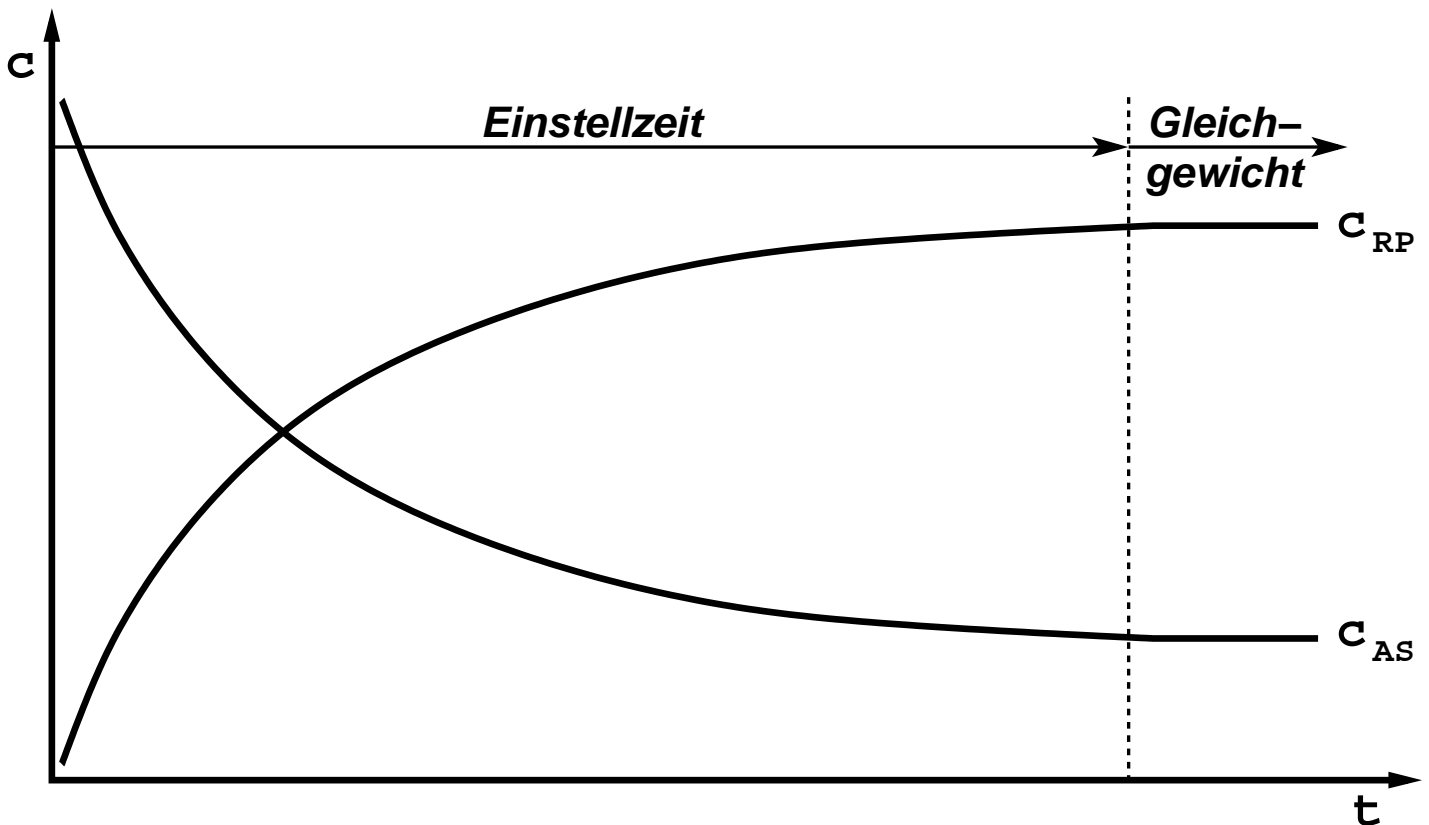


chemisches Gleichgewicht

Bei umkehrbaren chemischen Reaktionen kann sich ein Gleichgewicht einstellen:



