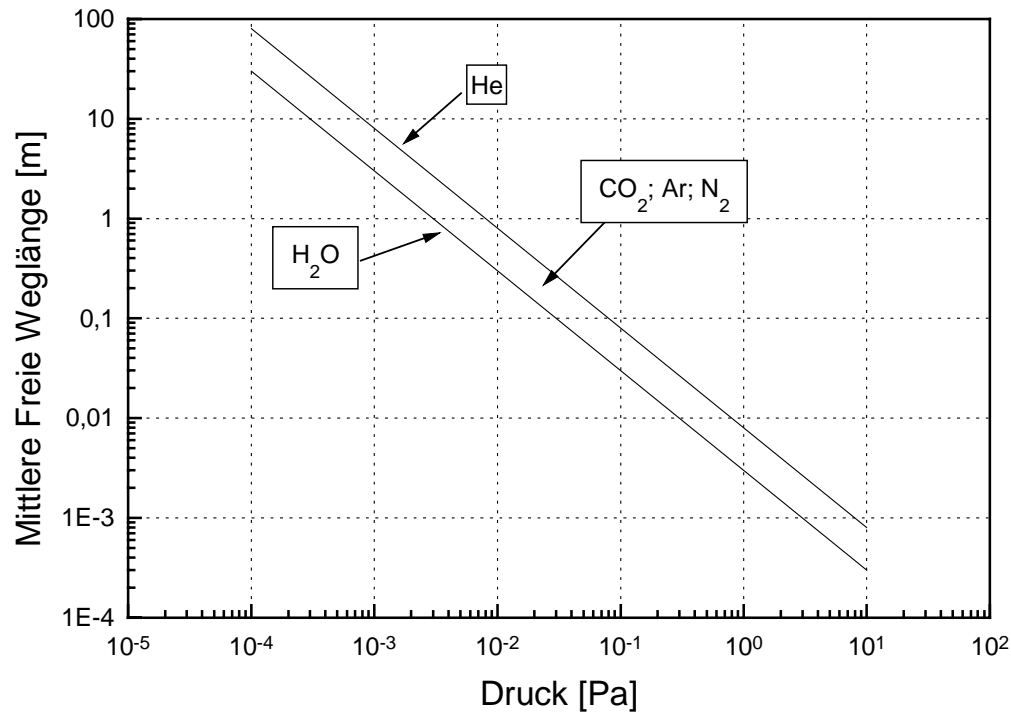


# Wiederholung: Mittlere Freie Weglänge

$$\lambda_p = 5 \text{ mm Pa}$$

$$p = 1 \text{ Pa} \rightarrow \lambda = 5 \text{ mm}$$

$$p = 10^{-4} \text{ Pa} \rightarrow \lambda = 50 \text{ m}$$



