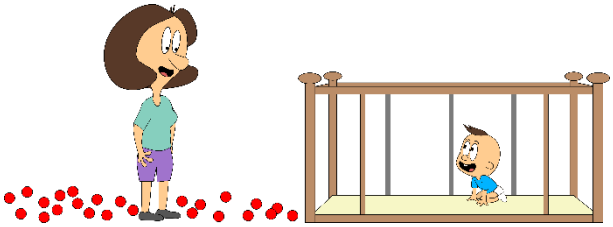
Mama vs. Baby: Wettstreit im Kinderzimmer

Einführung einer mathematischen Betrachtung des Gleichgewichts

M1 – Das Chemische Gleichgewicht als „Wettstreit im Kinderzimmer“

Das Konzept des chemischen Gleichgewichts kann man mit Hilfe einer bildhaften Analogie mathematisch betrachten: In einem Kinderzimmer hat ein Baby alle Bälle aus dem Laufstall geworfen.

Nun will die Mutter (M) sie wieder zurück werfen, aber dem Baby (B) gefällt das nicht.



Nehmen wir an, der Raum, den beide „verteidigen“, beträgt jeweils 4 m^3. Die Mutter ist mit einer großen Reichweite ausgestattet, während das Baby nur krabbeln kann. Sie soll daher doppelt so schnell sein, wie das Baby! Endet der Konflikt damit, dass alle Bälle wieder im Laufstall liegen?

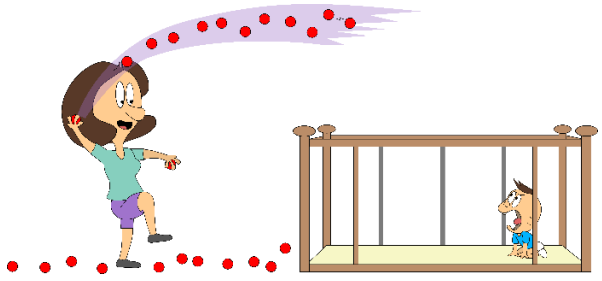
Folgende mathematische Zusammenhänge und Kürzel sollen uns bei der Betrachtung helfen:

Mutter	Baby
Konzentration der Bälle bei der Mutter: $c(Bälle_M)$	Konzentration der Bälle beim Baby: $c(Bälle_B)$
Geschwindigkeitskonstante: $k_M = 2\frac{m^3}{s}$	Geschwindigkeitskonstante: $k_B = 1\frac{m^3}{s}$
Wurf-Geschwindigkeit: $v_M = k_M \cdot c(Bälle_M)$	Wurf-Geschwindigkeit: $v_B = k_B \cdot c(Bälle_B)$

Aufgaben

1. Betrachten Sie die Bildgeschichte in M2. Ergänzen Sie die Bildunterschriften der Phasen 3 und 4. Diskutieren Sie die Bedeutung der Größen k, c und v unter Beachtung ihrer Einheiten und berechnen Sie die fehlenden Wurf-Geschwindigkeiten.
2. Stellen Sie einen Zusammenhang zum chemischen Gleichgewicht her.
3. Diskutieren Sie, inwiefern man bei Kenntnis der Geschwindigkeitskonstanten k_M und k_B Aussagen über die Konzentration der Bälle auf beiden Seiten im dynamischen Gleichgewicht machen kann.

M2 – Wettstreit in mehreren Phasen

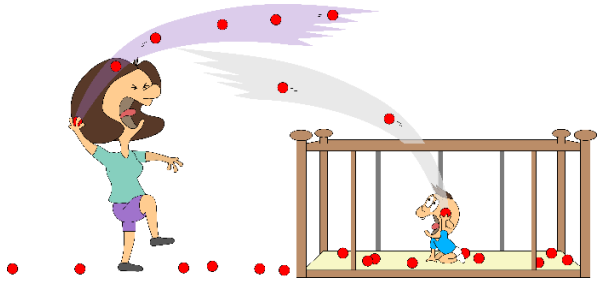


PHASE 1: Die Mutter wirft erste Bälle zum Baby.

