

# **Druckverluste in geraden Rohrstrecken**

## **1. Druckverlust**

Es gilt für den Druckverlust:

$$\Delta p_{vR} = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2$$

mit  $\lambda$ : Rohrreibungszahl, Widerstandsbeiwert der ausgebildeten Rohrströmung;  
Funktion von Strömungszustand der Flüssigkeit, Beschaffenheit des Rohres

Es gilt für die Rohrreibungszahl:

$$\lambda = f(\text{Re}, d/k)$$

Re	Reynoldszahl
d	Innendurchmesser des Rohres
k	Rohrrauhigkeit

Formeln zur Druckverlustberechnung abgeleitet aus „Hauptformel“

$$\Delta p_{vR} = \lambda \cdot L \cdot \rho \cdot \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{\dot{V}^2}{d^5} = \lambda \cdot L \cdot \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{\dot{m}^2}{\rho \cdot d^5}$$

mit

$$w = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{\dot{V} \cdot 4}{\pi \cdot d^2} \quad \text{und} \quad \dot{m} = \dot{V} \cdot \rho$$

d. h. bei Verdoppelung des Querschnittes geht der Druckverlust auf  $\frac{1}{2^5} = \frac{1}{32}$  zurück.

## **2. Reynoldszahl Re**

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d}{\nu}$$

$\nu$	kinematische Viskosität
$w$	Strömungsgeschwindigkeit
$d$	Innendurchmesser des Rohres

### 3. Rohrrauigkeit $k$

Werkstoff und Rohrart	Zustand der Rohre	$k$ (mm)
Neue gezogene u. gepresste Rohre aus Cu, Ms, Bronze, Al, Glas, Kunststoff	technisch glatt	0,001 bis 0,0015
Rohre aus Gusseisen	neu, handelsüblich angerostet verkrustet	0,25 bis 0,5 1,0 bis 1,5 1,5 bis 3,0
Neue nahtlose Stahlrohre gewalzt oder gezogen	mit Walzhaut gebeizt bei engen Rohren	0,02 bis 0,06 0,03 bis 0,04 bis 0,1
Neue längsgeschweißte Stahlrohre	mit Walzhaut	0,04 bis 0,1
Neue Stahlrohre mit Überzug	Metallspritzung tauchverzinkt handelsüblich verzinkt bituminiert zementiert galvanisiert	0,08 bis 0,09 0,07 bis 0,1 0,1 bis 0,16 ca. 0,05 ca. 0,18 ca. .0,008
Gebrauchte Stahlrohre	gleichmäßige Rostnarben leichte Verkrustung mittlere Verkrustung starke Verkrustung	ca. 0,15 0,15 bis 0,4 ca. 1,5 2,0 bis 4,0
Asbest-Zementrohre	neu, handelsüblich	0,03 bis 0,1
Betonrohre, Druckstollen neu	handelsüblich Glattstrich handelsüblich mittelglatt handelsüblich rau	0,3 bis 0,8 1,0 bis 2,0 2,0 bis 3,0
Betonrohre	mehrfähriger Betrieb mit Wasser	0,2 bis 0,3

Tab. 1 Rohrrauigkeiten

Rohre in Zentralheizungen	$k$ (mm)
Gewinderohre	0,045
nahtlose Stahlrohre	0,045
Kupferrohre	0,0015
Präzisionsstahlrohre	0,0015
Kunststoffrohre	0,0015

Tab. 2 Rohrrauigkeiten für Heizungsanlagen

### 4. Rohrreibungszahl $\lambda$

$\lambda$  kann entweder Diagrammen entnommen werden oder nach den unten aufgeführten Berechnungsgleichungen ermittelt werden.

#### Laminarer Bereich

Bedingung:  $Re \leq 2320$

Im Bereich der laminaren Rohrströmung wird der Widerstandsbeiwert  $\lambda$  nur durch die Re-Zahl bestimmt, ohne dass die Rauigkeit der Rohrwandung  $k$  in Erscheinung tritt.

$$\text{Es gilt: } \lambda = \frac{64}{\text{Re}} = \frac{64 \cdot v}{w \cdot d}$$

### **Turbulenter Bereich**

Bedingung ist:  $\text{Re} > 2320$ . Der turbulente Bereich setzt sich zusammen aus einem hydraulisch glattem Bereich, einem Übergangsbereich und einem hydraulisch rauem Bereich.