# Wiederholung: Flächenstossrate I

$$Z = Z(p, T, m) = \frac{p}{m} \sqrt{\frac{m}{2\pi k_B T}}$$

$$p = 0.1 \text{ Pa}$$

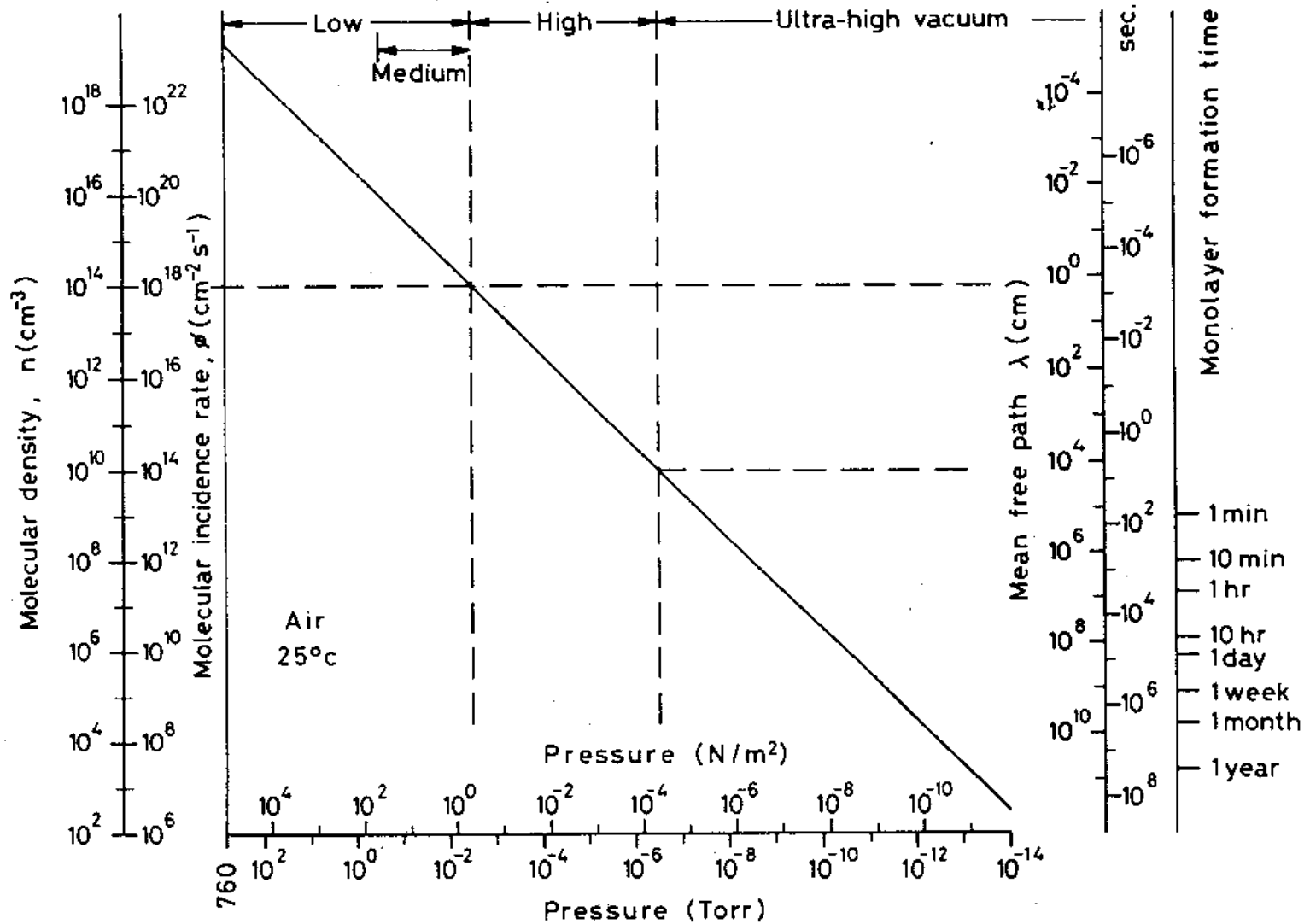
$$m = 10^{-27} \text{ kg}$$

$$k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

