

Abb. 1 Druckhöhenverlust: Rohrreibungsbeiwert  $\lambda$  als Funktion der REYNOLDS-Zahl  $Re$  und der relativen Rauigkeit  $d/k$

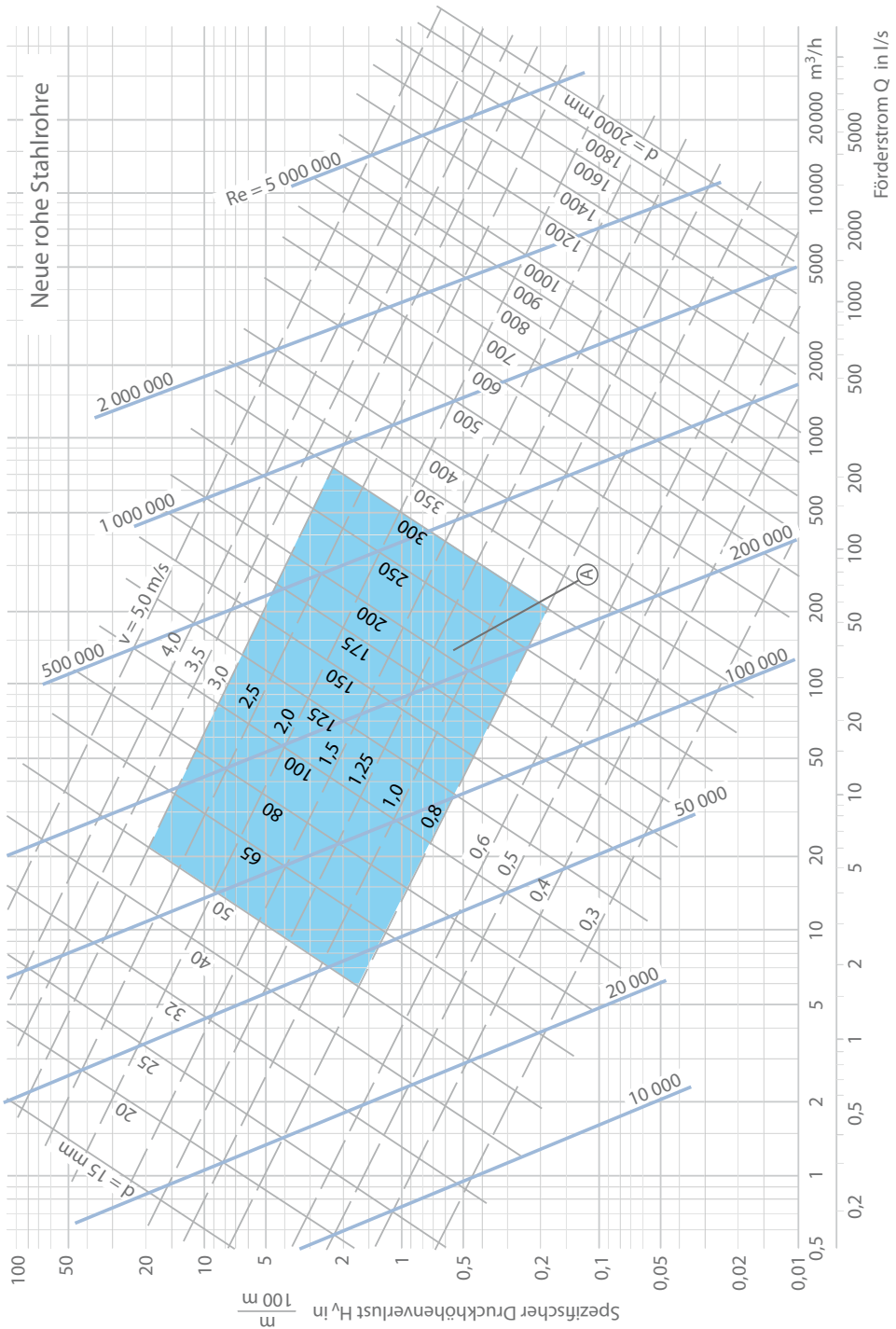


Abb. 3 Druckhöhenverlust: Druckhöhenverluste  $H_v$  für neue Stahlrohre ( $k = 0,05 \text{ mm}$ )  
siehe auch Feld (A) im Anhang unter Druckhöhenverlust Abb. 1

