

Quelle: <https://www.arbeitssicherheit.de//document/b51d0484-d347-33a4-bec6-c2526d1c8b23>

Bibliografie	
Titel	Technische Regeln für Betriebssicherheit/Gefahrstoffe Ortsfeste Druckanlagen für Gase (TRBS 3146/TRGS 746)
Amtliche Abkürzung	TRBS 3146/TRGS 746
Normtyp	Technische Regel
Normgeber	Bund
Gliederungs-Nr.	Keine FN

Anhang 4 TRBS 3146/TRGS 746 - Bestimmung der erforderlichen Wassermenge für eine Wasserberieselung oder Wasserbeflutung für ungestörte Oberflächen

Die Diagramme wurden nach folgenden Beziehungen ermittelt:

A Unterfeuerung (Full engulfment)

Die erforderlichen Berieselungs-/Beflutungsstromdichten sind in Abhängigkeit vom Behältervolumen für Kugelbehälter und stehende bzw. liegende zylindrische Behälter in den Abbildungen 8a und 8b dargestellt; die dazugehörigen Berieselungs-/Beflutungsdichten ergeben sich aus den Abbildungen 9a und 9b.

Die entsprechenden Diagramme wurden nach folgenden Beziehungen ermittelt:

$$\dot{m} \cdot K_1 = \dot{q}_{\text{abs}} + K_2 \cdot F \cdot U/A \quad [1a]$$

mit

$$K_1 = 1/(c_p \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1) + r)$$

$$K_2 = \Gamma_{\text{min}} \cdot r \cdot K_1$$

$$\Gamma_{\text{min}} = 292 \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{h})$$

$$\Gamma = \dot{m} \cdot A/U \quad [1b]$$

B Unterfeuerung

Bei der Unterfeuerung erfolgt die Erwärmung eines Behälters durch eine Flamme unterhalb des Behälters im Gegensatz zu dem full engulfment, bei dem der gesamte Behälter in Flammen eingehüllt ist.

Von dem von einer Flamme abgegebenen Wärmestrom \dot{Q}_F gelangt nur der Anteil \dot{Q}_{abs} auf die Behälteroberfläche und wird dort von dem Kühlwasser absorbiert. Es gilt:

$$\dot{Q}_{\text{abs}} = \varnothing_{\text{BF}} \cdot \dot{Q}_F \quad [2]$$

mit \varnothing_{BF} Einstrahlzeit (geometrische Größe).

Die Berechnung der erforderlichen Kühlwassermassenströme mit Hilfe der Einstrahlzahl und unter entsprechender Anwendung des Rechenganges für full engulfment ist sehr aufwendig, im Einzelfall jedoch möglich.

Im Folgenden werden für zwei Sonderfälle vereinfachte Berechnungsmöglichkeiten vorgestellt:

1. Behälter befindet sich teilweise, d. h. bis zu einer bestimmten Höhe, in Flammen:

Dann ist $K1$ in den Gleichungen 1a und 1b zu ersetzen durch $K1'$; wobei gilt:

$$K1' = K1 \cdot A'/A$$

mit A' Anteil der Behälteroberfläche A , der in Flammen steht.

2. Behälter befindet sich oberhalb einer Flamme:

Der Lösungsweg ist analog dem für den Nachbarschaftsbrand anzuwenden:

(Modell: Flamme = Kreisscheibe).

C Nachbarschaftsbrand

Wie bei der Unterfeuerung gelangt auch beim Nachbarschaftsbrand nur ein Teil des von einer Flamme abgegebenen Wärmestromes auf die Behälteroberfläche, Gleichung 2 findet ebenso Anwendung.

Mit Hilfe folgenden Modells (Flamme = Kreisscheibe) kann die größte, auf der Behälteroberfläche absorbierte Wärmestromdichte

\dot{q}_{abs} berechnet werden:

$$\dot{q}_{abs} = \dot{q}_F / (1 + \pi \cdot a^2 / A_F) \quad [3]$$

mit	
-----	--

a = Abstand Flamme-Behälter

A_F = Flammengröße.

