes Metallrohr	Neu	0,0013
Gummischlauch	Neu	0,0016
Gusseisen	Neu	0,2 – 0,6
	Leicht angerostet	0,5 – 1,5
Betonrohr	Neu	0,3 – 0,8

Physikalische Grundlagen

Strömungstechnik – Reibung

In kleinen Rohrdurchmessern ist die Querschnittsfläche der laminaren Strömung zur Gesamt-Querschnittsfläche des Rohres größer. In größeren Rohrdimensionen sinkt der Flächenanteil laminare Querschnittsfläche zur Gesamt-Querschnittsfläche.



Hydraulische Anlagen

Was ist Hydraulik?

Hydros = Wasser

Hydraulik = Wasserkreislauf

System = Pumpe + Anlage

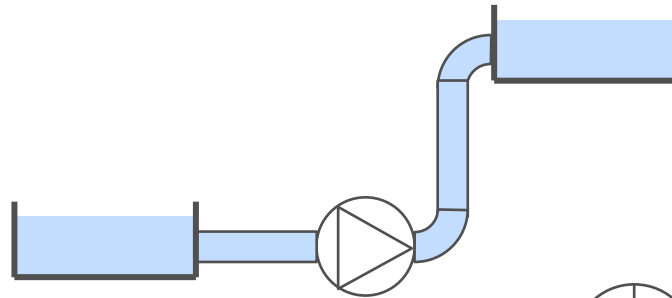
Strömung = Geschwindigkeit + Druck

Reibung = Druckverlust oder Widerstand
verringert den Druck, die Geschwindigkeit bleibt gleich
Massenstromerhaltung = Konstant
Geschwindigkeit wird nicht langsamer!

Hydraulische Anlagen

Anlagenarten

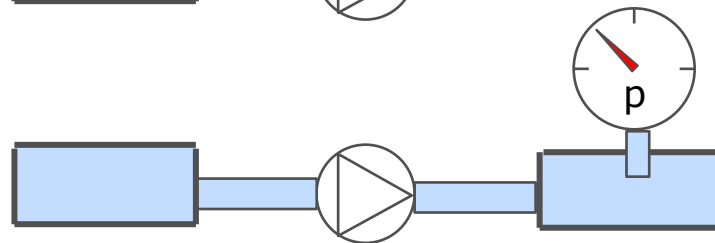
Speicheranlagen
Pumpspeicherwerke



Besonderheit

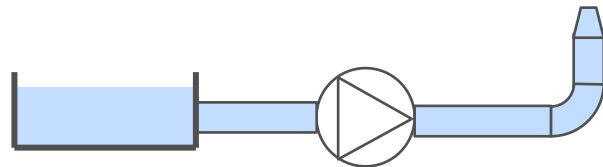
Geodätische Höhe

Speiseanlagen
Dampfanlagen
Speisewasser



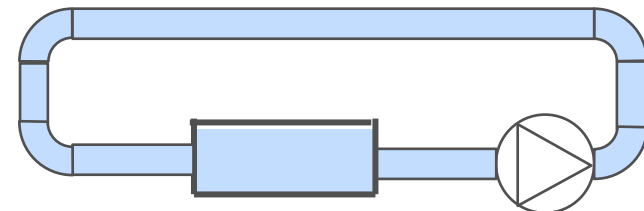
Enddruck p

Freistrahlanlagen
Fontänen



Geschwindigkeit
(Wurfhöhe)

