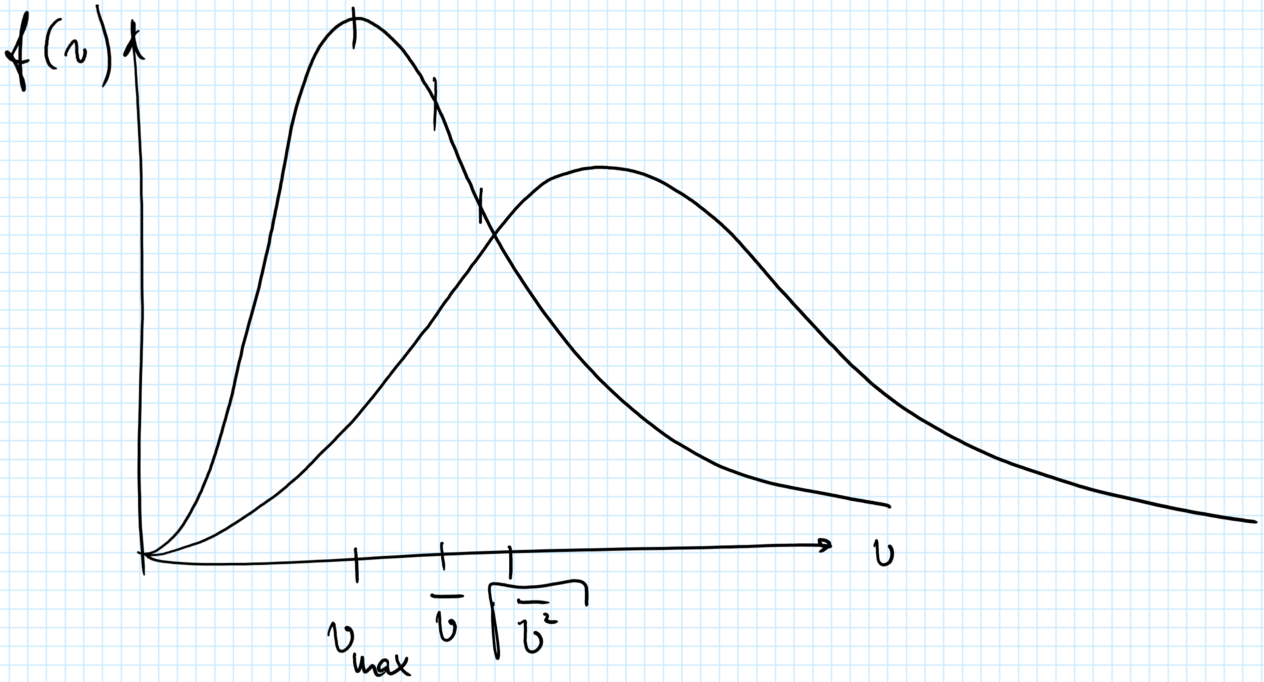


$$v_{max} = \sqrt{\frac{2RT}{m_{mol}}}$$

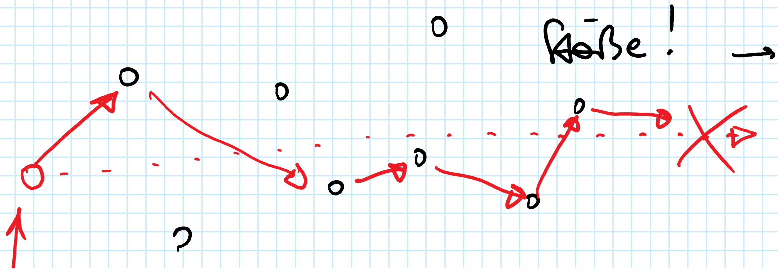
$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\, m_{mol}}}$$