Die auf der Behälteroberfläche auftreffende Wärmestromdichte ist in Abbildung 10 über der Entfernung aufgetragen; man erkennt

beispielsweise bei einer Flammengröße von 10 m^2 , dass sich \dot{q}_{abs} von 100 kW/m^2 (Abstand 0) schon in einer Entfernung von 5 m auf 11 kW/m^2 verringert.

Setzt man den so errechneten Wert in die Gleichungen 1a und 1b ein, so sind bzw. Γ bekannt.

Berieselung:

Kühlung eines Behälters mit Wasser. Das Wasser wird gleichmäßig mit Hilfe eines Düsensystems auf die zu kühlende Oberfläche aufgebracht.

Beflutung:

Kühlung eines Behälters mit Wasser. Das Wasser wird zentral über einen im oberen Behälterbereich angeordneten Zahnkranz aufgebracht. Das überlaufende Wasser läuft als gleichmäßiger Wasserfilm an der Behälteroberfläche ab.

Berieselungs-(Beflutungs-)stromdichte ?:

Wassermassenstrom zur Berieselung (Beflutung), bezogen auf die zu kühlende Behälteroberfläche, in $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$.

Berieselungs-(Beflutungs-)stromdichte $\dot{\Gamma}$:

Wassermassenstrom zur Berieselung (Beflutung), bezogen auf den größten horizontalen Behälterumfang, in $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$.

Unterfeuerung:

Brandereignis, bei dem in der Behältertasche angesammelte Flüssigkeit abbrennt.

Full engulfment:

Unterfeuerung, bei der der unterfeuerte Behälter vollständig in Flammen eingehüllt ist.

Nachbarschaftsbrand:

Brandereignis außerhalb der Behältertasche.

Wärmestromdichte \dot{q}_F :

Von einer Flamme abgegebener Wärmestrom, bezogen auf die Flammenoberfläche, in kW/m^2 .

Wärmestromdichte \dot{q}_{abs} :

Der Anteil des von der Flamme abgegebenen Wärmestromes, der von der Behälteroberfläche bzw. von dem Kühlwasser, das an seiner Oberfläche abläuft, absorbiert wird, bezogen auf die Behälteroberfläche, in kW/m^2 .

Es bedeuten:

A	=	Behälteroberfläche
-----	---	--------------------

AF = Flammengröße

a = Abstand Flamme - Behälter

c_p = spezifische Wärmekapazität von Wasser

F = Faktor (1 für Beflutung, 2 für Berieselung)

$\dot{\Gamma}$ = Berieselungs-/Beflutungsdichte [$\text{kg} \cdot (\text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$]

r = Verdampfungsenthalpie von Wasser

\varnothing_{BF} = Einstrahlzahl (geometrische Größe)

θ_1 = Kühlwassertemperatur = 20°C

θ_2 = Siedetemperatur von Wasser = 100°C

$?$ = Berieselungs-/Beflutungsstromdichte [$\text{kg} \cdot (\text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1})$]

\dot{Q}_{abs} = absorbierter Wärmestrom

A	=	Behälteroberfläche
---	---	--------------------

\dot{Q}_F = abgegebener Wärmestrom der Flamme

\dot{q}_{abs} = absorbierte Wärmedichte

\dot{q}_F = Wärmestromdichte der Flamme; z. B. für Dieselkraftstoff = $100 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$