Umwälzanlage
Heizungsanlagen

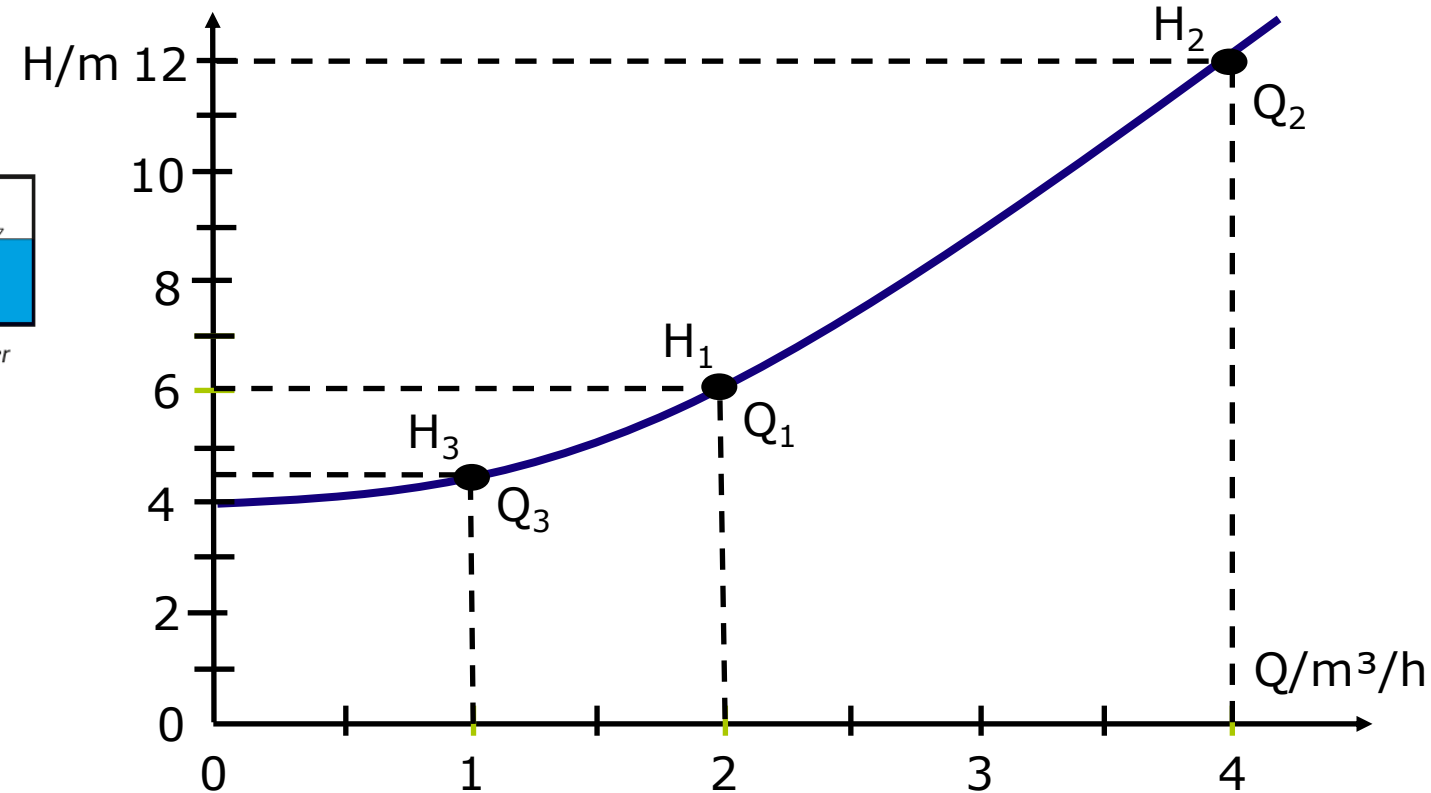
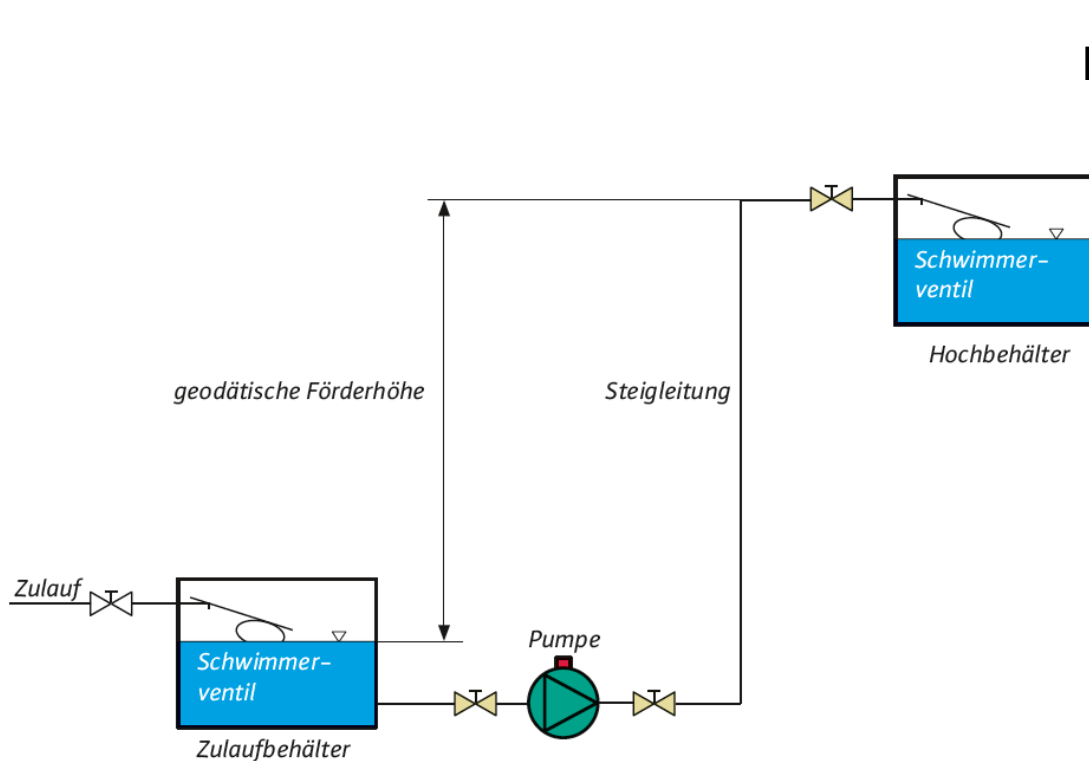