$\bar{v} \simeq 500 \frac{m}{s}$

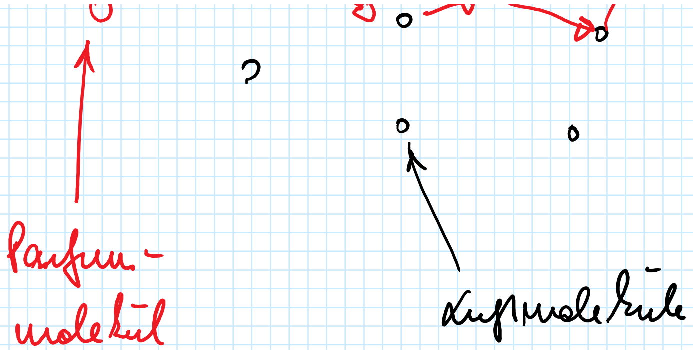
(N_2, RT)

$$\sqrt{\bar{v^2}} = \sqrt{\frac{3RT}{m_{mol}}}$$

$\underline{V}$.2 Mittlere freie Weglänge λ



Stöße! → keine geradlinige Bewegung



λ : durchschnittliche Distanz
zwischen zwei Stößen
= "mittlere freie Weglänge"

empirisch : $\boxed{\lambda \sim \frac{1}{N_D}}$

bei Normalbedingungen (RT, 1 bar)
$\lambda \approx 70$ nm
(ca. 10^{10} Stöße / Sekunde)

bei Vakuum ist λ ein Maß für das Vakuum
(UHV : $\lambda \approx 1000$ km)

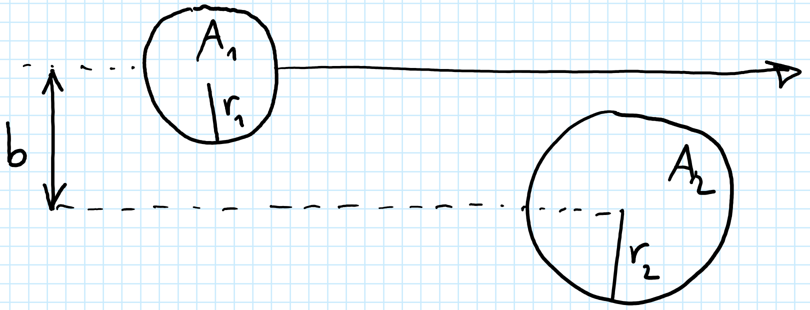
V.3 Stoßquerschnitt

- Teilchen sind starre Kugeln mit Radius r

Stöße – finden bei Berührung statt
(d.h. Abstand von $\lesssim 2r$)

2 Teilchenarten: Radien r_1 und r_2

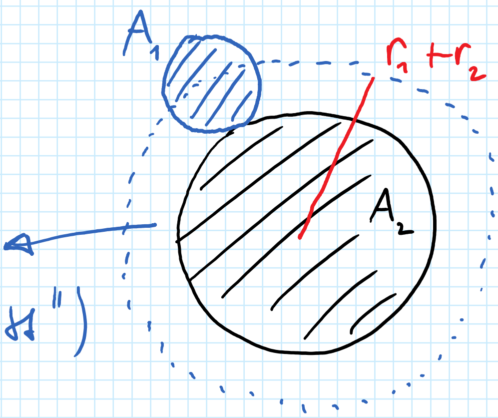
b: "Stoßparameter"



(in Ruhe)

Stoß wenn $\boxed{b \le r_1 + r_2}$

Blick entlang der Bahn von A_1!

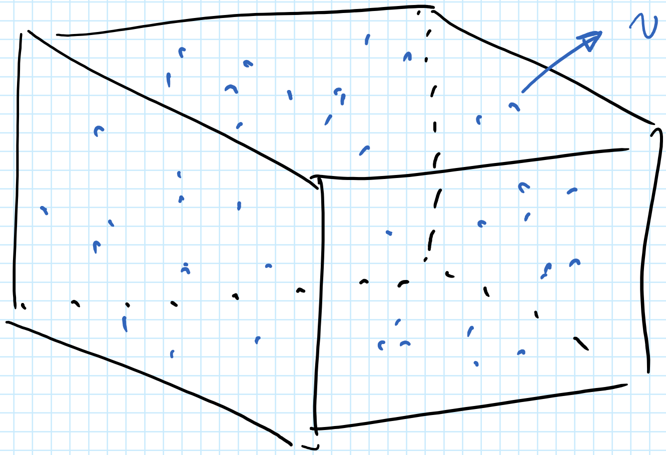


σ

("Stoßquerschnitt")