U = größter horizontaler Behälterumfang

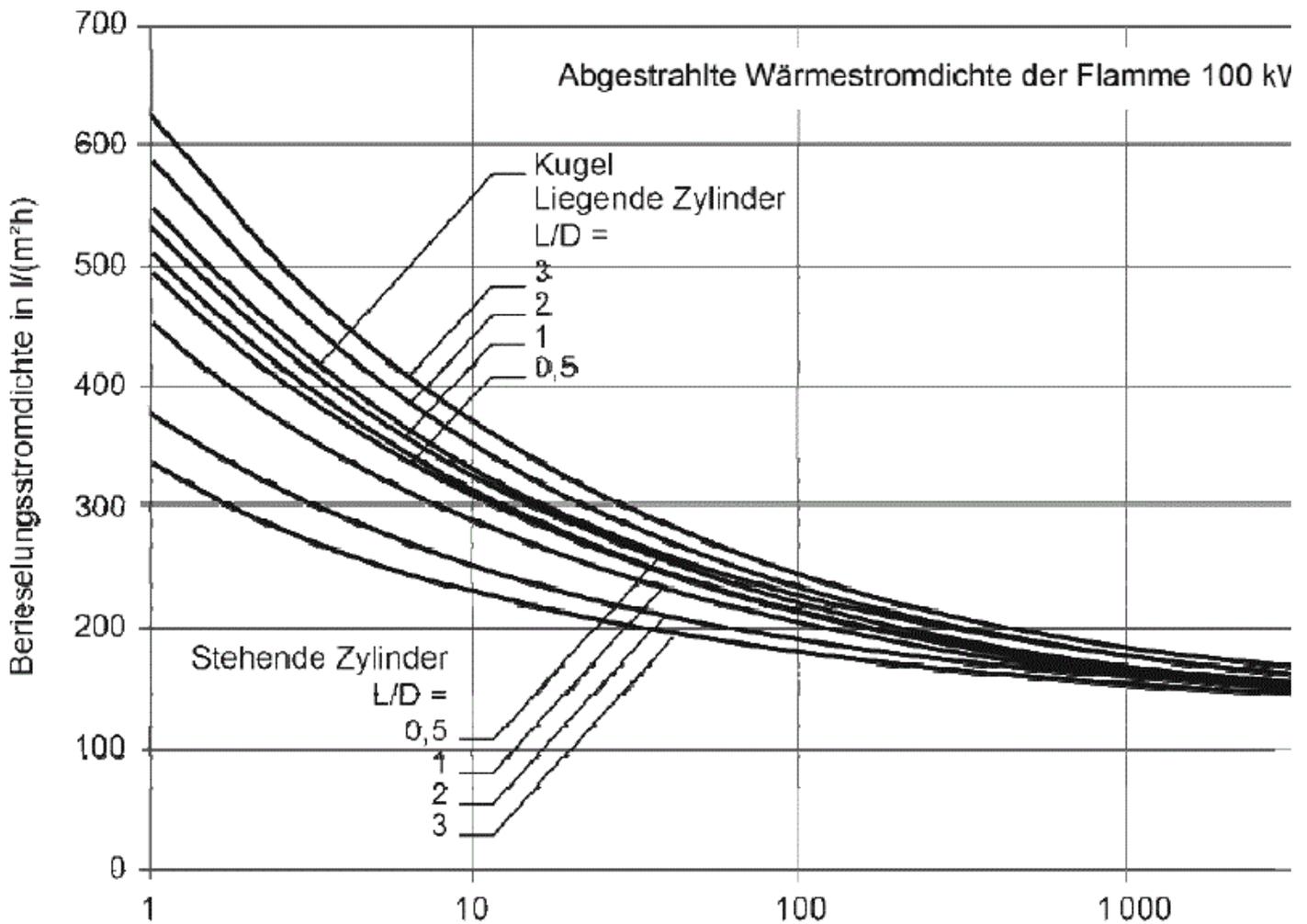


Abbildung 8a:
Ermittlung der Berieselungsstromdichte ?