Merkmale des chemischen Gleichgewichts

- $\Delta c_i = 0$ \implies im Gleichgewicht ist **keine Konzentrationsänderung** feststellbar.
- $v_{Hin} = v_{Rück}$ \implies im Gleichgewicht sind Hin- und Rückreaktion gleich schnell. Es handelt sich um ein **dynamisches Gleichgewicht**.
- Das Gleichgewicht ist **von beiden Seiten einstellbar**, d. h. man kann den Gleichgewichtszustand sowohl ausgehend von den Ausgangsstoffen als auch ausgehend von den Reaktionsprodukten erreichen.

Prinzip von LE CHÂTELIER und BRAUN

Übt man auf ein System, das sich im chemischen Gleichgewicht befindet, einen Zwang durch Änderung der äußeren Bedingungen aus, so stellt sich infolge dieser Störung des Gleichgewichts ein neues Gleichgewicht, dem Zwang ausweichend, ein.

HENRY LOUIS LE CHÂTELIER (* 8. Oktober 1850; † 17. Juni 1936) war ein französischer Chemiker, Metallurge und Physiker. KARL FERDINAND BRAUN (* 6. Juni 1850; † 20. April 1918) war ein deutscher Physiker, Elektrotechniker und Nobelpreisträger.

Folgende Änderungen der äußeren Bedingungen sind möglich:

- **Konzentrationsänderung:**

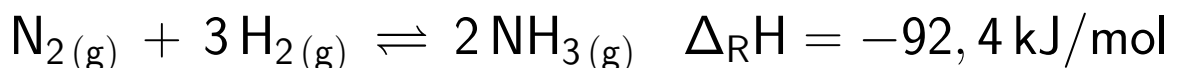
- Erhöhung der Konzentration eines Stoffes (*Ausgangsstoff*) \rightleftharpoons Gleichgewicht weicht „vom Stoff weg“ aus (*verstärkte Hinreaktion, mehr Reaktionsprodukte*)
- Verringerung der Konzentration eines Stoffes (*Reaktionsprodukt*) \rightleftharpoons Gleichgewicht weicht „zum Stoff hin“ aus (*verstärkte Hinreaktion, mehr Reaktionsprodukte*)

- **Temperaturänderung:**

- Temperaturerhöhung (= Wärmezufuhr) begünstigt die endotherme Teilreaktion (bei der Wärmeenergie aufgenommen wird)
- Temperatursenkung (= Kühlung) begünstigt die exotherme Teilreaktion (bei der Wärmeenergie abgegeben wird)
Hinweis: Temperatursenkung verringert auch die Reaktionsgeschwindigkeit!

- **Druckveränderung** bewirkt nur bei Reaktionen, an denen Gase teilnehmen und bei denen sich auch das Gasvolumen ändert, eine Gleichgewichtsverschiebung:
 - Druckerhöhung begünstigt die Teilreaktion mit Volumenabnahme
 - Drucksenkung begünstigt die Teilreaktion mit Volumenzunahme

Beispiel Ammoniaksynthese



Eine verstärkte Ammoniakbildung wird erreicht durch:

- Erhöhung der Konzentration eines Ausgangsstoffes (Stickstoffüberschuss, da Stickstoff billig aus Luft gewonnen wird)
- Verringerung der Konzentration des Reaktionsproduktes (Abtrennen des Ammoniaks durch Verflüssigung)
- Temperaturverringern, da die Hinreaktion exotherm ist (nicht praxisrelevant, da die Reaktionsgeschwindigkeit zu gering würde und der Katalysator erst bei Temperaturen über ca. 450 °C arbeitet)
- Druckerhöhung, da die Hinreaktion unter Volumenhalbierung verläuft (Haber-Bosch-Verfahren: ca. 30 MPa)