DN	D	nahtlos		geschweißt		nahtloses Rohr		geschweißtes Rohr	
		s *	d	s **	d	Gewicht in kg/m Rohr	Wasser	Gewicht in kg/m Rohr	Wasser
15	21,3	2,0	17,3	1,8	17,7	0,952	0,235	0,866	0,246
20	26,9	2,0	22,9	1,8	23,3	1,23	0,412	1,11	0,426
25	33,7	2,3	29,1	2,0	29,7	1,78	0,665	1,56	0,692
32	42,4	2,6	37,2	2,3	37,8	2,55	1,09	2,27	1,12
40	48,3	2,6	43,1	2,3	43,7	2,93	1,46	2,61	1,50
50	60,3	2,9	54,5	2,3	55,7	4,11	2,33	3,29	2,44
65	76,1	2,9	70,3	2,6	70,9	4,71	3,88	5,24	3,95
80	88,9	3,2	82,5	2,9	83,1	6,76	5,34	6,15	5,42
100	114,3	3,6	107,1	3,2	107,9	9,83	9,00	8,77	9,14
125	139,7	4,0	131,7	3,6	132,5	13,4	13,6	12,1	13,8
150	168,3	4,5	159,3	4,0	160,3	18,2	19,9	16,2	20,2
200	219,1	6,3	206,5	4,5	210,1	33,1	33,5	23,8	34,7
250	273,0	6,3	260,4	5,0	263,0	41,4	53,2	33,0	54,3
300	323,9	7,1	309,7	5,6	312,7	55,5	75,3	44,0	76,8
350	355,6	8,0	339,6	5,6	344,4	68,6	90,5	48,3	93,1
400	406,4	8,8	388,8	6,3	393,8	86,3	118,7	62,2	121,7
500	508,0	11,0	486,0	6,3	495,4	135	185,4	77,9	192,7
600	610,0	12,5	585,0	6,3	597,4	184	268,6	93,8	280,2

D = Außendurchmesser in mm  
d = Innendurchmesser in mm  
s = Wandstärke in mm

\* ab DN 32 nach EN 10216-X  
\*\* ab DN 25 nach EN 10217-X

Abb. 4 Druckhöhenverlust: Gewichte, Maße und Wasserfüllung handelsüblicher Stahlrohre nach EN 10220