Druckverluste aus Reibung
Druckhaltung geschlossener Systeme

Hydraulische Anlagen

Speicheranlage – Druckerhöhungsanlage - Hebeanlagen

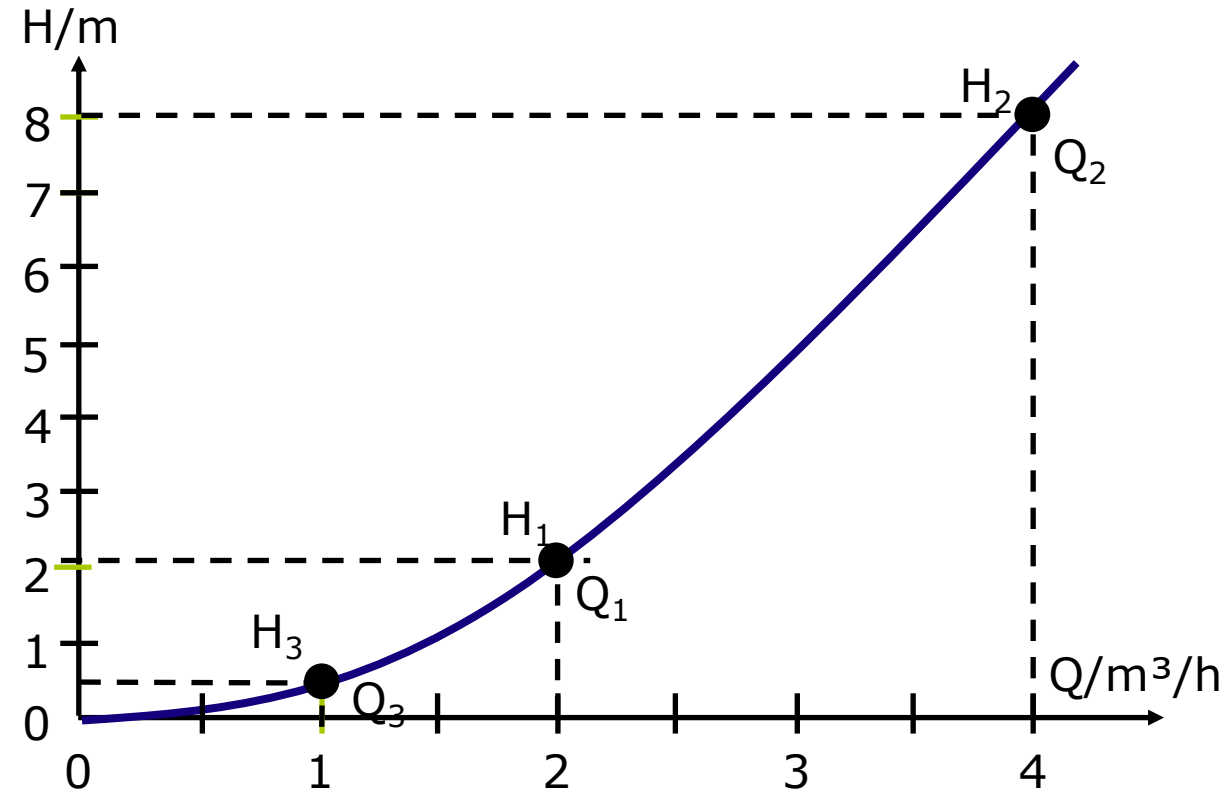
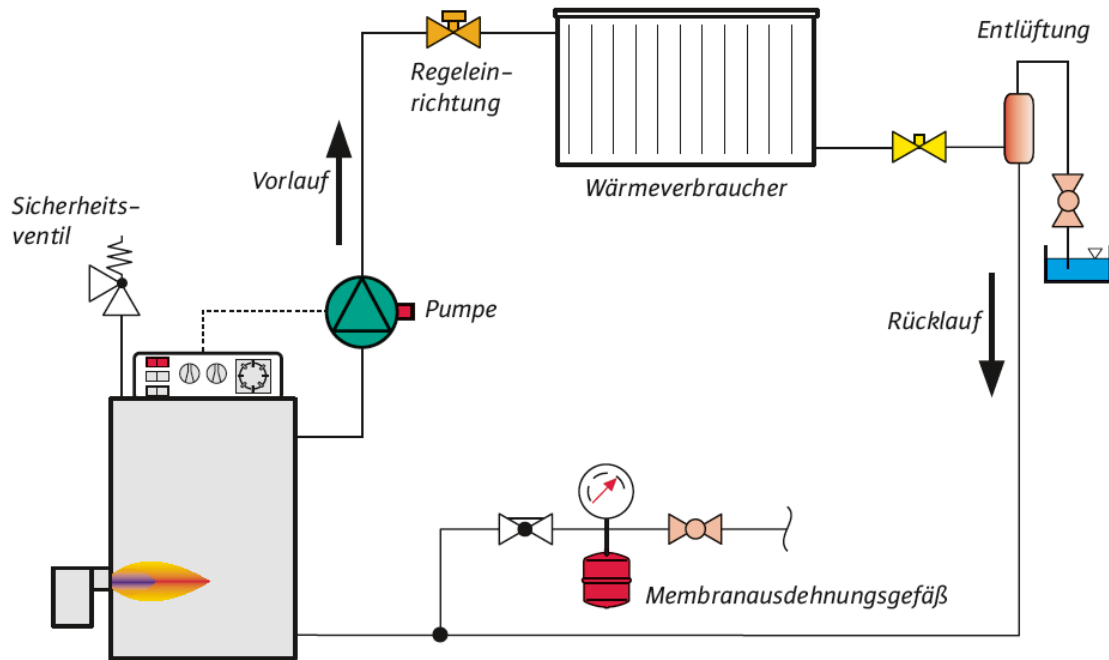
Pumpen zur Förderung von Wasser auf ein höheres Druckniveau.