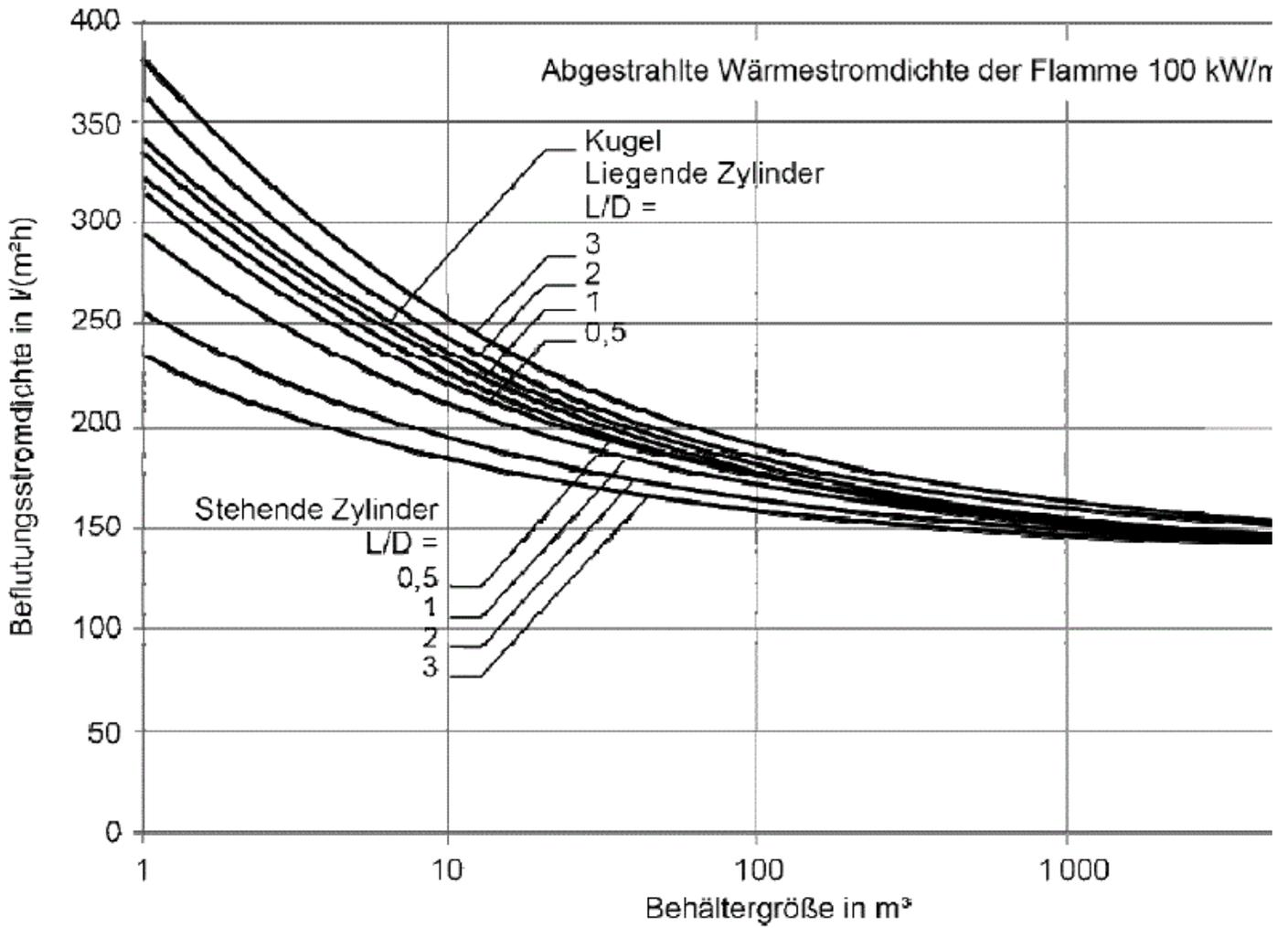


Abbildung 8b:
Ermittlung der Beflutungsstromdichte ?