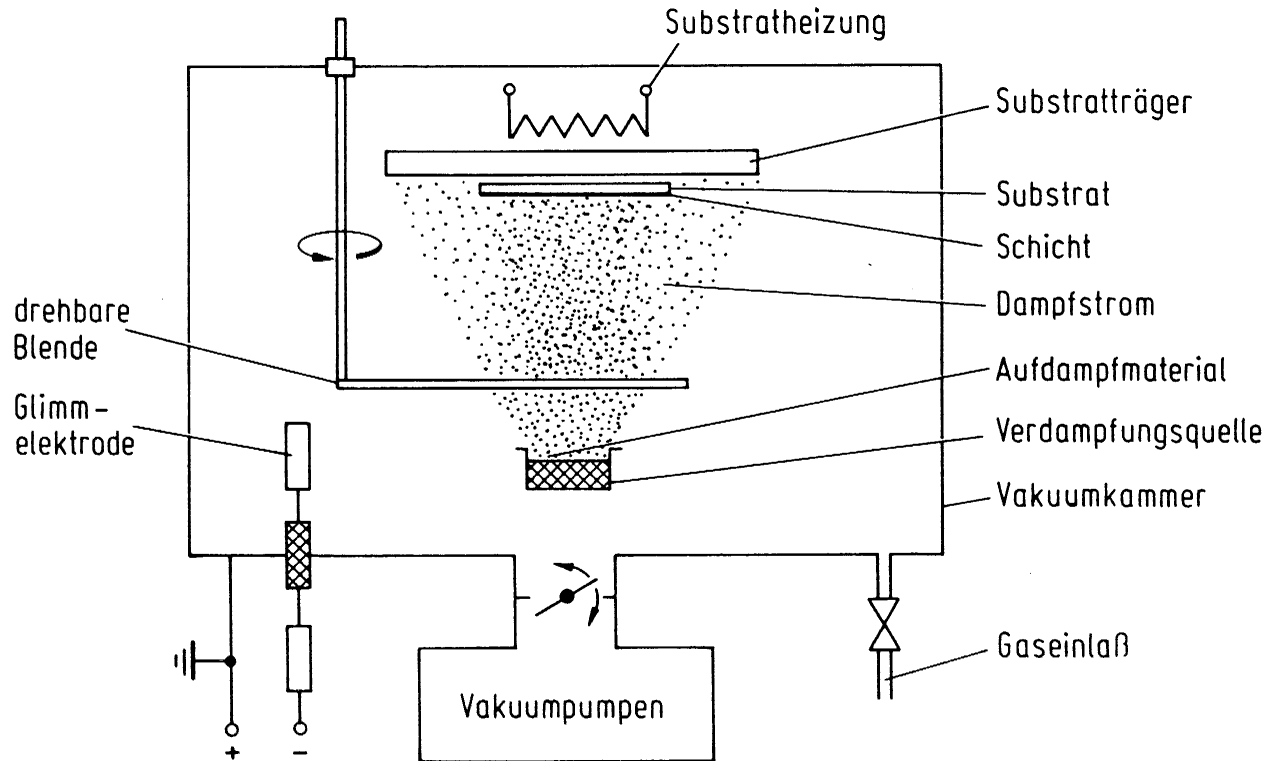
$$Z = 2 \cdot 10^{18} \text{ s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$$

# Wiederholung: Flächenstossrate II



# Der Aufdampfprozess

## Schema:



# Verdampfungsrate: Temperaturabhängigkeit

$$Z = Z(p, T, m) = a_V \frac{p^* - p}{m} \sqrt{\frac{m}{2\pi k_B T}}$$

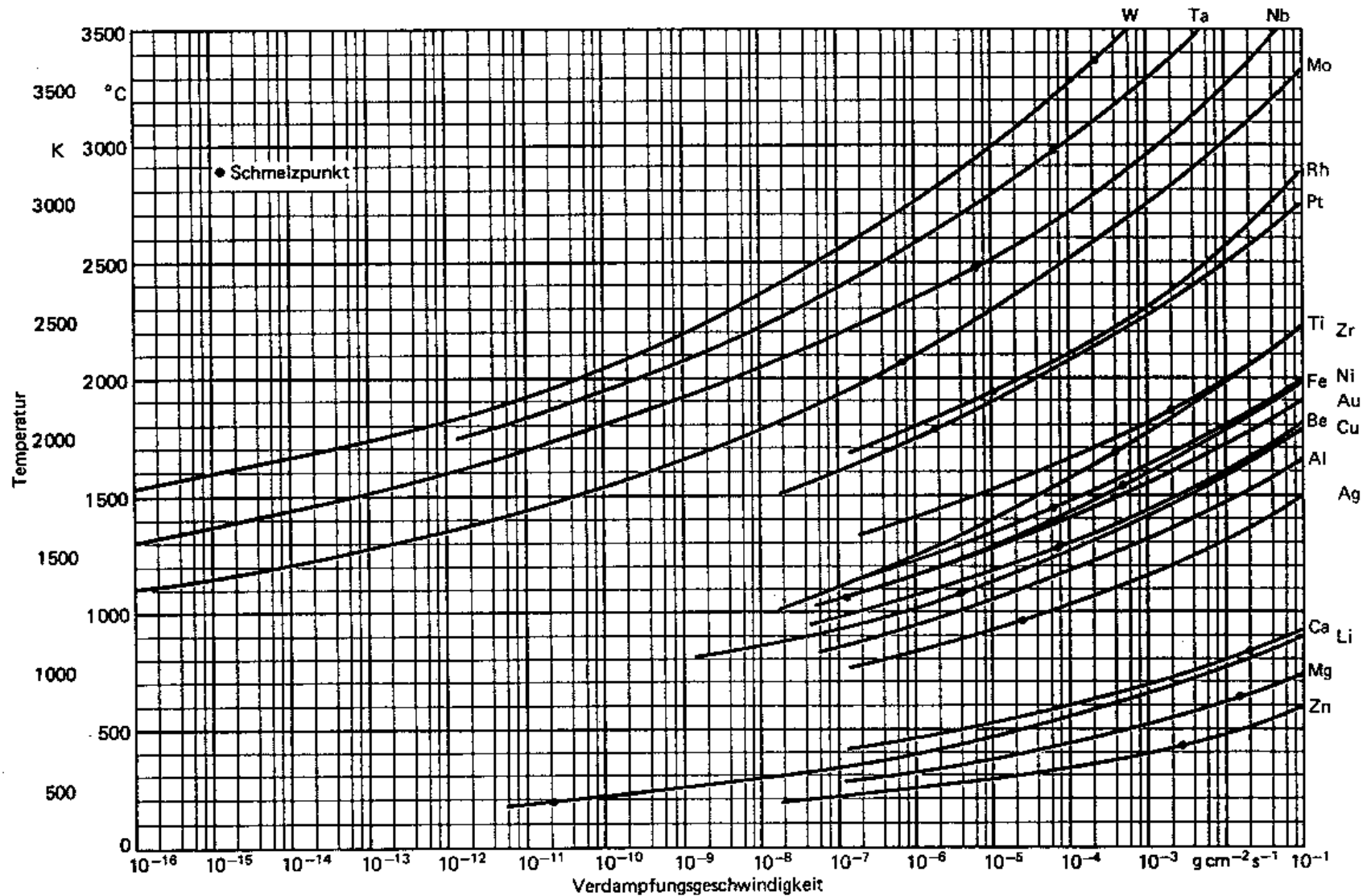
$p^*$  = Temperaturabhängiger Dampfdruck des Quellenmaterials  
 $a_V$  = Verdampfungskoeffizient