Hydraulische Anlagen

Umwälzanlage – Heiz-/Kühlsystem

Geschlossenes Heizungssystem



Hydraulische Anlagen

Volumenströme – Heiz- oder Kühlanlage

Die **thermische Leistung** ist eine physikalische Größe, die eine in einer Zeitspanne umgesetzte Wärmeenergie bezogen auf diese Zeitspanne angibt. Sie ist eine charakteristische Kenngröße einer Energieumwandlungsanlage. Sie wird üblicherweise in Kilowatt (kW) oder Megawatt (MW) angegeben und beschreibt den Wärmestrom

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T \quad \text{für } \dot{m} = \rho \cdot \dot{V} \text{ eingesetzt gilt}$$

$$\dot{Q} = \rho \cdot \dot{V} \cdot c \cdot \Delta T \quad \text{umgestellt zum Volumenstrom}$$

$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}}{\rho \cdot c \cdot \Delta T} \quad \text{mit } \rho \cong 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ gilt vereinfacht}$$

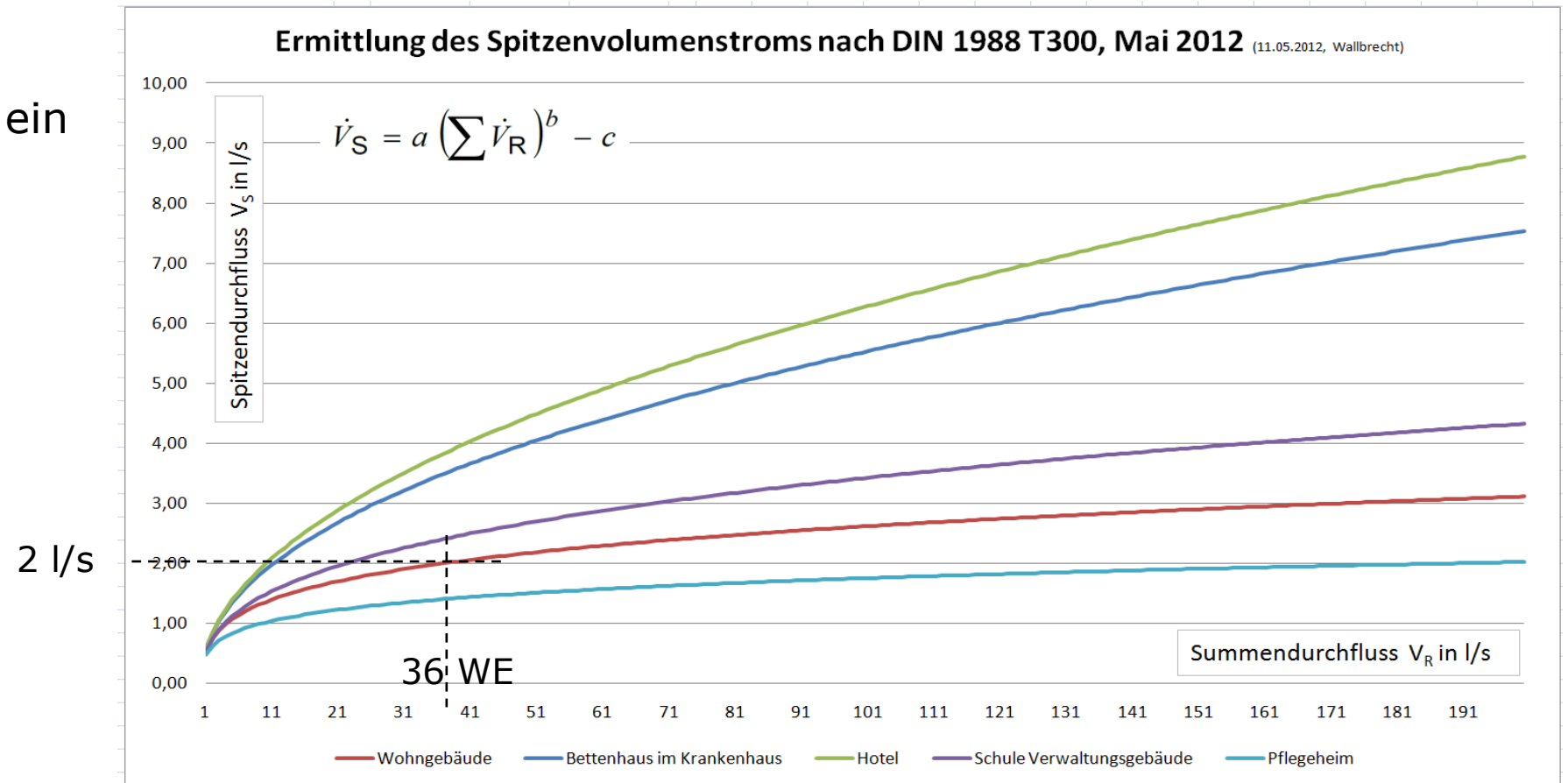
$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}}{1,16 \cdot \Delta T}$$