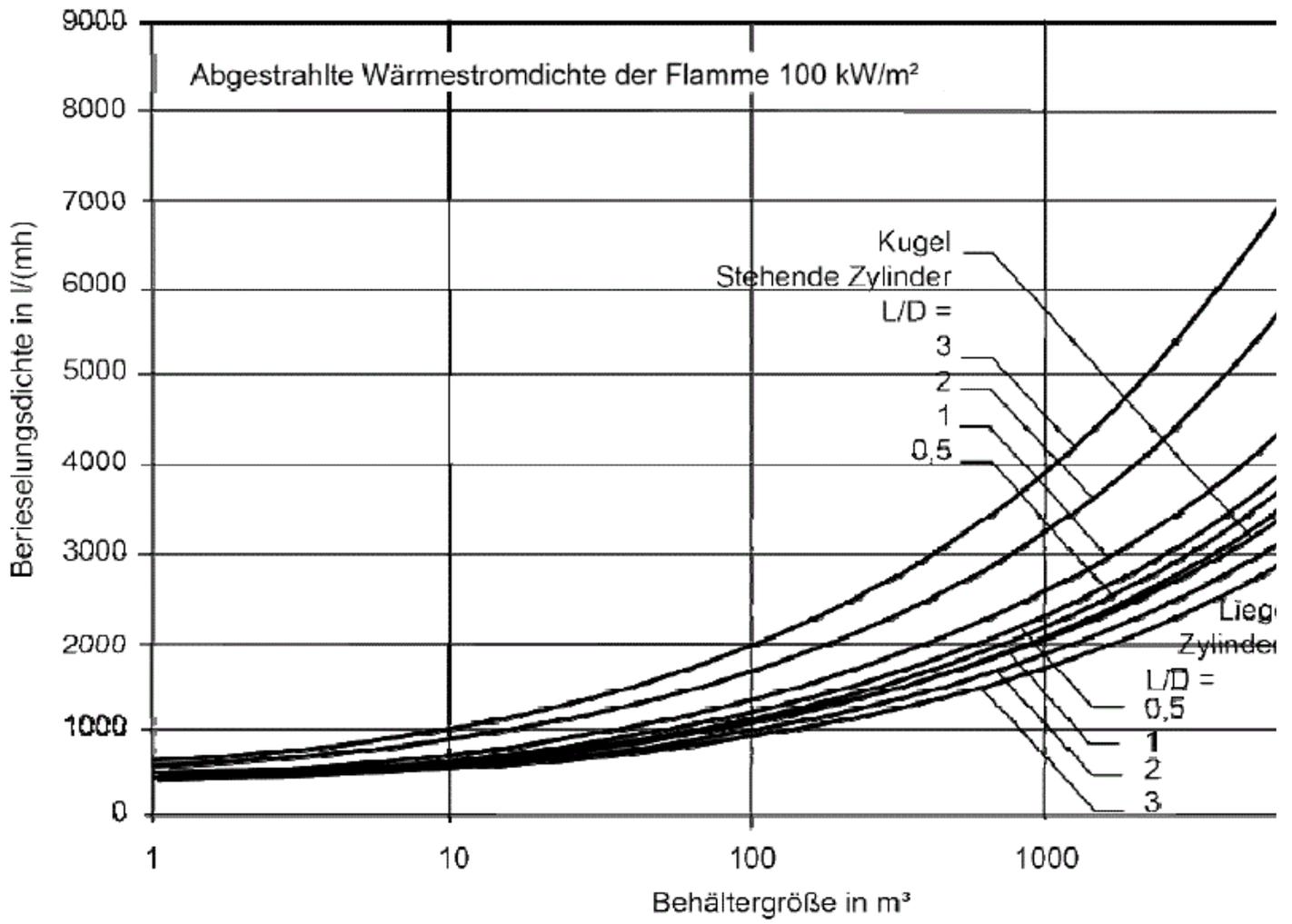


Abbildung 9a:
Ermittlung der Berieselungsdichte Γ

