

Quelle: <https://www.arbeitssicherheit.de//document/fae3a052-63e9-31fc-98c7-c5dece1eb414>

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

## Anhang 2 TRBS 3146/TRGS 746 - Bemessung der Abblaseleistung von Sicherheitsventilen bei Wärmeeintrag in ortsfeste Druckgasbehälter für verflüssigte Gase infolge Wärmeeinstrahlung

(1) Diese Anlage gilt für verflüssigte Gase, da nur für diese bei zu erwartendem Wärmeeintrag ggf. erhebliche Abblaseleistungen der Sicherheitsventile erforderlich sein können.

(2) Wird bei ortsfesten Druckgasbehältern die zulässige Betriebstemperatur (höchstmögliche Temperatur des enthaltenen Gases), z. B. durch Wärmestrahlung bei einem Brand, überschritten, so wird aufgrund des Anstieges des Dampfdruckes des Gases der Ansprechdruck des Sicherheitsventiles überschritten. Die höchsten Temperaturen stellen sich - abhängig vom Wärmeeintrag - an der nicht mit verflüssigtem Gas gekühlten Behälteroberfläche ein, da an diesen Stellen eine Wärmeabfuhr nur durch die Gasphase erfolgt. An diesem Teil der Behälterwandung darf höchstens die zulässige Werkstofftemperatur erreicht werden. Diese Temperatur ergibt sich aus der Berechnung mit dem Sicherheitsbeiwert  $S = 1$  gegen die Streckgrenze (siehe [Anhang 3](#) Tabelle 1). Abgeleitet aus den geometrischen Verhältnissen bei der Bestrahlung eines Behälters mit einer Wärmequelle und der konservativen Annahme, dass

- auf den Druckgasbehälter nur Wärme einstrahlt, keine Wärme durch Strahlung oder Konvektion abgegeben wird und
- der Druckgasbehälter auf der Querschnittsfläche  $A = d \cdot l$  gleichmäßig mit dem hohen Wert der senkrechten Einstrahlung am Äquator bestrahlt wird,

erhält man aus der Wärmebilanz den entsprechenden verdampfenden Massestrom des verflüssigten Gases. Diesen Massestrom muss das Sicherheitsventil in der Lage sein abzuführen. Mit weiteren Annahmen zur sicheren Seite hin, erhält man folgende Gleichung:

$$? = 1,063 \cdot t^{1,64} \cdot A/r \cdot 10^{-3}$$

mit

?	=	abzuführender Massestrom in kg/s
---	---	----------------------------------

$t$  = zulässige Werkstofftemperatur in °C

$A$  = bestrahlte Behälterfläche =  $d \cdot l$

$d$  = Durchmesser des Behälters in m

$l$  = Länge des Behälters in m

$r$  = Verdampfungswärme des Gases in kJ/kg.

Stellt man die Gleichung um zu

$$\frac{\dot{m} \cdot r}{A} = 1,063 \cdot t^{1,64} \cdot 10^{-3}$$

erhält man das Diagramm gemäß Abbildung 4.