\dot{Q}	Leistung	kW
\dot{m}	Massenstrom	kg/h
c	spez. Wärmekapazität	Wh/(kg · K)
ΔT	Temperaturdifferenz	K
ρ	Dichte	kg/m ³
\dot{V}	Volumenstrom	m³/h

Hydraulische Anlagen

Volumenströme – Druckerhöhungsanlage

Die Ermittlung des Spitzenvolumenstroms für ein Gebäude mit 36 Wohneinheiten.



Hydraulische Anlagen

Volumenströme – Feuerlöschanlage nach DIN 14462

Auslegung nach Brandschutzkonzept

Fließdruck/Ruhedruck?

Wie wird hier gemessen?

Gibt es Fließdruckmessgerät?

Tabelle 2 — Geforderte Durchflussmengen und Drücke an der Entnahmemarmatur

Kategorie	Durchflussmenge bei Mindestfließdruck	Gleichzeitigkeit	Mindestfließdruck	max. Fließdruck	max. Ruhedruck
Wandhydrant Typ S (Selbsthilfe)	24 l/min	2	0,20 MPa	0,8 MPa	1,2 MPa
Wandhydrant Typ F (Feuerwehr)	100 l/min	3	0,30 MPa		
	200 l/min	3	0,45 MPa		
Überflurhydrant DN 80	800 l/min	nach Brandschutzkonzept	0,15 MPa		
Überflurhydrant DN 100	1 600 l/min				
Unterflurhydrant DN 80	800 l/min				
Löschwasserentnahme „trocken“	Bei einem Wasserdurchfluss von mindestens 200 l/min an drei Entnahmestellen gleichzeitig darf die Druckdifferenz zwischen Löschwassereinspeisung und ungünstigster Entnahmestelle maximal 0,1 MPa + geodätischer Steighöhe betragen.				

Hydraulische Anlagen

Volumenströme – Hebeanlage

Schmutzwasserabfluss (Q_{WW})

ist der erwartete Schmutzwasserabfluss in einem Teil oder der gesamten Entwässerungsanlage, wo nur häusliche sanitäre Entwässerungsgegenstände (siehe Tabelle 2) mit der Anlage verbunden sind.

$$Q_{WW} = K \sqrt{\Sigma(DU)}$$

Dabei ist:

Q_{WW} = Schmutzwasserabfluss

K = Abflusskennzahl

ΣDU = Summe der Anschlusswerte

Entwässerungsgegenstand	System I, DU in l/s
Waschbecken, Bidet	0,5
Dusche ohne Stöpsel	0,6
Dusche mit Stöpsel	0,8
Einzelurinal mit Spülkasten	0,8
Urinal mit Druckspüler	0,5
Badewanne	0,8
Küchenspüle	0,8
Geschirrspüler (Haushalt)	0,8
Waschmaschine bis zu 6 kg	0,8
Waschmaschine bis zu 12 kg	1,5
WC mit 6,0 l Spülkasten	2,0
WC mit 7,5 l Spülkasten	2,0
WC mit 9,0 l Spülkasten	2,5
Bodenablauf DN 50	0,8
Bodenablauf DN 70	1,5
Bodenablauf DN 100	2,0

Hydraulische Anlagen

Volumenströme – Hebeanlage

Die Werte sind mit der Gleichung $Q_{WW} = K\sqrt{\Sigma(DU)}$ berechnet worden.