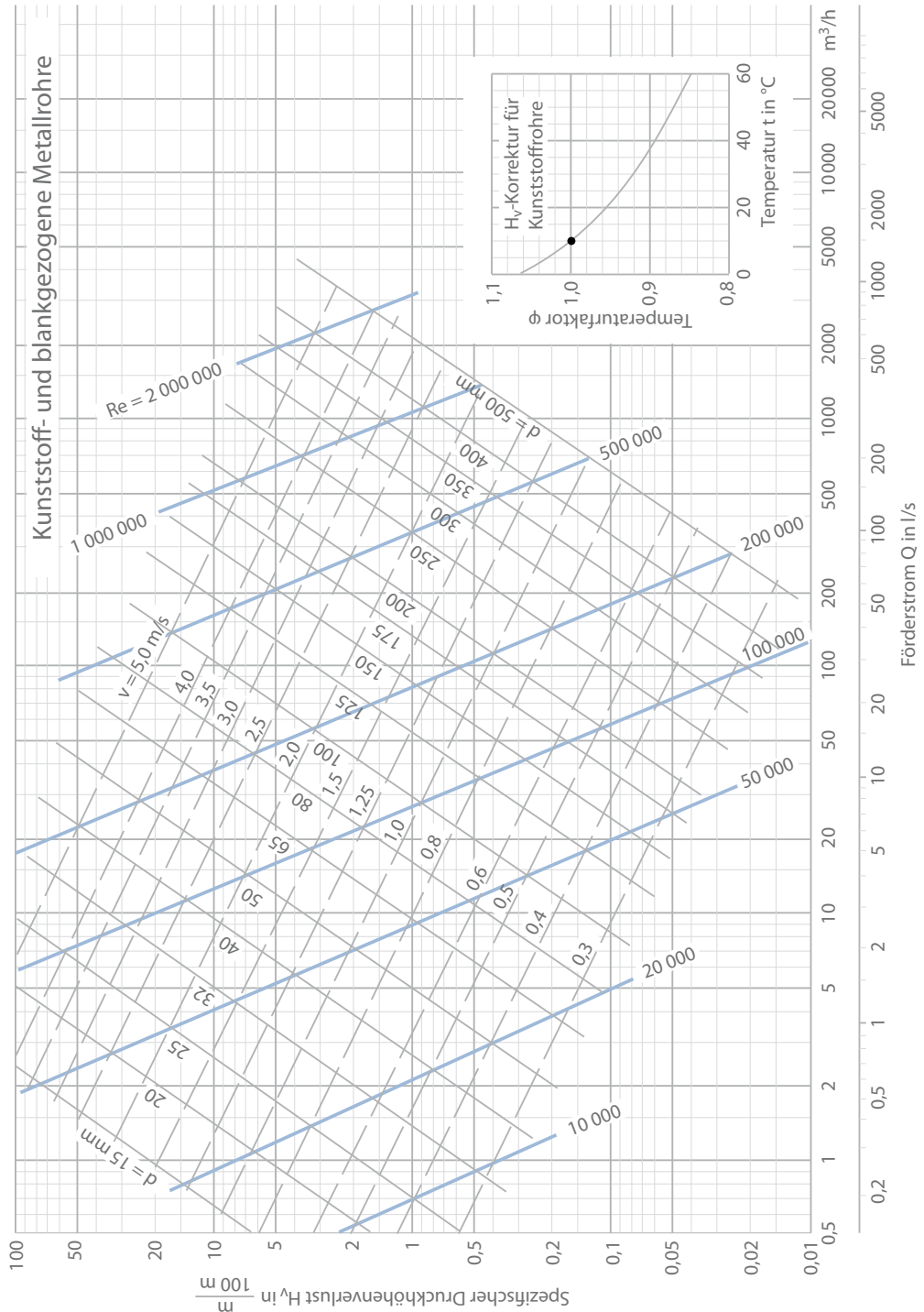


Abb. 5 Druckhöhenverlust: Druckhöhenverluste  $H_v$  für hydraulisch glatte Rohre ( $k = 0$ )  
 (für Kunststoffrohre bei  $t \neq 10^{\circ}C$  mit Temperaturfaktor  $\phi$  zu multiplizieren)