Alle Teilchen A_1 deren Mittelpunkt auf ihrer Bahn durch σ laufen werden durch den Stoß abgelenkt

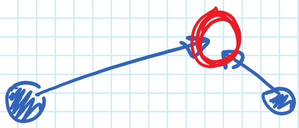
$$\boxed{\sigma = (r_1 + r_2)^2 \pi}$$

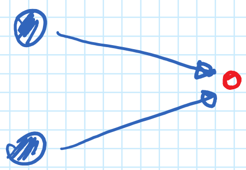


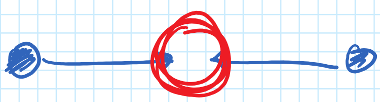
v bzw. $\bar{v}$
(absolute Werte bezogen auf die Wände)

Relativbewegung der Teilchen zueinander

$\longrightarrow$ Reduzierte Masse μ







$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \longrightarrow \boxed{\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}}$$

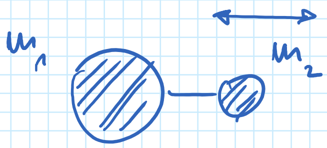
Extremfälle: $m_2 \gg m_1 \longrightarrow \mu \cong \frac{m_1 \cancel{m_2}}{\cancel{m_2}}$

$$\underline{\mu \approx m_1}$$

$\underline{m_1 = m_2}$ (auch homogenes Gas)

$$\mu = \frac{m_1^2}{m_1 + m_1} = \frac{m_1^2}{2 m_1} = \underline{\underline{\frac{m_1}{2}}}$$

Verweis auf PC II: Molekülschwingung



Hooke'sche Gesetz: $m\ddot{x} = -D(x-x_0)$

$$\downarrow$$

$$\mu$$

$$\downarrow$$

$$\mu\ddot{x} = -D(x-x_0)$$

MB-Verteilung: $\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi m_{mol}}}$

→ Aussagen auf den Behälter

$$\bar{v}_{rel} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \, \mu_{mol}}}$$ → mit $\bar{v}_{rel}$ nähert sich ein Molekül dem anderen

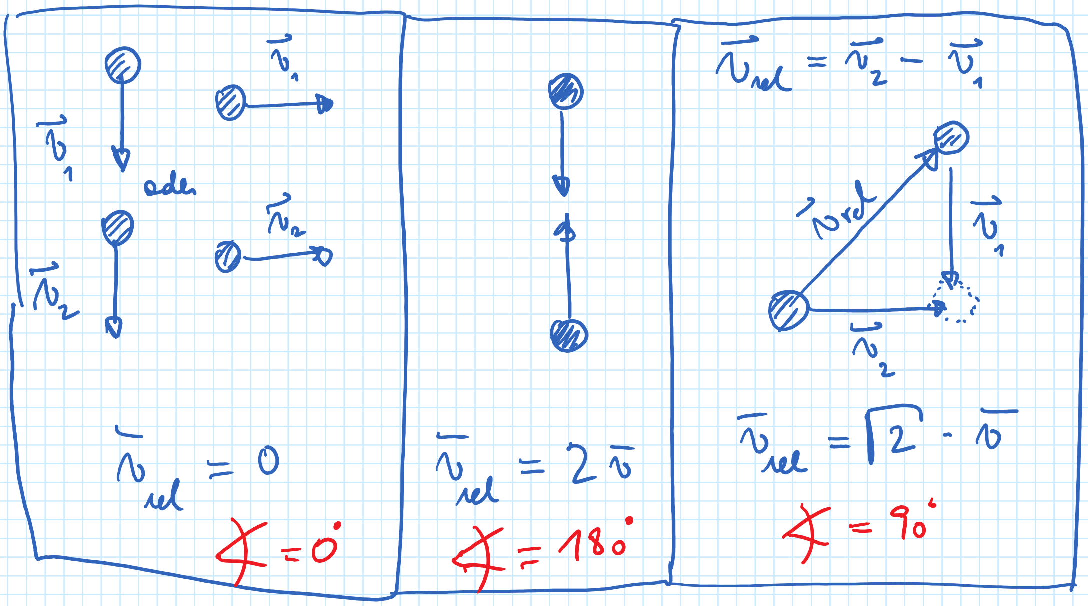
homogenes Gas ($m_1 = m_2$: $\mu_{mol} = \frac{m_{mol}}{2}$)