Graue Zahlenwerte.

Die Fließgeschwindigkeit in der Druckleitung darf 0,7 m/s nicht unterschreiten bzw. 2,3 m/s nicht überschreiten. (EN 12056-4, 6.1)

Summe der Anschlusswerte	K 0,5	K 0,7	K 1,0	K 1,2
ΣDU	Q_{WW} in l/s	Q_{WW} in l/s	Q_{WW} in l/s	Q_{WW} in l/s
10	1,6	2,2	3,2	3,8
12	1,7	2,4	3,5	4,2
14	1,9	2,6	3,7	4,5
16	2,0	2,8	4,0	4,8
18	2,1	3,0	4,2	5,1
20	2,2	3,1	4,5	5,4
25	2,5	3,5	5,0	6,0
30	2,7	3,8	5,5	6,6
35	3,0	4,1	5,9	7,1
40	3,2	4,4	6,3	7,6
45	3,4	4,7	6,7	8,0
50	3,5	4,9	7,1	8,5

Umrechnung l/s in m³/h Multiplikator 3,6

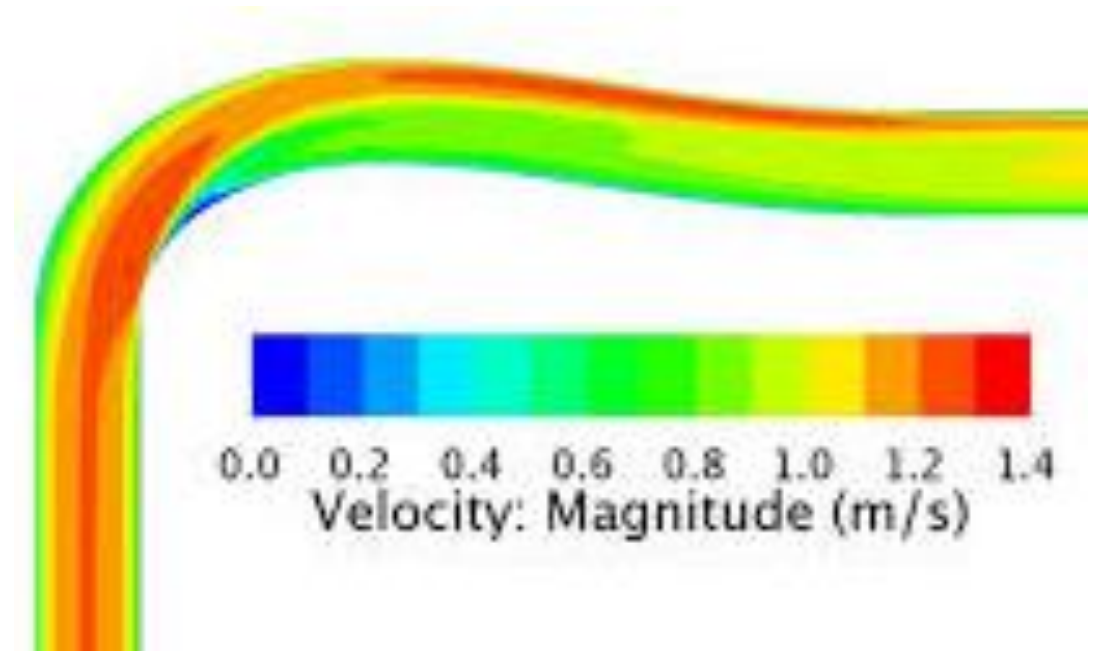
Druckverluste

Definition

Der **Druckverlust**, auch **Druckabfall**, ist die **Druckdifferenz**, die durch Wandreibung und bei Strömungen in Rohrleitungen sowie den zugehörigen Formstücken und Armaturen entsteht.

Für Elemente, die in eine Rohrleitung eingebaut sind, wird in der Technik ein **Druckverlustbeiwert** Zeta angesetzt, der für Standardbauteile Tabellenwerken entnommen werden kann.

Der Druckverlustbeiwert Zeta hängt in erster Linie von der Geometrie des Bauteils ab.



Druckverluste

Zeta-Wert - Definition

Der **Widerstandsbeiwert** oder auch Strömungswiderstandskoeffizient ist in der Strömungslehre ein von der Form eines Körpers abhängiges **dimensionsloses Maß**.

