

KTA 3102.3

Auslegung der Reaktorkerne von gasgekühlten Hochtemperaturreaktoren

Teil 3: Reibungsdruckverlust in Kugelhaufen

Diese Regel wurde veröffentlicht im BAnz. Nr. 136a vom 28.07.81.

Der KTA hat auf seiner 47. Sitzung beschlossen, diese HTR-Regel nicht mehr in die Überprüfung gemäß Abschnitt 5.2 der Verfahrensordnung des KTA einzubeziehen.

Inhalt

Vorbemerkung

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Verwendete Symbole
- 3 Berechnungsgleichungen

Vorbemerkung

Das Regelvorhaben KTA 3102 "Auslegung der Reaktorkerne von gasgekühlten Hochtemperaturreaktoren" umfaßt den Gesamtbereich der Kernausslegung. Innerhalb des Bereiches der thermodynamischen und strömungstechnischen Kernausslegung gasgekühlter Hochtemperaturreaktoren sollen folgende Sachgebiete bearbeitet werden:

- Teil 1: Berechnung der Helium-Stoffwerte (liegt als Regel vor)
- Teil 2: Wärmetransport im Kugelhaufen (in Vorbereitung)
- Teil 3: Reibungsdruckverlust in Kugelhaufen
- Teil 4: Berechnungsmodell für Kugelhaufen (in Vorbereitung)
- Teil 5: Heißstellenanalyse (in Vorbereitung)

Der in Teil 3 betrachtete Reaktorkern eines gasgekühlten Hochtemperaturreaktors besteht aus einer ungeordneten Schüttung von Kugeln gleichen Durchmessers. Der Reibungsdruckverlust in Kugelhaufen ist ein Teil des Gesamtdruckverlustes im Primärkreis. Er geht vor allem in die Dimensionierung der Gebläse ein und somit in die Auslegung einer empirischen Kühlung des Reaktorkerns. Imfolgenden wird eine empirische Korrelation für den Reibungsdruckverlustbeiwert festgelegt, mit deren Hilfe der Reibungsdruckverlust von Kugelschüttungen zur Auslegung der Kühlung des Reaktorkerns berechnet werden soll.

1 Anwendungsbereich

Diese Regel ist anzuwenden auf die Berechnung des Reibungsdruckverlustes in einer ungeordneten Schüttung von Kugeln gleichen Durchmessers im folgenden Anwendungsbereich:

Reynolds-Zahl Re	$10^0 < \text{Re}/(1-\varepsilon) \leq 10^5$
Lückengrad der Schüttung ε	$0,36 \leq \varepsilon \leq 0,42$
Durchmesserverhältnis D/d	D/d-Werte oberhalb der Grenzkurve gemäß Bild 1-1
Höhe der Schüttung H	$H > 5 d$

Für die Reynoldszahl Re ist folgende Gleichung zu verwenden:

$$\text{Re} = \frac{\left(\frac{\dot{m}}{A}\right) \cdot d}{\eta} \quad (1-1)$$

2 Verwendete Symbole

A	Behälterquerschnitt
d	Durchmesser der die Schüttung bildenden Kugeln
D	Durchmesser des die Schüttung umschließenden Behälters
H	Höhe der Schüttung
ΔH	Höhe der betrachteten Schicht der Schüttung
$\dot{m}$	Gasmassenstrom in der Schüttung
Δp	Reibungsdruckverlust in der betrachteten Schicht der Schüttung
ε	Lückengrad der Schüttung, das heißt das Verhältnis von Leervolumen in der Schüttung zu Gesamtvolumen der Schüttung
η	Dynamische Viskosität des Gases
ρ	Dichte des Gases
Ψ	Reibungsdruckverlustbeiwert
Re	Reynolds-Zahl

3 Berechnungsgleichungen

Zur Berechnung des Reibungsdruckverlustes Δp in einer Schicht der Höhe ΔH einer Kugelschüttung ist folgende Gleichung zu verwenden:

$$\frac{\Delta p}{\Delta H} = \Psi \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \frac{1}{d} \frac{1}{2\rho} \left(\frac{\dot{m}}{A}\right)^2 \quad (3-1)$$

Der Reibungsdruckverlustbeiwert Ψ ist zu ermitteln nach der empirischen Korrelation

$$\Psi = \frac{320}{\left(\frac{\text{Re}}{1-\varepsilon}\right)} + \frac{6}{\left(\frac{\text{Re}}{1-\varepsilon}\right)^{0,1}} \quad (3-2)$$

Den Verlauf von Ψ als Funktion von $\left(\frac{\text{Re}}{1-\varepsilon}\right)$ zeigt **Bild 3-1**.