Art der Armatur	Bauform	Verlustbeiwert $\zeta$ bei DN =																	Anmerkung			
		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	400	500	600		800	1000	
Flachschieber ( $d_E = DN$ )	min	0,1																		0,1	bei $d_E < DN$ siehe Fußnote 1)	
	max	0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3										0,3		
Rundschieber ( $d_E = DN$ )	min																					bei $d_E < DN$ $\zeta = 0,4$ bis 1,1
	max																					
Hähne ( $d_E = DN$ )	min	0,10	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02							bei $d_E < DN$ $\zeta = 0,4$ bis 1,1
	max	0,15																				
PN 2,5 ÷ 10	min																					bei $d_E < DN$ $\zeta = 2$ bis 3 erreichbar
	max																					
Klappen	min																					bei $d_E < DN$ $\zeta = 0,4$ bis 1,1
	max																					
PN 16 ÷ 25	min																					bei $d_E < DN$ $\zeta = 0,4$ bis 1,1
	max																					
Ventile, geschmiedet	min																					bei $d_E < DN$ $\zeta = 0,4$ bis 1,1
	max																					
Ventile, gegossen	min																					bei $d_E < DN$ $\zeta = 0,4$ bis 1,1
	max																					
Kompaktventile	min	0,3	0,4	0,6	0,6	1,0	1,1															bei $d_E < DN$ $\zeta = 0,4$ bis 1,1
	max	0,3	0,9	1,9																		
Eckventile	min	2,0	3,1	3,1	3,4	3,8	4,1	4,4	4,7	5,0	5,3	5,7	6,0	6,3	6,6							bei $d_E < DN$ $\zeta = 0,4$ bis 1,1
	max	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1							
Schrägsitzventile	min	1,5																				bei $d_E < DN$ $\zeta = 0,4$ bis 1,1
	max	2,6																				
Freiflussventile	min	0,6																				bei $d_E < DN$ $\zeta = 0,4$ bis 1,1
	max	1,6																				
Membranventile	min	0,8																				bei $d_E < DN$ $\zeta = 0,4$ bis 1,1
	max	2,7																				
Rückschlagventile, Geradsitz	min	3,0																				bei $d_E < DN$ $\zeta = 0,4$ bis 1,1
	max	6,0																				
Rückschlagventile, axial	min	3,2																				bei $d_E < DN$ $\zeta = 0,4$ bis 1,1
	max	3,4	3,4	3,5	3,6	3,8	4,2	5,0	6,4	8,2	4,6											
Rückschlagventile, Schrägsitz	min	2,5	2,4	2,2	2,1	2,0	1,9	1,7	1,6	1,5												bei $d_E < DN$ $\zeta = 0,4$ bis 1,1
	max	3,0																				
Fußventile	min																					bei $d_E < DN$ $\zeta = 0,4$ bis 1,1
	max																					
Rückschlagklappen	min	0,5																				bei $d_E < DN$ $\zeta = 0,4$ bis 1,1
	max	3,0																				
Hydrostrop $v = 4$ m/s $v = 3$ m/s $v = 2$ m/s	min																					bei $d_E < DN$ $\zeta = 0,4$ bis 1,1
	max																					
Filter Siebe	min																					bei $d_E < DN$ $\zeta = 0,4$ bis 1,1
	max																					

1) Ist der engste Absperdurchmesser  $d_E$  kleiner als der Durchmesser der Anschlussnennweite DN, sind die Widerstandsbeiwerte  $\zeta$  um  $(DN/d_E)^5$  mit  $x = 5$  bis 6 zu vergrößern.  
 2) Bei nur teilweiser Öffnung (d. h. kleinen Strömungsgeschwindigkeiten) steigen die Verlustbeiwerte auf die „Max“-Werte an. Mit steigender Durchflussgeschwindigkeit  $v$  (in m/s) fallen die Verlustbeiwerte ab etwa nach der Beziehung  $\zeta = 3/v$ .  
 Bauformen siehe unter Druckhöhenverluste Abb. 6

Abb. 7 Druckhöhenverlust: Verlustbeiwerte  $\zeta$  für Armaturen verschiedener Bauformen (bezogen auf die Strömungsgeschwindigkeit im Anschlussquerschnitt DN) Bauformen: siehe Abb. 6 Druckhöhenverlust

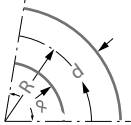

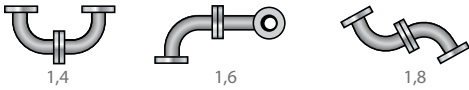
Rohrbogen	$\alpha$	15°		30°		45°		60°		90°	
		Oberfläche glatt	rau	Oberfläche glatt	rau	Oberfläche glatt	rau	Oberfläche glatt	rau	Oberfläche glatt	rau
	$\zeta$ für R = 0	0,07	0,10	0,14	0,20	0,25	0,35	0,50	0,70	1,15	1,30
	$\zeta$ für R = d	0,03	–	0,07	–	0,14	0,34	0,19	0,46	0,21	0,51
	$\zeta$ für R = 2 d	0,03	–	0,06	–	0,09	0,19	0,12	0,26	0,14	0,30
	$\zeta$ für R ≥ 5 d	0,03	–	0,06	–	0,08	0,16	0,10	0,20	0,10	0,20
	Anzahl der Rundnähte	–	–	–	–	2	–	3	–	3	–
	$\zeta$	–	–	–	–	0,15	–	0,20	–	0,25	–

Abb. 8 Druckhöhenverlust: Verlustbeiwerte  $\zeta$  für Rohrbögen und Kniestücke

**Zusammengesetzte Rohrbögen (Krümmer):**

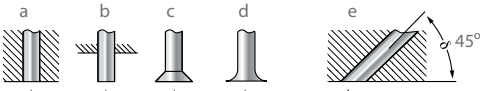
Der  $\zeta$ -Wert des einfachen 90°-Krümmers ist beim Zusammenbau zu Mehrfachkrümmern der nachfolgenden Art nicht zu verdoppeln, sondern nur mit dem jeweils angegebenen Faktor zu multiplizieren, um den Verlust des Mehrfachkrümmers zu erhalten.