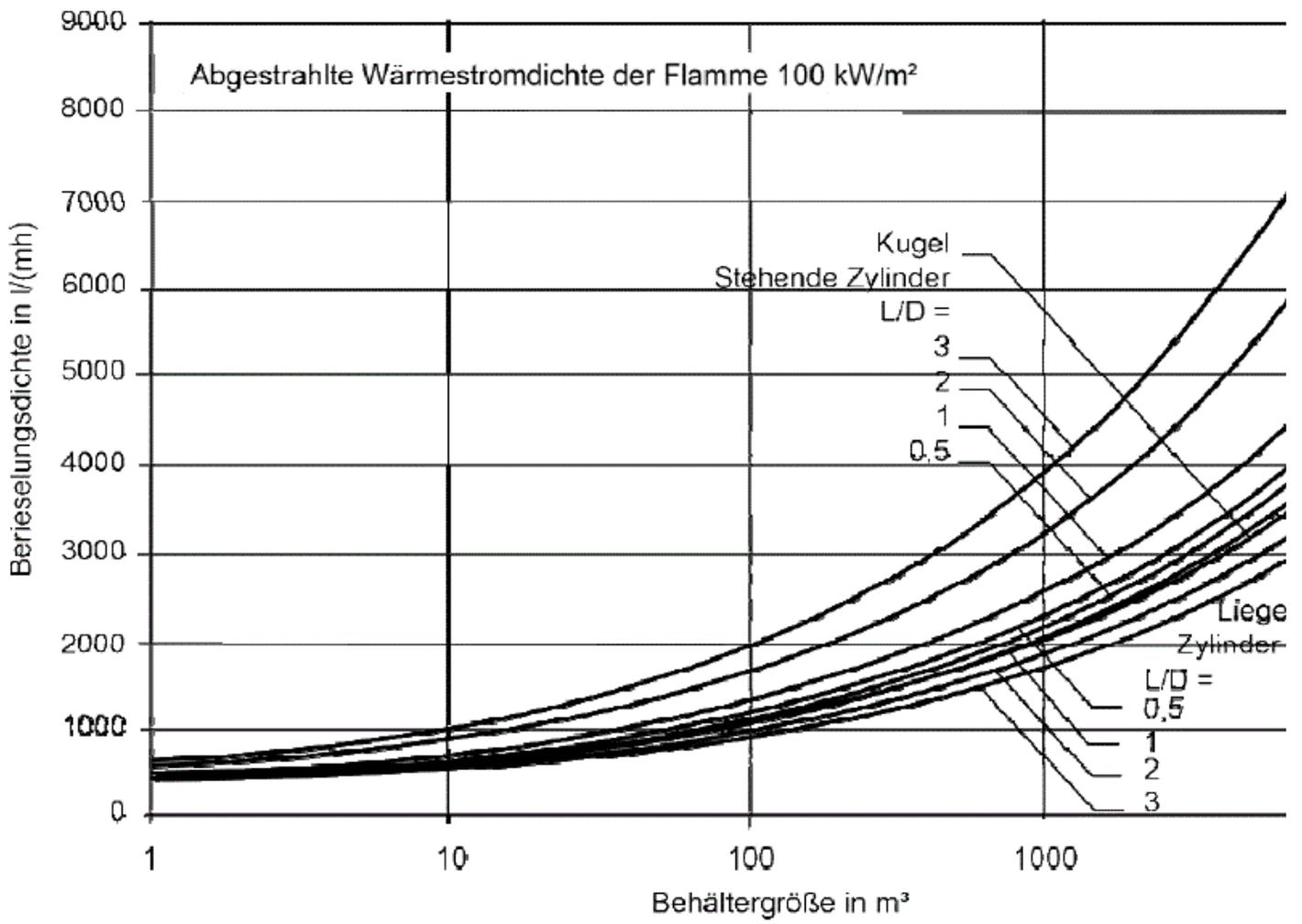


Abbildung 9b:
Ermittlung der Beflutungsdichte Γ