$$p^* = p_0 \exp[-(E_V / (k_B T_Q))]$$

$T_Q$  = Quelltemperatur

$p_0$  = Referenzdampfdruck, z. B. bei RT

# Dampfdruckkurven



# Räumliche Verteilung der Dampfstromdichte

## Hertz-Knudsen-Formel:

$$R(\alpha, \theta, r) = \frac{m_1}{\pi} \cos \alpha \cdot \frac{\cos \Theta}{r^2}$$

$\alpha$  ... Winkel Lot/Quelle

$\Theta$  ... Winkel Substratnormale/  
Aufpunkt

## Voraussetzungen:

- Punktförmige Quelle
- Line - of - Sight Prozess

## Spezielle Geometrien:

- Punktförmige Quelle – planes Substrat
- Halbkugel
- Knudsen-Kugel

# Verdampfen von Legierungen I

## Raoul'sches Gesetz:

$$\frac{dn_A}{dn_B} = \frac{p_A}{p_B} \underbrace{\sqrt{\frac{m_B}{m_A}}}_{\kappa} \cdot \frac{n_A}{n_B} = \kappa \frac{n_A}{n_B}$$

$n_A, n_B =$  Materialanteil des Stoffes  $A, B$

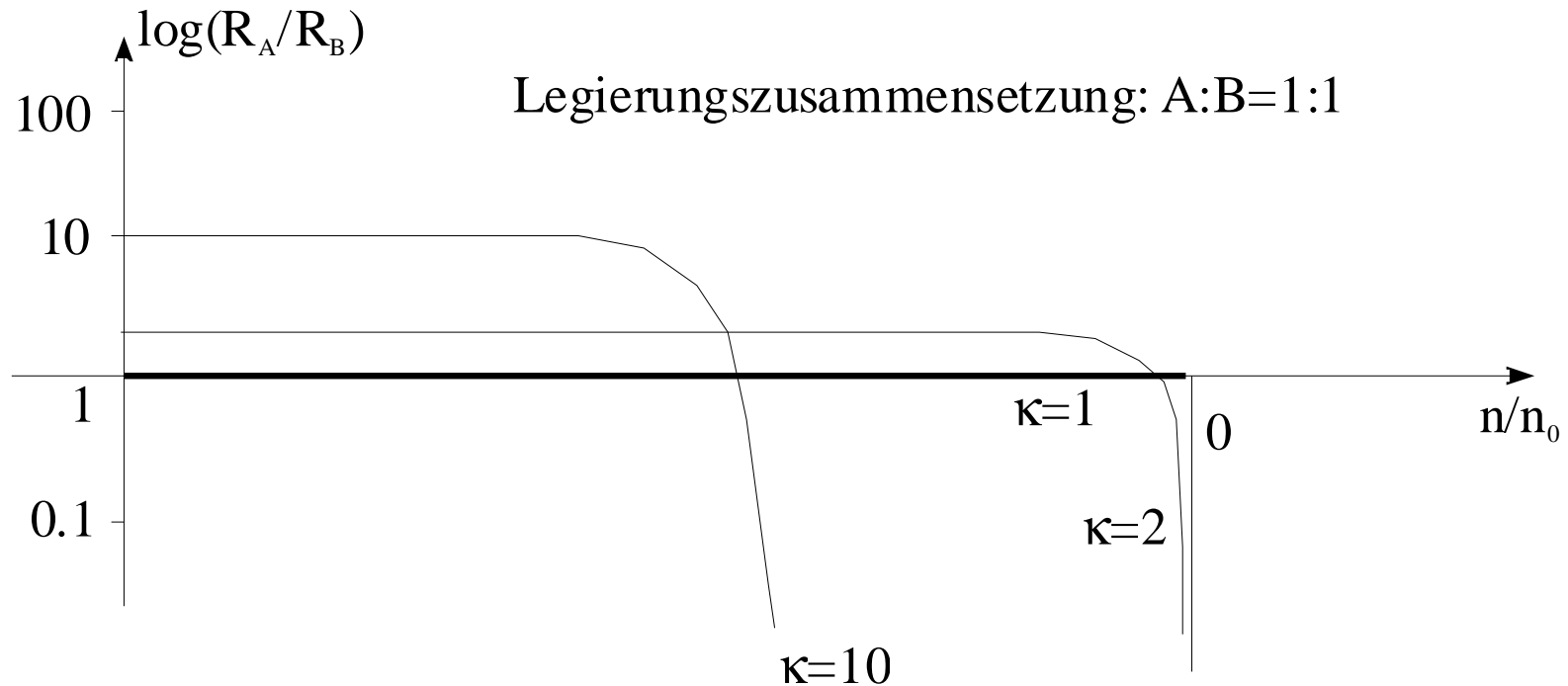
$p_A, p_B =$  Dampfdruck von  $A, B$

$m_A, m_B =$  Masse von  $A, B$

$\kappa =$  Verdampfbarkeitskoeffizient



# Verdampfen von Legierungen II



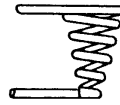
**Das Verdampfen einer Legierung entspricht einer fraktionierten Destillation. Grund dafür ist der Materialtransport in der Schmelze.**