Die dynamische Viskosität η des Gases ist bei arithmetischem Mittelwert aus der Oberflächentemperatur der Kugel und der Gastemperatur, die Dichte des Gases ρ bei der Gastemperatur zu ermitteln.

Das Unsicherheitsband der Korrelation gemäß Gleichung (3-2) beträgt im Anwendungsbereich $\pm 15 \%$ mit einer statistischen Sicherheit von 95 %.

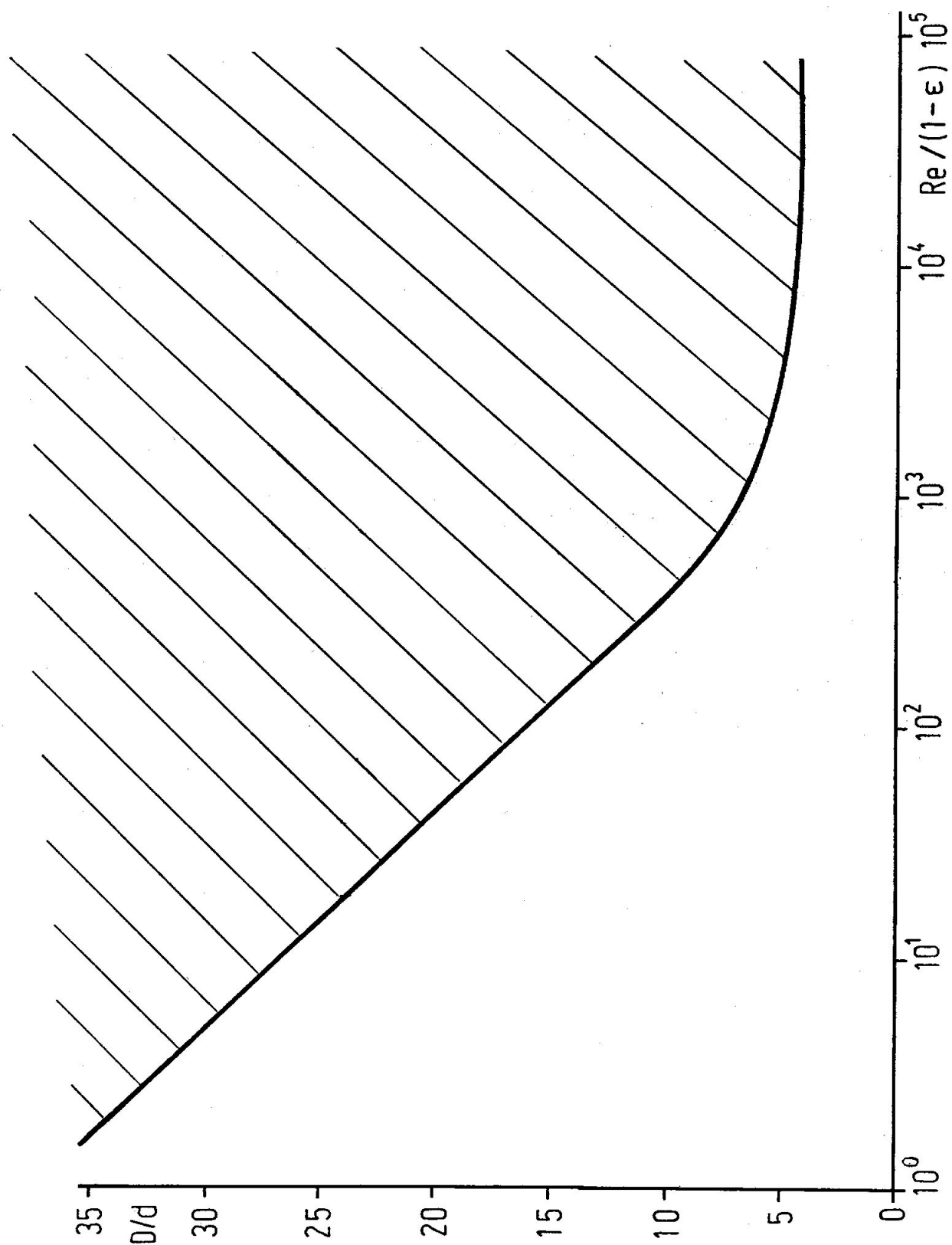


Bild 1-1: Grenzkurve des Durchmesserverhältnisses D/d als Funktion der modifizierten Reynolds-Zahl $Re/(1-\epsilon)$ (D/d -Werte oberhalb der Grenzkurve)