**Dehnungsausgleicher:**





- Wellrohrausgleicher mit/ohne Leitrohr  $\zeta \approx 0,3/2,0$
- Glattrohr-Lyrbogen  $\zeta \approx 0,6$  bis 0,8
- Faltenrohr-Lyrbogen  $\zeta \approx 1,3$  bis 1,6
- Wellrohr-Lyrbogen  $\zeta \approx 3,2$  bis 4

**Einlaufstücke:**



- Einlaufkante  $\zeta \approx 0,5$
- a  $\zeta \approx 3$
- b  $\zeta \approx 0,25$
- c  $\zeta \approx 0,55$
- d  $\zeta \approx 0,20$
- e für  $\delta = 75^\circ$   $\zeta \approx 0,6$
- e für  $\delta = 60^\circ$   $\zeta \approx 0,7$
- e für  $\delta = 45^\circ$   $\zeta \approx 0,8$

**Abzweigstücke: (Abzweig mit gleicher Nennweite)**

$Q_d/Q =$		0,2	0,4	0,6	0,8	1
	$\zeta_a \approx$	-0,4	0,08	0,47	0,72	0,91
	$\zeta_d \approx$	0,17	0,30	0,41	0,51	–
	$\zeta_a \approx$	0,88	0,89	0,95	1,10	1,28
	$\zeta_d \approx$	-0,08	-0,05	0,07	0,21	–
	$\zeta_a \approx$	-0,38	0	0,22	0,37	0,37
	$\zeta_d \approx$	0,17	0,19	0,09	-0,17	–
	$\zeta_a \approx$	0,68	0,50	0,38	0,35	0,48
	$\zeta_d \approx$	-0,06	-0,04	0,07	0,20	–

**Anmerkung:** Die Verlustbeiwerte  $\zeta$  für den Abzweigstrom  $Q_d$  bzw.  $\zeta$  für den durchfließenden Strom  $Q_a = Q - Q_d$  beziehen sich auf die Stützgeschwindigkeit des Gesamtstromes  $Q$ . Wegen dieser Definition sind negative Zahlenwerte für  $\zeta$  oder  $\zeta_d$  möglich; sie bedeuten Druckgewinn statt Druckverlust. Nicht zu verwechseln mit den reversiblen Druckänderungen aufgrund der BERNOULLI-Gleichung, siehe Anmerkung zu Abb. 9 im Text.

Abb. 9 Druckhöhenverlust: Verlustbeiwerte  $\zeta$  für Formstücke

**Auslaufstücke:**

- $\zeta = 1$  nach einem genügend langen geraden Rohrstück bei annähernd gleichförmiger Geschwindigkeit im Austrittsquerschnitt.
- $\zeta = 2$  bei stark ungleichförmiger Geschwindigkeit z. B. unmittelbar nach Krümmer, Armatur usw.

**Durchflussmessgeräte:**



$\zeta$  ist auf die Geschwindigkeit  $v$  beim Durchmesser  $D$  bezogen.

Durchmesser- verhältnis $d/D$	= 0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
Öffnungs- verhältnis $m = (d/D)^2$	= 0,09	0,16	0,25	0,36	0,49	0,64
Kurzventurirohr	$\zeta \approx 21$	6	2	0,7	0,3	0,2
Normblende	$\zeta \approx 300$	85	30	12	4,5	2

**Wasserschalter (Volumenmesser)  $\zeta \approx 10$**

Bei Hauswasserschaltern ist für die Nennbelastung ein Druckverlust von max. 1 bar festgelegt, der praktisch nicht unterschritten wird.