Dabei werden folgende zwei Varianten unterschieden:

- Strömungswiderstandskoeffizient (oder Strömungswiderstandsbeiwert, c_w -Wert genannt) für umströmte Körper *in* Strömungsrichtung.
- Druckverlustbeiwert **ζ (Zeta-Wert)** für durchströmte Körper in einer **Rohrleitung** (z. B. bei einer Armatur)

Druckverluste

Zeta-Wert – Definition

$$\zeta = \frac{\Delta p}{\rho/2 * v^2}$$

$$\Delta p = \zeta * \rho/2 * v^2$$

Schon einmal irgendwo gesehen?

Der Zeta-Wert gibt einfach nur an, wie oft der dynamische Druck in dem Bauteil abgebaut wird.

Widerstandsbeiwerte hintereinandergeschalteter Komponenten können addiert werden, sofern sie sich auf den gleichen Querschnitt beziehen.

Hydraulische Anlagen

Volumenströme und Druckverluste

Wilo-Kompetenzteam Gebäudetechnik
T 0231 4102-7576 - wilo@wilo.com

WILO SE - www.wilo.de

Pioneering for You

Pumpenrechner

Heizlastberechnung nach Verfahren A (Regelleistung)

Nutzfläche für Baualter hier einstellen

1. Baualter	ab 2009	100	125	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1500	2000
	2002 bis 2008	100	125	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1500	2000
	1995 bis 2001			100	125	150	200	250	300	400	500	800	1000	
	1984 bis 1994				100	125	150	200	250	300	400	500	800	
	1978 bis 1983					100	125	150	200	300	400	500		
	bis 1977						100	125	150	200	300	400		

2. | Heizlast Φ [kW]

3. | Temperatur-Differenz T [K bzw. C]

4. | Förderstrom Q [m³/h]

5. | Strömungsgeschwindigkeit v [m/s]

6. | Rohrdurchmesser

7. | Rohrreibungswiderstand R [Pa/m]

8. | Rohrleitungslänge L [m]

9. | Druckabfall/Rohrleitung H_f [Pa]

10. | Summe Einzelwiderstände $\sum \zeta$

11. | Druckabfall/Einzelwiderstände ζ [Pa]

12. | Einfache Rohrleitungslänge* L [m] (Nur Vor- oder nur Rücklauf)

13. | Druckabfall einschl. aller Einzelwiderst. = erforderliche Förderhöhe H [mWS]

Pauschale Ermittlung der Pumpenförderhöhe

*Die doppelte Rohrleitungslänge – also die Summe aus Vor- und Rücklauf – ist im Ergebnis berücksichtigt.

In 13. | Förderhöhe sind 100 Pa/m plus 30 Pa/m für ζ -Werte angesetzt und folgende Zuschläge enthalten: → +0,5m für Thermostatventile → +0,5m für Kessel

Zoll*	Inhalt [l/m]	d, x s [mm]	DN**	Inhalt [l/m]	d, x s [mm]
3/8"	0,12	17,2 x 2,35	40	1,46	48,3 x 2,6
1/2"	0,20	21,3 x 2,65	50	2,33	60,3 x 2,9
3/4"	0,37	26,9 x 2,65	65	3,88	76,1 x 2,9
1"	0,59	33,7 x 3,25	80	5,35	88,9 x 3,2
1 1/4"	1,02	42,4 x 3,25	100	9,01	114,3 x 3,6
			125	13,62	139,7 x 4

	3/8" bis 1/2"	3/4" bis 1"	1 1/4" bis DN 40	DN 50 & mehr	
T-Abzweig	1,5	1,0	0,5	0,5	1,5
T-Gegenlauf					3,0
T-Stück, Durchg.					0,5
Hosenstück					1,5
Geradesitzventil	10,0	7,0	5,0	4,0	Thermostatventile nach Herstellerangaben
Schrägsitzventil	3,5	3,0	2,5	2,0	

Druckverluste

K_V - und K_{VS} -Wert

Definition

Der k_{VS} -Wert bezeichnet den Volumenstrom in m^3/h bei $\Delta p = 1$ bar und einem Nennhub von 100 %, das heißt **bei einem voll geöffnetem Ventil.**



SANITÄR

GEHEIMNISVOLLE WERTE BESCHREIBEN EIN VENTIL

K_V -Wert – was ist denn das?

Welcher Volumendurchsatz durch ein Absperrorgan rauschen kann, lässt sich über den K_V -Wert exakt ermitteln

Kenner der jeweiligen Szene können mit Kennwerten in der Regel etwas anfangen. Der cw-Wert eines Fahrzeuges beispielsweise hat irgendwas mit seiner windschnittigen Form zu tun. Der körpereigene Body-Mass-Index kann einem bei der Entscheidung helfen, ob die nächste Currywurst doch besser wegfallen sollte. Aber was versteckt sich hinter dem K_V -Wert eines Ventils?