Sie kann mit einer hohen Geschwindigkeit werfen, denn auf ihrer Seite liegen viele Bälle und k_M ist groß.

$$V_M = 2\frac{m^3}{s} \cdot \frac{24\ Bälle}{4\ m^3} = 12\frac{Bälle}{s}$$

$$V_B = 0\frac{Bälle}{s}$$



PHASE 2: Das Baby wirft erste Bälle zurück. Die Anzahl der Bälle auf beiden Seiten ist schon gleich groß, aber die Geschwindigkeit ist weiterhin verschieden:

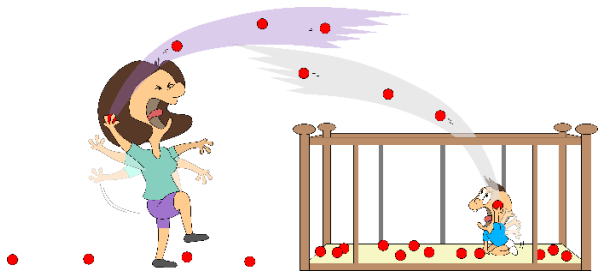
$$V_M = 2\frac{m^3}{s} \cdot \frac{12\ Bälle}{4\ m^3} = 6\frac{Bälle}{s}$$

$$V_B = 1\frac{m^3}{s} \cdot \frac{12\ Bälle}{4\ m^3} = 3\frac{Bälle}{s}$$

Alle Abb. von D. Weninger und Gregor von Borstel, 2019 unter CC-BY-SA 4.0. Die Idee basiert auf einer Skizze von Martin Düker und erweitert die legendäre HOLZAPFELKRIEG nach Dickerson R., Geis I., Chemie eine lebendige und anschauliche Einführung, 1. Nachdruck der 1. Auflage, Weinheim 1983, S.321ff.

Mama vs. Baby: Wettstreit im Kinderzimmer

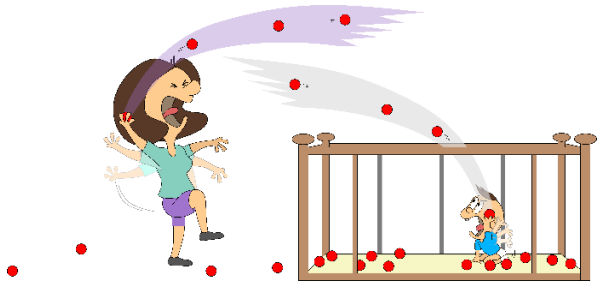
Einführung einer mathematischen Betrachtung des Gleichgewichts



PHASE 3 – Einige Zeit später: Nun sind auf der Seite der Mutter noch 8 Bälle.

$$V_M = 2\frac{m^3}{s} \cdot \frac{8\ Bälle}{4\ m^3} =$$

$$V_B = 1\frac{m^3}{s} \cdot \frac{16\ Bälle}{4\ m^3} =$$



PHASE 4 – Am Abend:

$$V_M = 2\frac{m^3}{s} \cdot \frac{Bälle}{4\ m^3} =$$

$$V_B = 1\frac{m^3}{s} \cdot \frac{Bälle}{4\ m^3} =$$

FORMEL

Es gilt stets $v_{hin} = k_{hin} \cdot c(Edukt)$ und $v_{rück} = k_{rück} \cdot c(Produkt)$
Im chemischen Gleichgewicht gilt: $v_{hin} = v_{rück}$ und somit $k_{hin} \cdot c(Edukt) = k_{rück} \cdot c(Produkt)$ oder

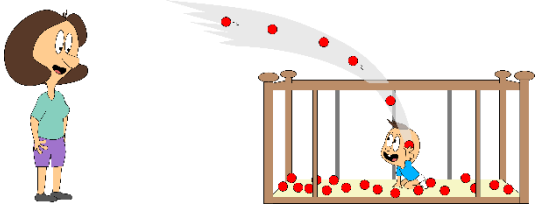
$$\frac{k_{hin}}{k_{rück}} = \frac{c(Produkt)}{c(Edukt)}$$

Weiterführende Aufgaben

Was wäre passiert, wenn anfänglich alle Bälle im Laufstall des Babys gelegen hätten?