$$\bar{v}_{rel} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \, m_{mol}} \cdot 2}$$

$$\boxed{\bar{v}_{rel} = \sqrt{2} \cdot \bar{v}}$$

Woher kommt der Faktor $\sqrt{2}$?

$$|\bar{v}_1| = |\bar{v}_2| = |\bar{v}|$$



(Fälle bei denen sich die Teilchen voneinander wegbewegen sind irrelevant für Stöße)

→ mittlere freie Weglänge:

Weg eines Teilchens im Zeitraum Δt

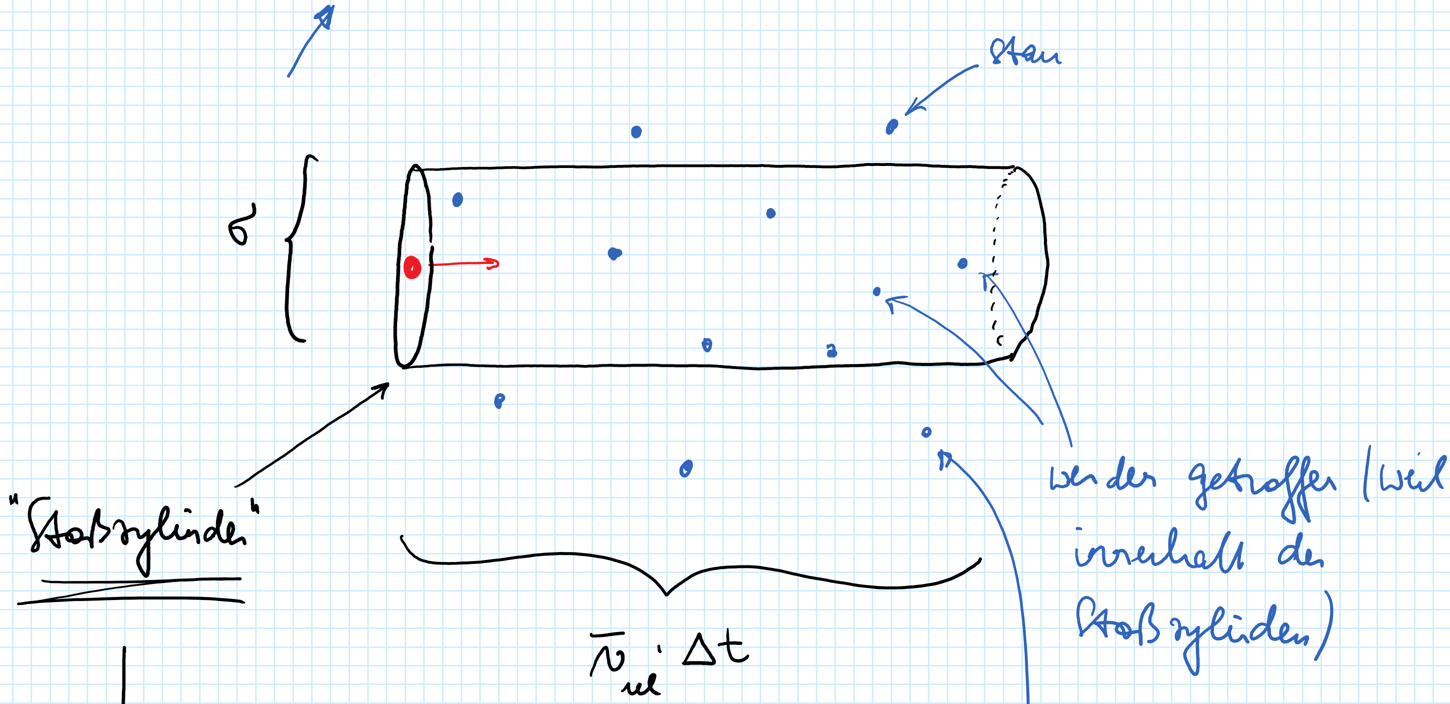
In Δt bewegt sich das Teilchen um $\bar{v}_{rel} \cdot \Delta t$