#### **hydraulisch glatt (kommt praktisch nicht vor)**

$$\text{Bedingung: } \frac{k}{d} \leq 30 \cdot \text{Re}^{-\frac{7}{8}}$$

$$\text{Es gilt: } \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \cdot \lg \frac{\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}}{2,51}$$

#### **Übergangsbereich**

Im Unstetigkeitsgebiet/Übergangsbereich bestimmen die Re-Zahl und die Rohrrauigkeit  $k$  die Rohrreibungszahl  $\lambda$ .

$$\text{Bedingung } \text{Re} \cdot \sqrt{\lambda} \cdot \frac{k}{d} \leq 200$$

$$\text{Es gilt: } \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \lg \left( \frac{k/d}{3,71} + \frac{2,51}{\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}} \right)$$

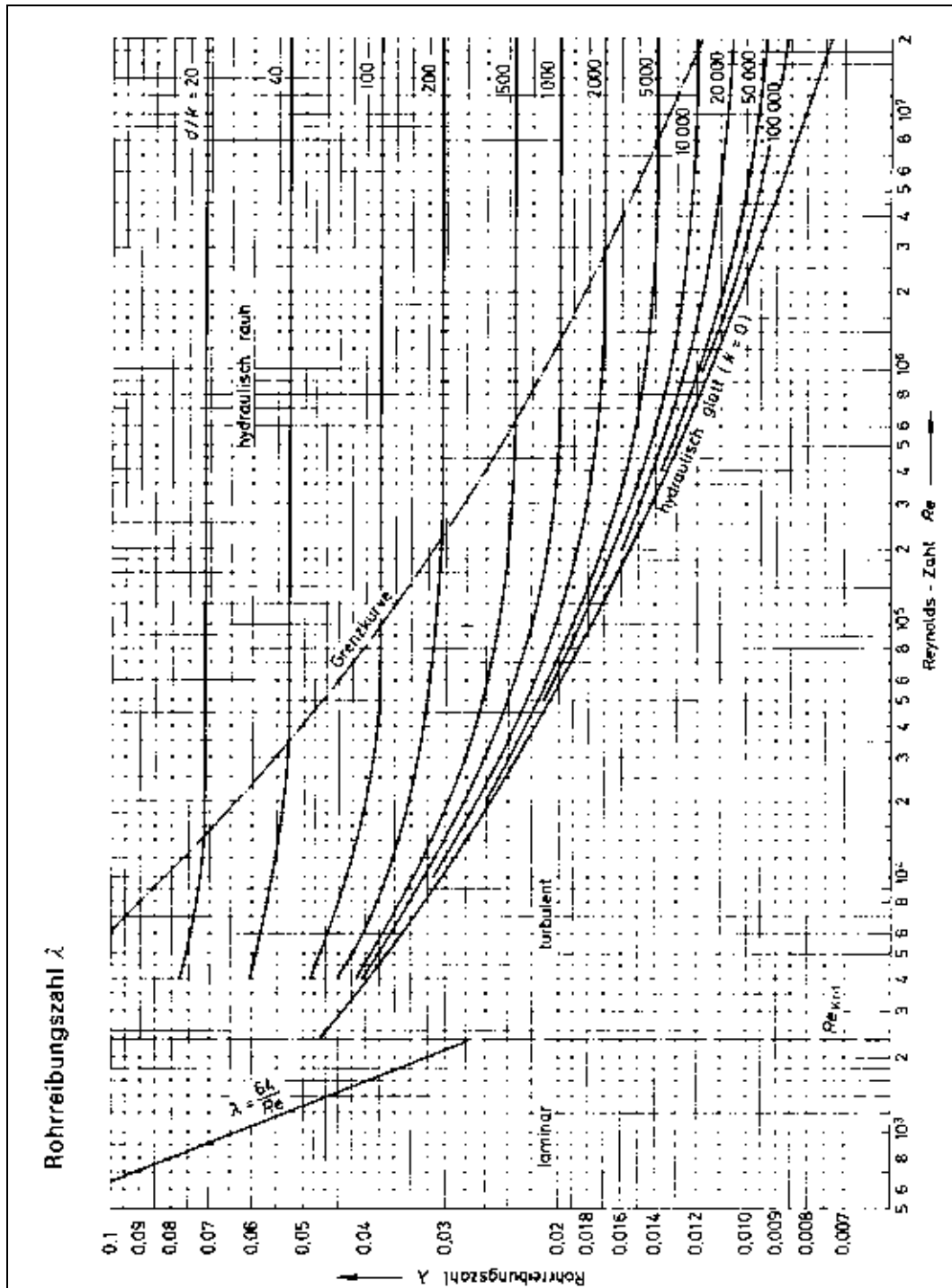
#### **hydraulisch rauher Bereich**

Im vollkommen rauem Gebiet ist  $\lambda$  nur noch von der Rauigkeit (waagerechte Linien) abhängig.

$$\text{Bedingung } \text{Re} \cdot \sqrt{\lambda} \cdot \frac{k}{d} > 200$$

$$\text{Es gilt: } \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \cdot \lg \frac{3,71}{k/d} \quad \text{d.h.} \quad \lambda = \frac{1}{1,14 - 2 \cdot \lg \frac{k}{d}}$$

Da die Formeln nicht einfach zu handhaben sind, sind auch Näherungsformeln entwickelt worden.



### Druckgefälle:

$$\frac{\Delta p_{vR}}{L} = R = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2$$

Anmerkung: Das Druckgefälle R spielt bei der Auslegung und der hydraulischen Beurteilung einer Rohrleitung eine große Rolle.

Quelle: Datenpool IfHK, FH Wolfenbüttel