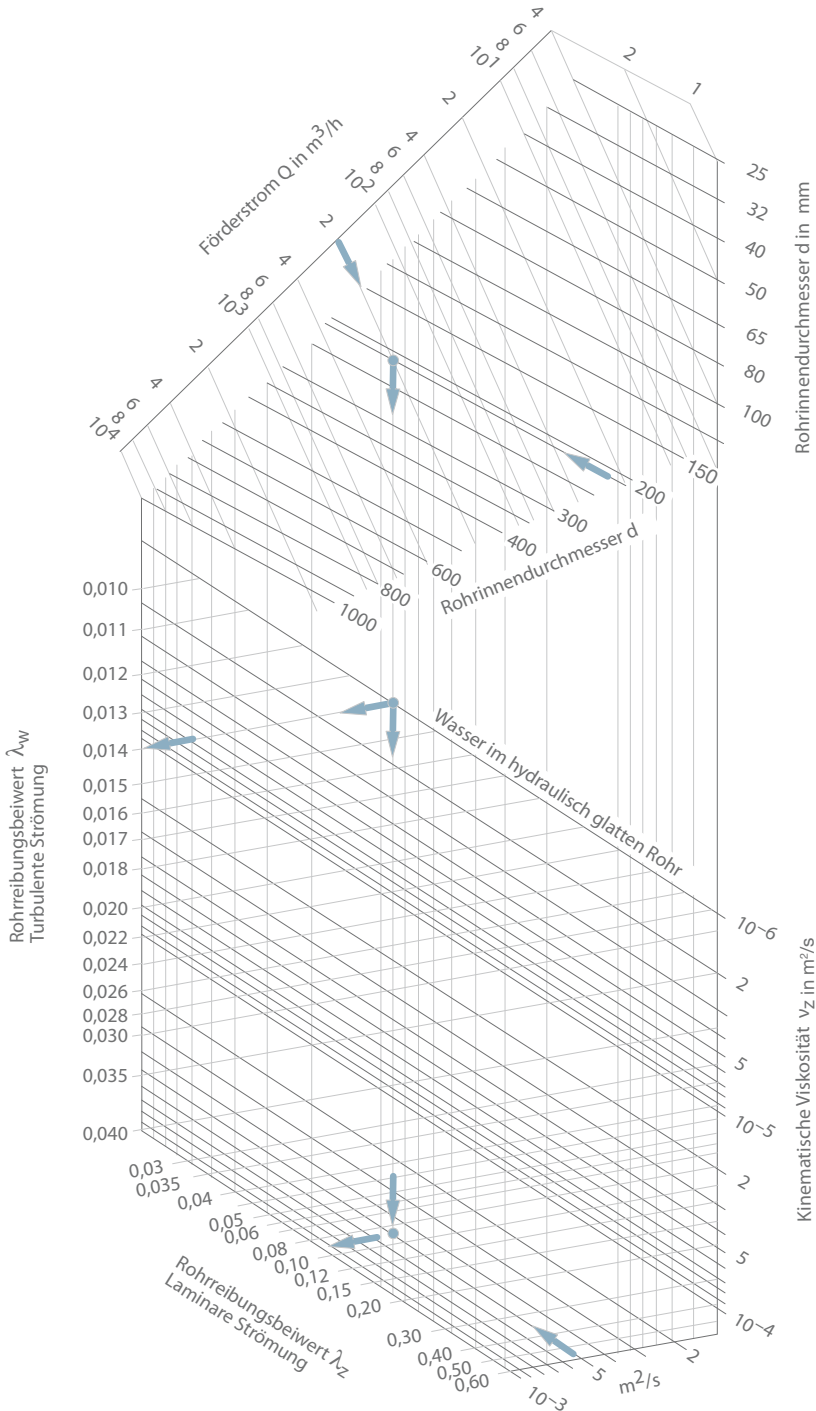


Abb13 Druckhöhenverlust: Ermittlung des Rohrreibungsbeiwertes  $\lambda_z$  für höher viskose Flüssigkeiten.

Beispiel:  $Q=200 m^3/h$ ,  $d=210 mm$ ,  $\nu_z=5 \cdot 10^{-4} m^2/s$ ,  $\lambda_z = 0,09$