# Verdampfungsquellen I

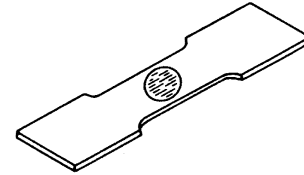
## Widerstandsgeheizte Quellen



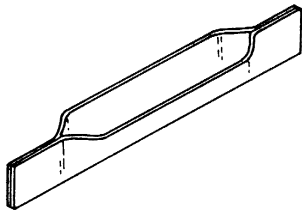
a



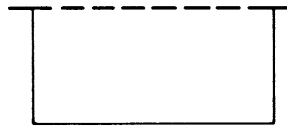
b



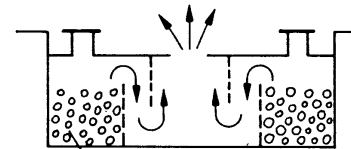
c



d

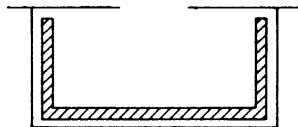


e

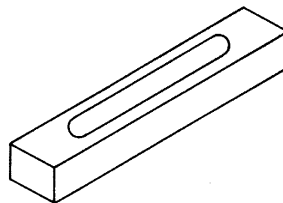


f

SiO



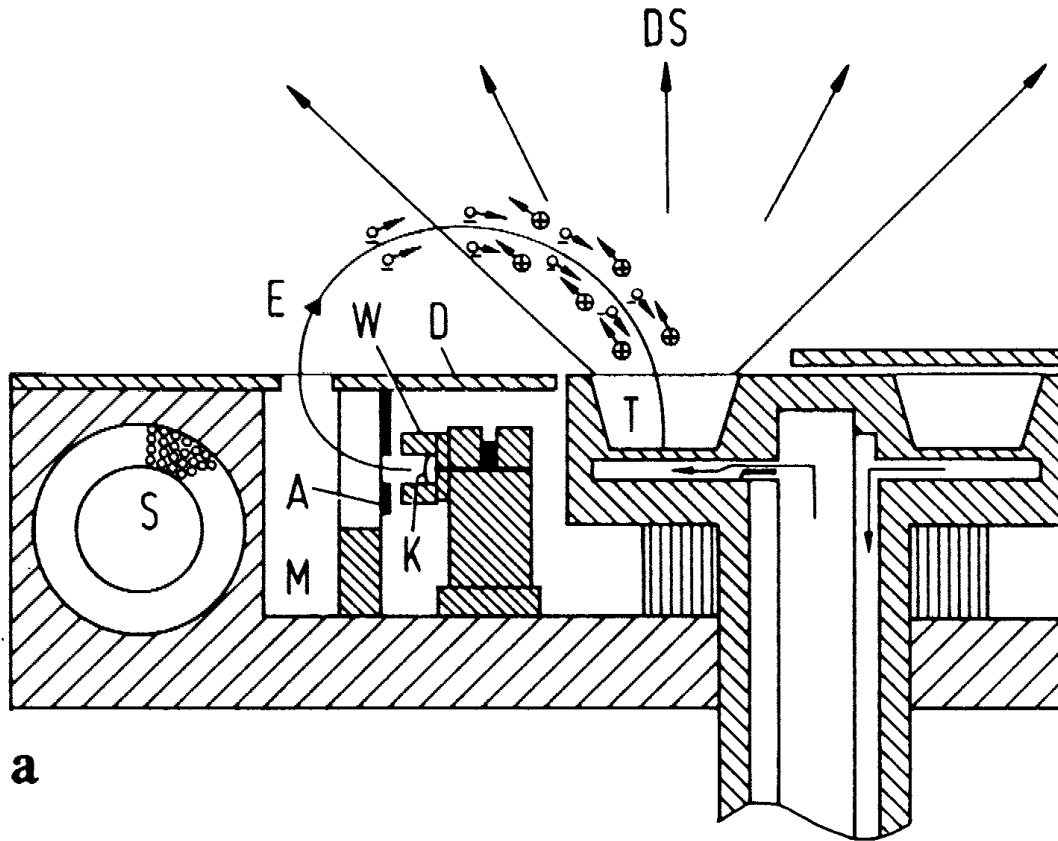
g



h

# Verdampfungsquellen II

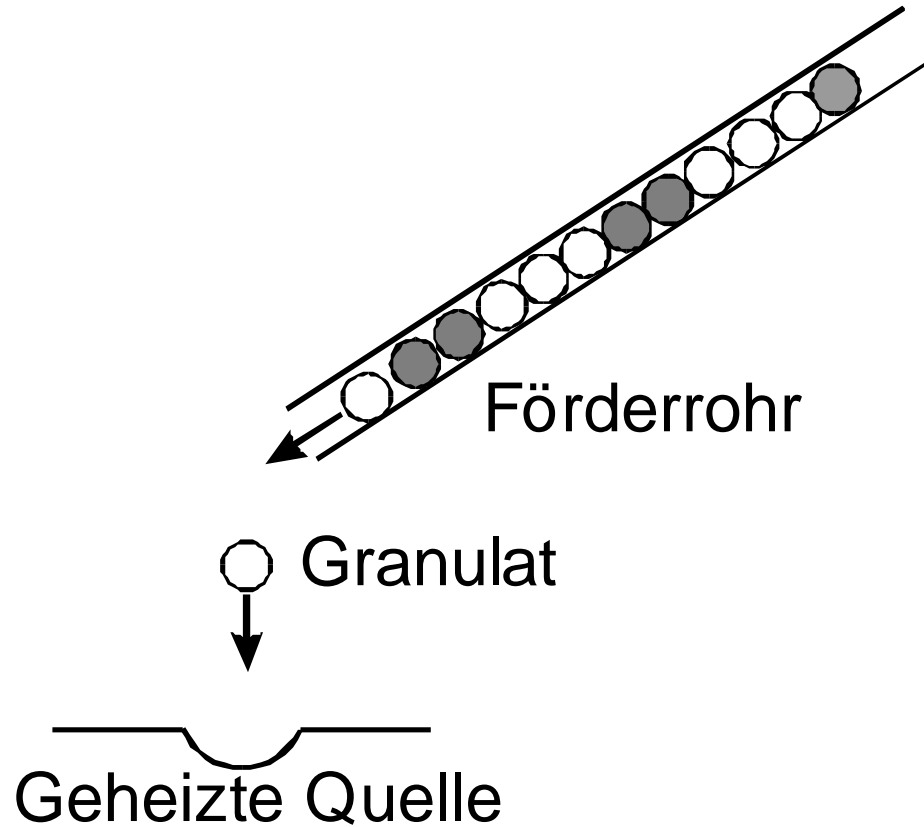
## Elektronenkanone



- K: Kathode
- A: Anode
- W: Wehneltblende
- S: Spule