1. Stellen Sie eine begründete Vermutung auf.
2. Betrachten Sie die Bildergeschichte in M3. Ergänzen Sie die Berechnungen.
3. Stellen Sie auch hier einen Zusammenhang zum chemischen Gleichgewicht her. Was bedeutet dies möglicherweise für eine chemische Reaktion wie die Bildung oder der Zerfall von Essigsäureethylester?

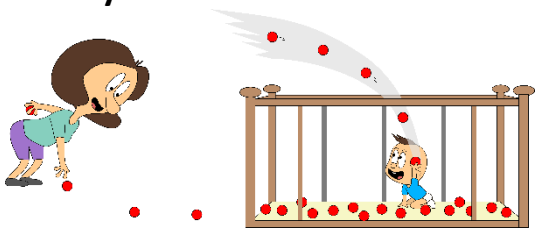
M3 – Was wäre, wenn anfangs alle Bälle beim Baby sind?



PHASE 1: Alle Bälle befinden sich beim Baby. Es kann mit folgender Geschwindigkeit werfen:

$$V_B = 1\frac{m^3}{s} \cdot \frac{24\ Bälle}{4\ m^3} = 6\frac{Bälle}{s}$$

$$V_M = 0\frac{Bälle}{s}$$



PHASE 2: Keine Sekunde später – Die Mutter hat nun auch Bälle.

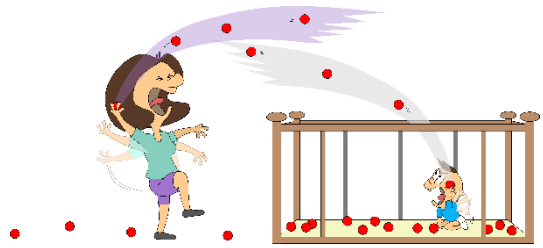
$$V_M = 2\frac{m^3}{s} \cdot \frac{4\ Bälle}{4\ m^3} = 2\frac{Bälle}{s}$$

$$V_B = 1\frac{m^3}{s} \cdot \frac{20\ Bälle}{4\ m^3} = 5\frac{Bälle}{s}$$

Alle Abb. von D. Weninger und Gregor von Borstel, 2019 unter CC-BY-SA 4.0. Die Idee basiert auf einer Skizze von Martin Düker und erweitert die legendäre HOLZAPFELKRIEG nach Dickerson R., Geis I., Chemie eine lebendige und anschauliche Einführung, 1. Nachdruck der 1. Auflage, Weinheim 1983, S.321ff.

Mama vs. Baby: Wettstreit im Kinderzimmer

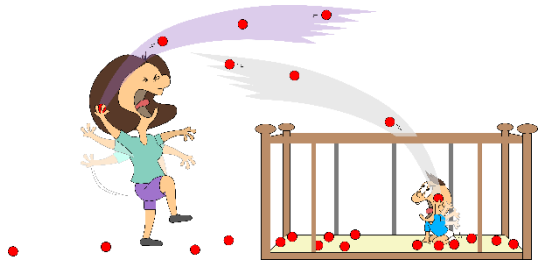
Einführung einer mathematischen Betrachtung des Gleichgewichts



PHASE 3 – Etwas später:

$$V_M = 2\frac{m^3}{s} \cdot \frac{Bälle}{4\,m^3} = \frac{Bälle}{s}$$

$$V_B = 1\frac{m^3}{s} \cdot \frac{Bälle}{4\,m^3} = \frac{Bälle}{s}$$



PHASE 4 – Stunden später

$$V_M = 2\frac{m^3}{s} \cdot \frac{Bälle}{4\,m^3} =$$

$$V_B = 1\frac{m^3}{s} \cdot \frac{Bälle}{4\,m^3} =$$

Alle Abb. von D. Weninger und Gregor von Borstel, 2019 unter CC-BY-SA 4.0. Die Idee basiert auf einer Skizze von Martin Düker und erweitert die legendäre HOLZAPFELKRIEG nach Dickerson R., Geis I., Chemie eine lebendige und anschauliche Einführung, 1. Nachdruck der 1. Auflage, Weinheim 1983, S.321ff.