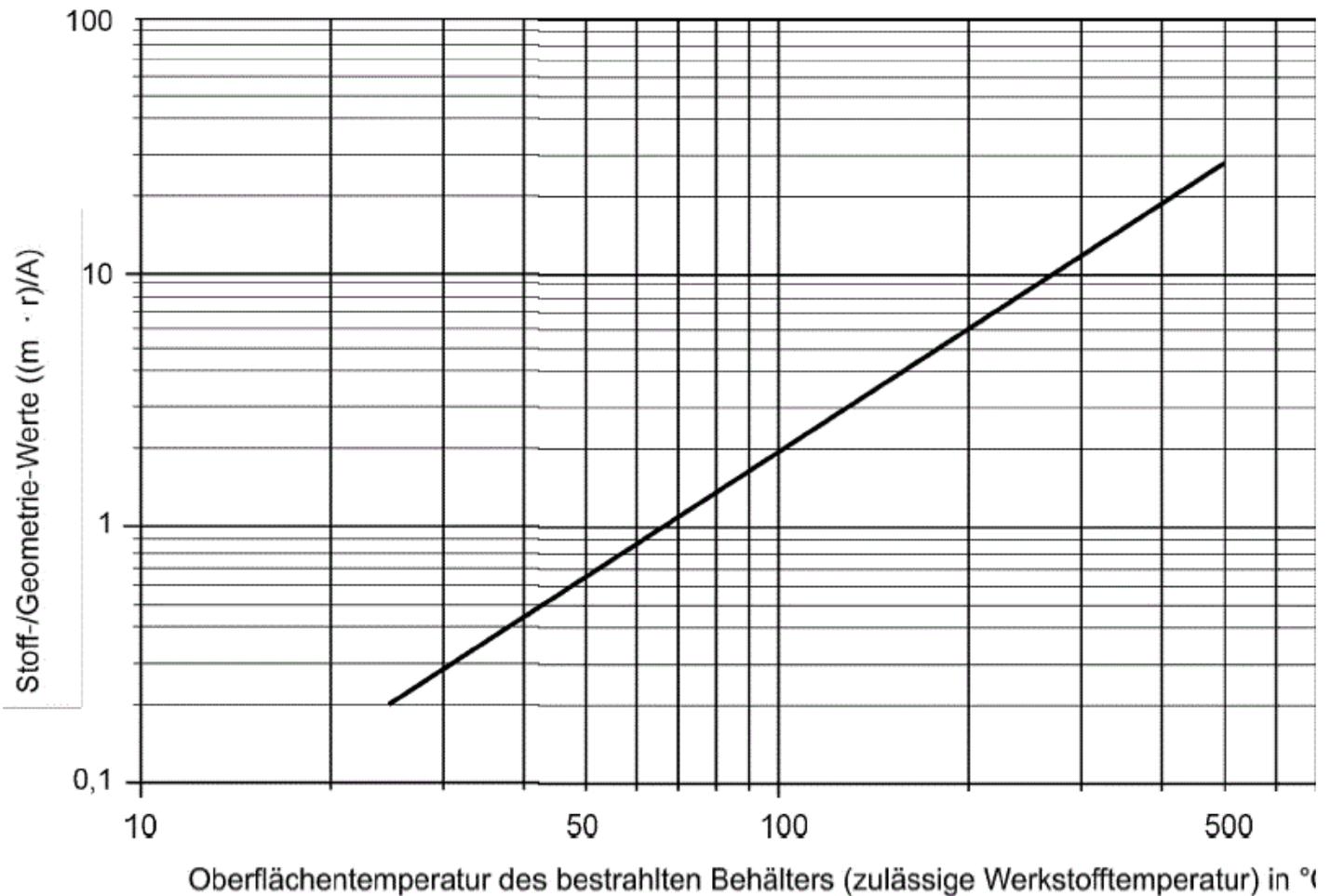


Abbildung 4:

Mengenbemessung für die Abblaseleistung von Sicherheitsventilen bei durch Wärmestrahlung beaufschlagten Behältern

(3) Ergeben sich danach zu große Sicherheitsventile, so ist eine genauere Berechnung mit den entsprechenden Randbedingungen erforderlich.

Für weitere Informationen siehe z. B.

1. Gas-Wärme-Institut, Bericht Nr. 8112 vom 9.4.1990, "Brandlast/Strahlungsversuche zur Ermittlung von Mindestabständen von Druckbehältern für Flüssiggas nach DIN 51622 zu möglichen Brandherden".
2. Technische Überwachung, BD 32 (1991), Nr. 4, S. 142 ff., "Lagerung brennbarer Stoffe - Berechnung von erforderlichen Abständen zu möglichen Brandlasten".
3. "Flüssiggas" Heft 5/91, Strobel-Verlag Arnsberg - Brandlast-/Strahlungsversuche (Metzger) - Berechnung von erforderlichen Abständen zu möglichen Brandlasten (Becker, Huth, Müller).

(4) Die nachfolgenden Beispiele erläutern die Berechnung der erforderlichen Abblaseleistung eines Sicherheitsventils an einem Lagerbehälter für Propan und an einem Lagerbehälter für Ammoniak.

**Beispiel 1 Lagerbehälter für Propan**

Die hypothetische Brandlast soll zu der zulässigen Werkstofftemperatur (Oberflächentemperatur im Bereich der Gasphase) von 250°C am Lagerbehälter führen, was bei

- Bemessung des Abstandes zur Brandlast nach [Anhang 3](#),
- Dauerbelastung durch die Wärmestrahlung und
- abblasendem Sicherheitsventil

eine Temperatur von 42°C in der Flüssigphase des Gases ergibt (s. GWI-Bericht; die Kühlung durch Verdampfung des Gases hält die Flüssigphase auf der Temperatur von 42°C; bei einer Bemessung des Sicherheitsventils mit den oben zugrunde gelegten Vorgaben ist immer eine dem Abblasedruck des Gases - d. h. dem Einstelldruck des Sicherheitsventils - entsprechende Temperatur gegeben).

Einstelldruck des Sicherheitsventils:

$$p = 15,6 \text{ bar}$$

Verdampfungsenthalpie von Propan bei 42°C:

$$r = 309 \text{ kJ/kg}$$

Länge des Behälters:

$$l = 4,8 \text{ m}$$

Durchmesser des Behälters:

$$d = 1,25 \text{ m}$$

Aus der Gleichung bzw. dem Diagramm ergibt sich bei 250°C

$$\frac{\dot{m} \cdot r}{A} = 9,1$$

Daraus folgt die über das Sicherheitsventil abzuführende Menge mit

?	=	$9,1 \cdot A/r = 9,1 \cdot 6/309$
---	---	-----------------------------------

= 0,177 in kg/s

= 636 in kg/h.

**Beispiel 2 Lagerbehälter für Ammoniak**

Die hypothetische Brandlast soll zu der zulässigen Werkstofftemperatur von 260°C am Lagerbehälter führen (s. a. Erläuterung in Beispiel 1).

Einstelldruck des Sicherheitsventils:

$$p = 15,4 \text{ bar}$$

Verdampfungsenthalpie von Ammoniak bei 42°C:

$$r = 1091 \text{ kJ/kg}$$

Länge des Behälters:

$$l = 6,0 \text{ m}$$

Durchmesser des Behälters:

$$d = 1,5 \text{ m}$$

Aus der Gleichung bzw. dem Diagramm ergibt sich bei 260°C

$$\frac{\dot{m} \cdot r}{A} = 9,71$$

Daraus folgt die über das Sicherheitsventil abzuführende Menge mit

?	=	$9,71 \cdot A/r = 9,71 \cdot 9/1091$
---	---	--------------------------------------

= 0,08 in kg/s

= 288 in kg/h.