

Analogie zur quantitativen Betrachtung des Gleichgewichts



LNCU.de
ID 33899
CC-BY-SA 4.0
Online abrufen

Mama vs. Baby: Wettstreit im Kinderzimmer

M1 Das Ausgangsszenario



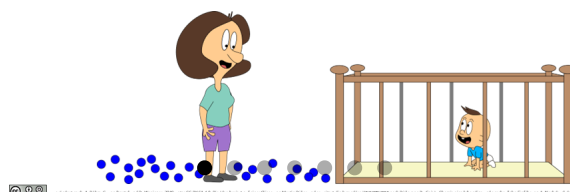
Bei unserem ersten **Blick ins Kinderzimmer** waren Mama oder Baby stets alleine vor Ort. Stellen wir uns nun vor, sie sind gleichzeitig da. Und stellen wir uns vor, Mama kann die blauen Bälle mit einem Knopfdruck zu roten Bällen machen und Baby kann dies wieder umkehren. Das ist auch für uns ganz praktisch, denn so können wir sie gut unterscheiden.



Nehmen wir an, dass die Mutter doppelt so viele Würfe pro Zeiteinheit machen kann wie das Baby. Wie endet der Wettstreit deiner Meinung nach?



Mama vs. Baby



Galerie 1: Das Ausgangsszenario.

Aufgaben

1. Machen Sie sich mit allen Größen, Formeln & Einheiten aus **M2** vertraut.
2. Betrachten Sie die Fortführung der Bildergeschichte in **M3** und ...
 - a ... ergänzen Sie die fehlenden Berechnungen.
 - b ... geben Sie jedem Zeitintervall einen kurzen und prägnanten Titel.
 - c ... diskutieren Sie die Verwendung der folgenden vier Symbole $\rightarrow$, $\rightleftharpoons$, $\rightleftharpoons$ (?) und $\rightleftharpoons$ und erörtern Sie, ob und wenn ja inwiefern die Analogie ein sich einstellendes, dynamisches Gleichgewicht zeigt.
3. **Schon fertig?** Dann betrachten Sie **M4** und stellen Sie eine begründete Vermutung für den Verlauf des dort beschriebenen Szenarios auf. Prüfen Sie diese rechnerisch.

M2 Annahmen und Formel

1. Die **Konzentration** c wollen wir in $[\text{Bälle}/\text{m}^3]$ angeben. Wir starten im ersten Szenario mit 24 blauen Bällen auf der Seite der Mutter und nehmen an, dass der Raum ein Kubikmeter groß ist ($V = 1 \text{ m}^3$).
2. Die beiden **Geschwindigkeitskonstanten** k beschreiben hier eine Anzahl von Würfeln pro Sekunde. Pro Wurf können mehrere Bälle erfolgreich geworfen werden.

3. Die **Reaktionsraten** v beschreiben jeweils die Anzahl Bälle pro m^3 , die pro Zeiteintervall von Mama $\leftrightarrow$ Baby umgewandelt werden.
4. Die **Reaktionsgeschwindigkeit** $\Delta c/\Delta t$ beschreibt die Veränderung der Konzentration auf einer Seite in einem Zeitintervall. Es werden „Abfluss“ und „Zufluss“ addiert, allerdings unter der vereinfachten Annahme, dass die Reaktionsraten, die zu Beginn des betrachteten Zeitintervalls gelten, sich für die Dauer des Zeitintervalls nicht ändern.

1 Anfangskonzentration bei der Mutter

$$c_0(M) = 24 \frac{\text{Bälle}}{m^3}$$

2 Geschwindigkeitskonstante der Mutter

$$k_M = 2 s^{-1}$$

3 Reaktionsrate M->B: mit welcher Geschwindigkeit wirft Mama gerade zum Baby?

$$v(M) = k_M \cdot c(M)$$

4 Reaktionsgeschwindigkeit aus Sicht der Mutter

$$\frac{\Delta c(M)}{\Delta t} = -k_M \cdot c(M) + k_B \cdot c(B)$$

5 Veränderung der Konzentration im Zeitintervall

$$\Delta c(M) = (-k_M \cdot c(M) + k_B \cdot c(B)) \cdot \Delta t$$

6 Neue Konzentration am Ende des Intervalls

$$\Delta c(M) = c_{\text{neu}}(M) - c_{\text{alt}}(M) \iff c_{\text{neu}}(M) = \Delta c(M) + c_{\text{alt}}(M)$$