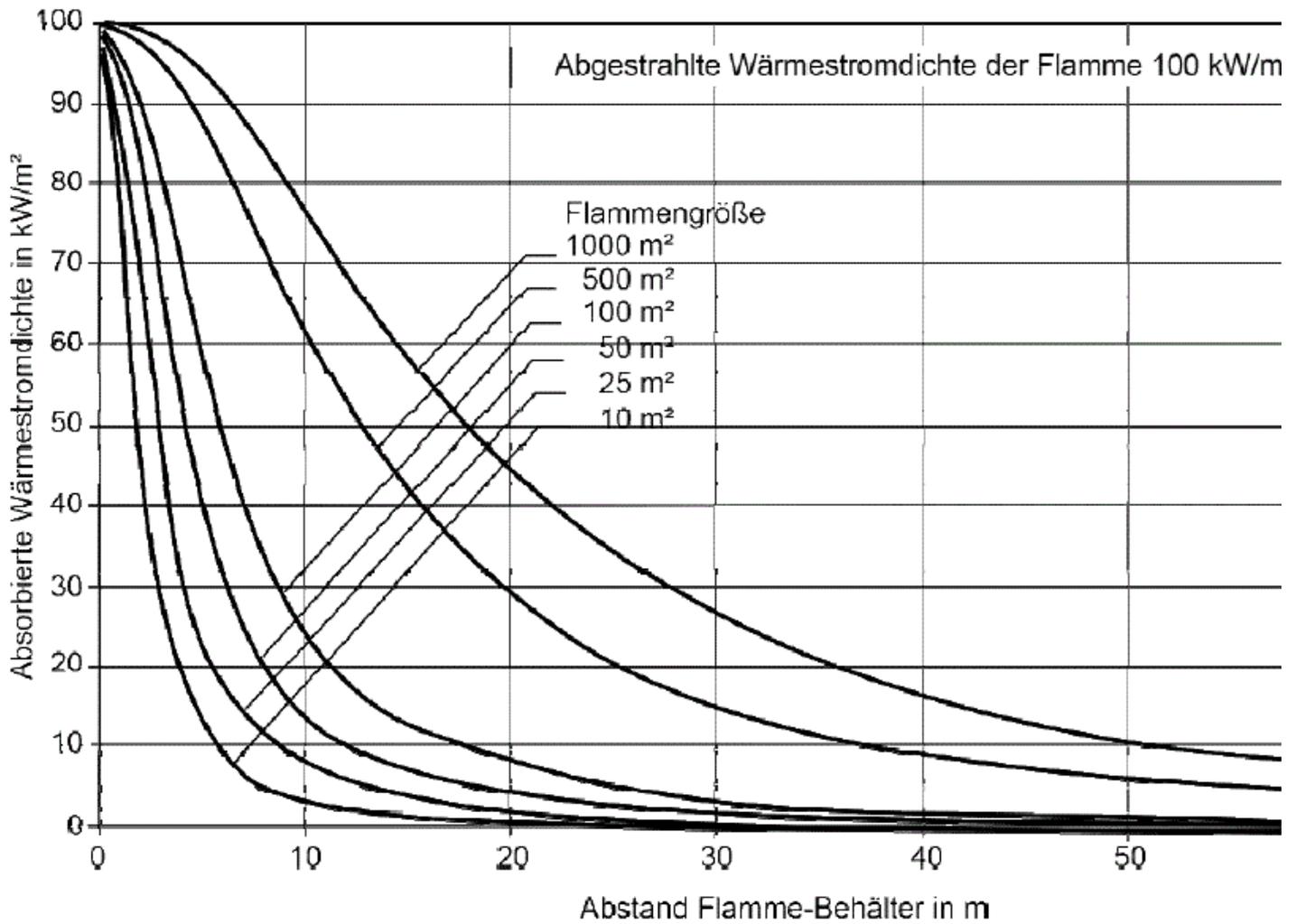


Abbildung 10:

Ermittlung der absorbierten Wärmestromdichte \dot{q}_{abs}