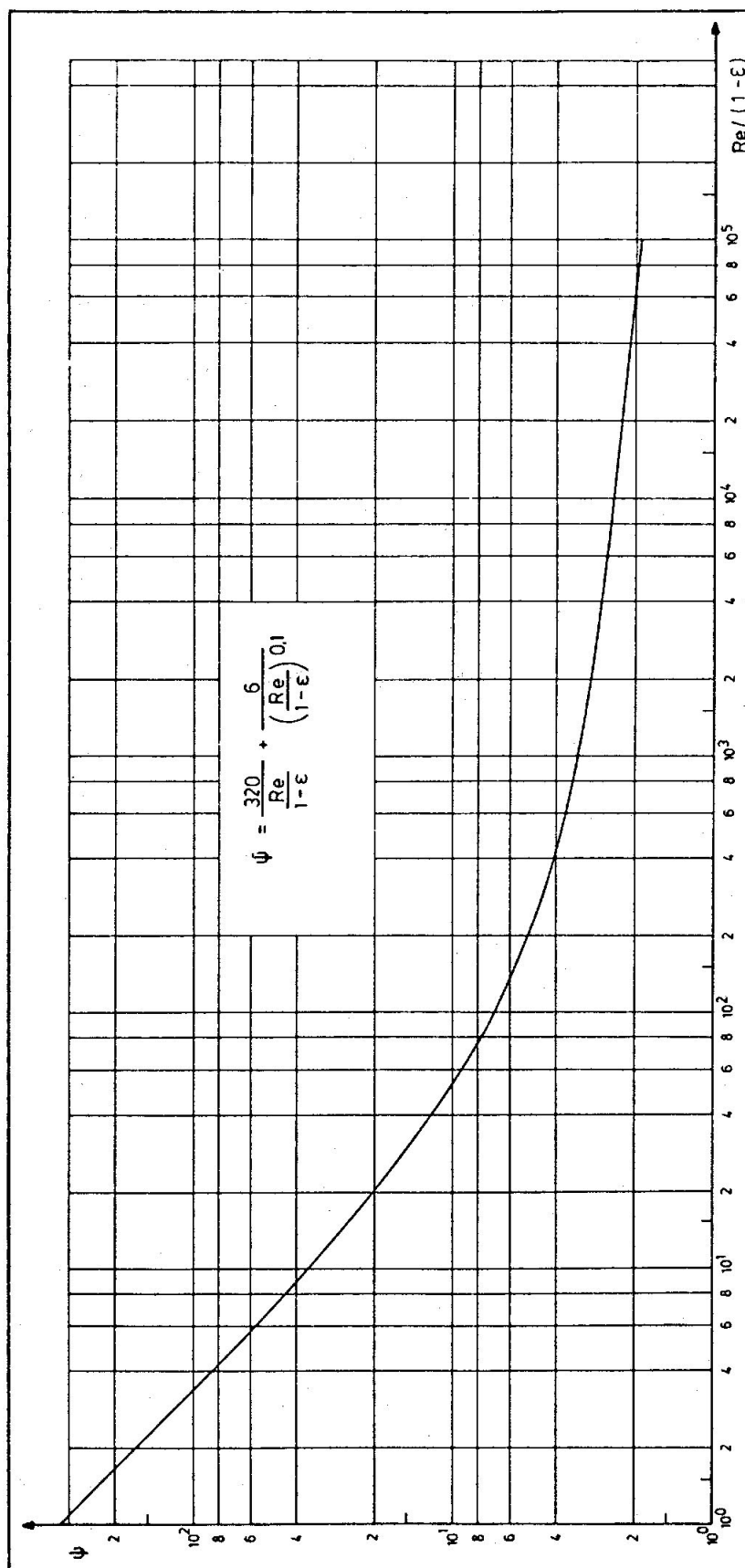


Bild 3-1: Reibungsverlustbeiwert Ψ als Funktion der modifizierten Reynolds-Zahl $Re/(1-\epsilon)$