7 Anfangskonzentration beim Baby

$$c_0(B) = 0 \frac{\text{Bälle}}{m^3}$$

8 Geschwindigkeitskonstante des Babys

$$k_B = 1 s^{-1}$$

9 Reaktionsrate B->M: mit welcher Geschwindigkeit wirft Baby gerade zur Mutter?

$$v(B) = k_B \cdot c(B)$$

10 Reaktionsgeschwindigkeit aus Sicht des Babys

$$\frac{\Delta c(B)}{\Delta t} = -k_B \cdot c(B) + k_M \cdot c(M)$$

11 Veränderung der Konzentration im Zeitintervall

$$\Delta c(B) = (-k_B \cdot c(B) + k_M \cdot c(M)) \cdot \Delta t$$

12 Neue Konzentration am Ende des Zeitintervalls

$$c_{\text{neu}}(B) = \Delta c(B) + c_{\text{alt}}(B)$$

M3

Betrachten wir den Wettstreit in vier Zeitintervallen hintereinander

Zeitintervall Nr. 1 (Dauer 0,125 s)

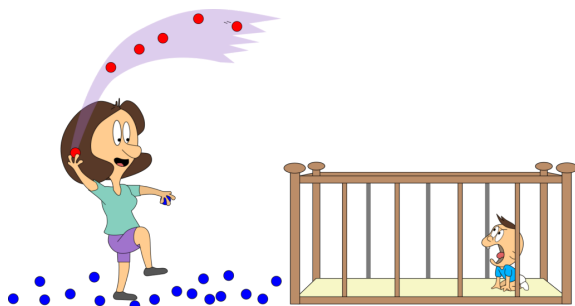


Abb. 1: → Mama beginnt. 5

Am Zeitpunkt $t_0 = 0 \text{ s}$ legt Mama los. Die anfängliche Reaktionsrate ist groß! Bereits in einem kurzen Zeitintervall 6 von nur 0,125 s gelingt es ihr, die Konzentration der blauen Bälle um 6 Bälle/ m^3 zu verringern, sofern wir vereinfachend annehmend, dass das Baby noch nichts machen kann.

Zeitintervall Nr. 2 (Dauer 1/3 s)



Abb. 2: ↕ Es entwickelt sich ein Wettstreit. 5

Das Baby kann nun auch agieren. Die Abb. 2 zeigt den Zustand kurz nach Beginn dieses Intervalls. Lassen wir eine Drittel Sekunde

Zeitintervall Nr. 3 (Dauer 1/4 s)

Schauen wir an das Ende des 3 Zeitintervalls ...

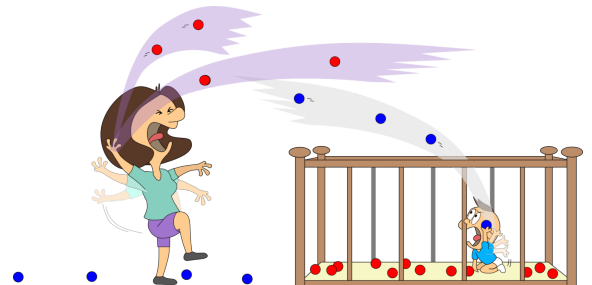


Abb. 3: ⇌ (?) zum Beispiel 1/4 s später ... 5

Jedes weitere Zeitintervall

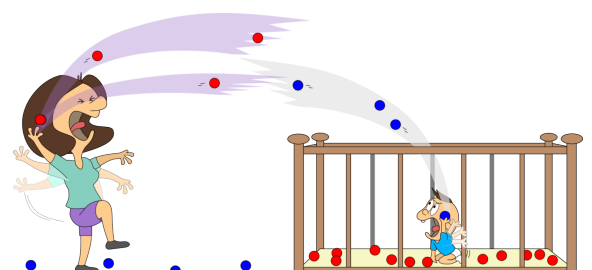
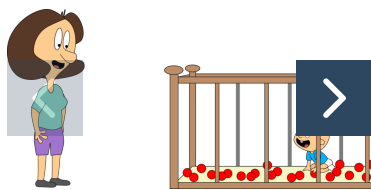


Abb. 4: ⇌ ... und am Abend? 5

vergehen⁵ und berechnen wir die neue Konzentration am Ende des Intervalls. Gehen wir erneut davon aus, dass die anfänglichen Reaktionsraten über das gesamte Zeitintervall konstant bleiben.