(alle anderen Teilchen sind "eingefroren")

↓

Stau

ihre Bewegung ist mit $\bar{v}_{rel}$ berücksichtigt



↓

Länge $\bar{v}_{rel} \Delta t$

Querschnitt σ

Volumen : $\sigma \cdot \bar{v}_{rel} \Delta t$

Teilchendichte : $\frac{N}{V} = \frac{n N_A}{V}$

Anzahl der Teilchen im Stoßzylinder:

$= \text{Volumen} \times \text{Teilchendichte}$

$= \sigma \cdot \bar{v}_{rel} \, \Delta t \cdot \frac{N}{V}$ = Zahl der Stöße in Δt

$\Rightarrow$ Stoßhäufigkeit $\left(\frac{\text{Stöße}}{\text{Zeit}}\right) = \boxed{\sigma \cdot \bar{v}_{rel} \frac{N}{V} = z}$

wenn $\frac{N}{V} = \text{const}$ (fester Behälter)

$\Rightarrow$ z steigt mit T $\quad (\sigma = \text{const})$

$pV = nRT \longrightarrow \frac{n}{V} = \frac{p}{RT} \qquad n = \frac{N}{N_A}$

$\frac{N}{V} = \frac{p}{RT} \cdot N_A \qquad R = k N_A$

$\frac{N}{V} = \frac{p \cdot N_A}{k N_A \cdot T} = \frac{p}{kT}$

$$\boxed{z = \sigma \cdot \bar{v}_{rel} \frac{p}{kT}}$$

$T = \text{const}$

$\hookrightarrow \bar{v}_{rel} = \text{const}$

$\Rightarrow z \sim p$

$z \approx 10^{10} \, s^{-1}$ (RT, 1 bar)

$\frac{\text{Zeit}}{\text{Stoß}}$ = Zeit zwischen zwei Stößen

$\frac{\ }{\text{Stoß}}$ = Zeit zwischen zwei Stößen

$$\Delta t_{\text{Stoß}} = \frac{1}{Z}$$

$$\Delta t_{\text{Stoß}} = \frac{1}{\sigma\, \bar{v}_{rel}\, N_D}$$

das Teilchen bewegt sich um $\bar{v}\,\Delta t_{\text{Stoß}}$

= Strecke zwischen zwei Stößen

= mittlere freie Weglänge λ

$$\lambda = \bar{v} \cdot \Delta t_{\text{Stoß}} = \frac{\bar{v}}{Z}$$

$$\lambda = \frac{\bar{v}}{\sigma\, \bar{v}_{rel}\, \frac{p}{kT}}$$

homogenes Gas $\left(\bar{v}_{rel} = \sqrt{2}\,\bar{v}\right)$

$$\lambda = \frac{\cancel{\bar{v}}}{\sigma \sqrt{2}\, \cancel{\bar{v}}\, \frac{p}{kT}} \longrightarrow \boxed{\lambda = \frac{kT}{\sqrt{2}\,\sigma\, p}}$$

oder $$\lambda = \frac{\bar{v}}{\sigma\, \bar{v}_{rel}\, \frac{N}{V}} \longrightarrow \boxed{\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\,\sigma\, N_D}}$$

$\rightarrow \lambda \sim \frac{1}{\ }$

$\rightarrow \quad \lambda \sim \frac{1}{N_D}$

$\rightarrow \quad \lambda \sim \frac{1}{p} \quad (T = const)$

$\rightarrow \quad \frac{V}{n} = const \quad$ (geschlossene Behälter)

λ ist unabhängig von T !

$\underline{\lambda = const} \quad (N_D = const)$