- E: Elektronenstrahl
- D: Abdeckung
- T: Tiegel
- DS: Dampfstrahl

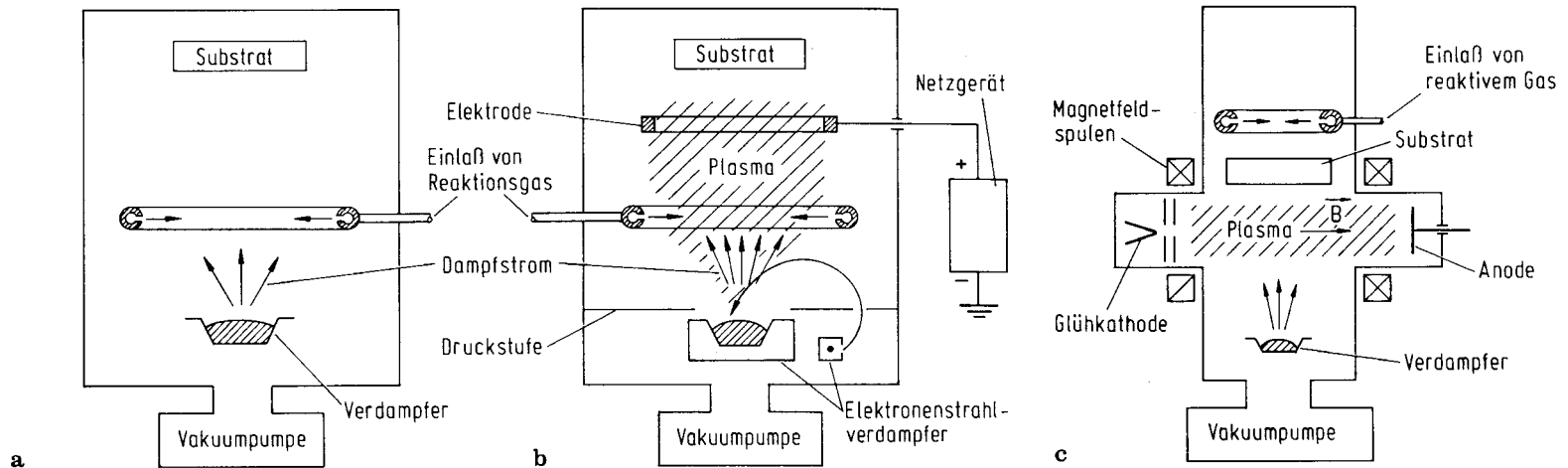
# Spezielle Verdampfungsverfahren I

## Flash-Verdampfen



# Spezielle Verdampfungsverfahren II

## Reaktives Verdampfen



a. Reaktivgas

b. plasmaaktiviertes Reaktivgas

c. elektronenaktiviertes Reaktivgas

# Aufdampfmaterialien

**Pulver**  
**Granulate**  
**Drähte**  
**Pellets**  
**Formteile**



***Es ist darauf zu achten, dass  
Quellenmaterial und Beschichtungsmaterial  
chemisch nicht miteinander reagieren!***