M4 Und anders herum?

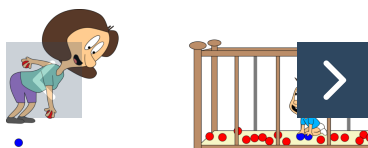
Zeitintervall Nr. 1



Galerie 2: Alle Bälle drinnen? Das Baby legt los.⁵

Am Zeitpunkt $t_0 = 0 \text{ s}$ legt nun das Baby los. Ihm gelingt es in $0,125 \text{ s}$ die Konzentration der roten Bälle um 3 Bälle/m^3 zu verringern, sofern wir vereinfachend annehmend, dass dieses Mal Mama noch nichts machen kann.

Zeitintervall Nr. 2



Galerie 3: Auch hier entwickelt sich ein Wettstreit⁵

Lassen wir auch hier ein weiteres Zeitintervall – nun von einer Drittel Sekunde – vergehen und berechnen wir, was passiert. Gehen wir erneut davon aus, dass die anfänglichen Reaktionsraten über das gesamte Zeitintervall konstant bleiben.

Jedes weitere Zeitintervall

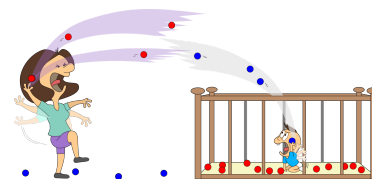


Abb. 5: $\Rightarrow$ Diesen Zustand kennen wir bereits⁵

Vernetzt denken

- 4 M5 zeigt die Kurvenverläufe zu den beiden Szenarien aus M1 und M4. Erkennen Sie eine Ähnlichkeit zu bereits Behandeltem?

M5 Diagramme zur Bälleschlacht

Memo: hier noch die Diagramme einfügen mit Start Baby, Start Mama

Einzelnachweise

- 1 von Borstel, G., & Böhm, A. (2021). Eine Bälleschlacht, das Massenwirkungsgesetz und Le Chatelier – eine tragfähige Analogie für den Unterricht zum dynamischen Gleichgewicht. *CHEMKON*, 29(7), 673-680. <https://doi.org/10.1002/ckon.202100017>
- 2 Kraska, T. (2021). Kommentar zum Artikel: „Eine Bälleschlacht, das Massenwirkungsgesetz und Le Chatelier – eine tragfähige Analogie für den Unterricht zum dynamischen Gleichgewicht“. *CHEMKON*, 28(8), 353-355. <https://doi.org/10.1002/ckon.202100061>
- 3 Hähndel, Joachim & Kremer, Matthias & Nickel, Heike & Sieve, Bernhard & Thielen-Redlich, Harald & Tittel, Carsten. (2020). Das chemische Gleichgewicht – Empfehlungen für eine konsistente Begriffsentwicklung und Symbolik. *Chemkon*. 27. 10.1002/ckon.202000005., online abrufbar unter https://www.gdch.de/fileadmin/downloads/Netzwerk_und_Strukturen/Fachgruppen/Chemieunterricht/PDF/Das_chemische_Gleichgewicht.pdf
- 4 Gregor von Borstel, 2025, überarbeitete Version (editierbar: [LNCU_01_Baelle_Schlacht_Ggw_Szenario_blau_rot](#)) der ursprünglichen Idee der Bälleschlacht von Borstel, G., & Böhm, A. (2021). Eine Bälleschlacht, das Massenwirkungsgesetz und Le Chatelier – eine tragfähige Analogie für den Unterricht zum dynamischen Gleichgewicht. *CHEMKON*, 29(7), 673-680. <https://doi.org/10.1002/ckon.202100017>
- 5 Gregor von Borstel, 2025, überarbeitete Version der ursprünglichen Idee der Bälleschlacht von Borstel, G., & Böhm, A. (2021) a. a. O.
- 6 Wie haben bewusst 125 ms also 0,125 s gewählt. In diesem Zeitintervall wirft Mama bei unseren Annahmen eine ganze Anzahl an Bällen
- 7 Nun sind es genau 1/3 s, damit wieder eine ganze Anzahl an Bällen geworfen wird