Druckverluste

K_V - und K_{VS} -Wert

Der **k_V -Wert** bezeichnet den Volumenstrom durch ein Ventil. Er bezieht sich auf den Durchfluss von **Wasser** in der Einheit [**m^3/h**] bei einem Druckverlust von **1 bar** über das Ventil **und dem jeweiligen Hub**.

Wenn die Dichte ρ in etwa gleich bleibt gilt vereinfacht:

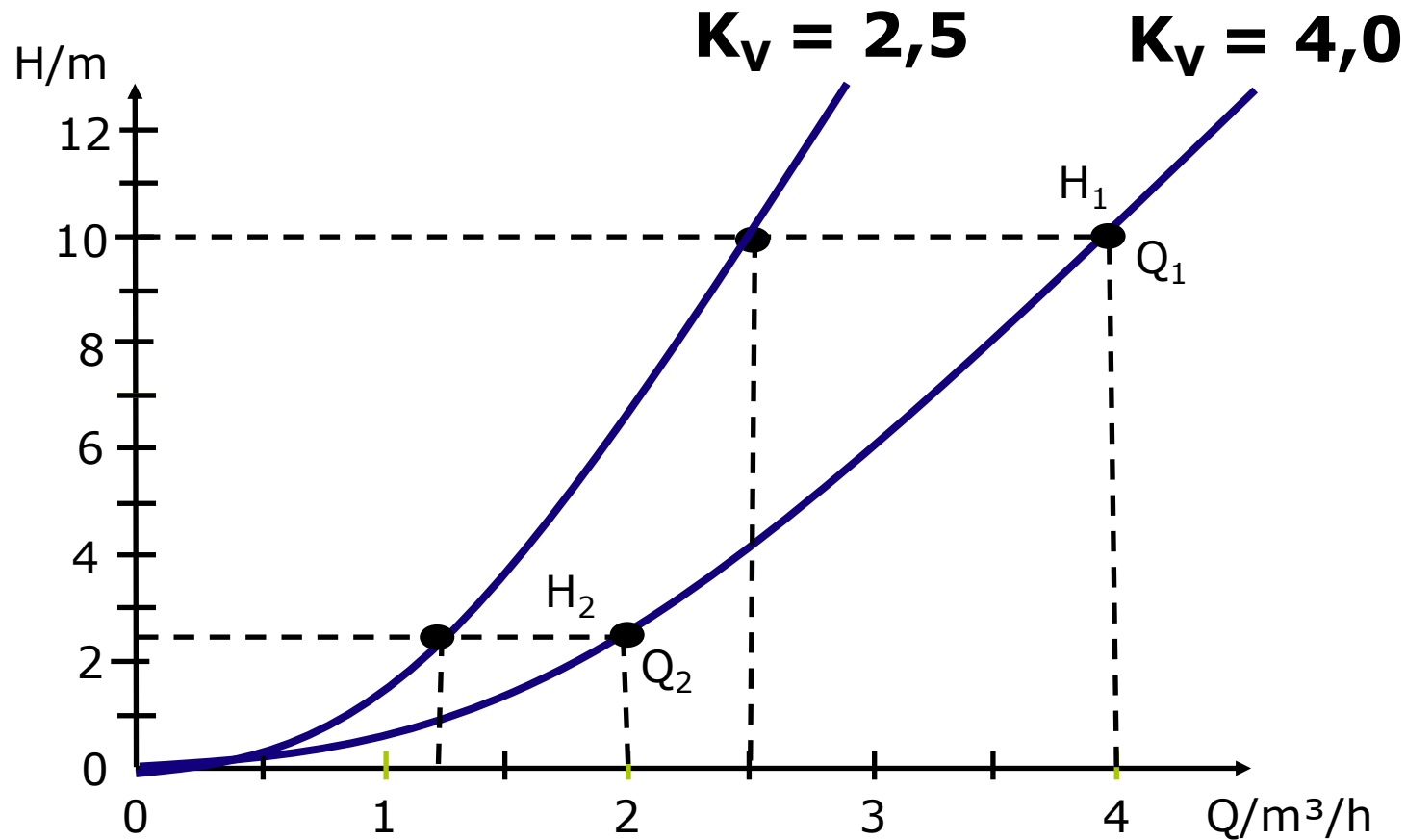
$$K_V = \frac{\dot{V}}{\sqrt{\Delta p_V}}$$

\dot{V} = Volumenstrom in m^3/h

Δp_{V0} = Differenzdruck über dem Ventil in bar

Druckverluste

K_V - und K_{VS} -Wert



Feedback Intensivtraining Hydraulik

Videoschulung

Anregungen, Wünsche, Schwierigkeitsgrad, Präsentation, Interaktionen usw.