

Verschiebung chemischer Gleichgewichte

Materialien

Prinzip von Le Chatelier

https://www.youtube.com/watch?v=K5B5_rxli28 (SimpleClub)

Einfluss der Temperatur auf das Gleichgewicht

Gleichgewichtsreaktion Stickstoffdioxid und Distickstofftetraoxid

https://www.youtube.com/watch?v=qbQn93_Aax4&feature=youtu.be

Buch S. 62/63 zum Thema „Chemisches Gleichgewicht“

Buch S. 66/67 zum Thema „Verschiebung chemischer Gleichgewichte“

Angehängter Infotext

Wird auf ein System, das sich im Gleichgewicht befindet, durch Änderung der äußeren Bedingungen ein Zwang ausgeübt, dann verschiebt sich das Gleichgewicht so, dass es dem Zwang ausweicht. Es stellt sich ein neues Gleichgewicht mit den neuen äußeren Bedingungen und vermindertem Zwang ein.

Aufgaben

- 1) **Erläutere** den oben aufgeführten Ausdruck zum *Prinzip von Le Chatelier* in eigenen Worten.

Gehe dabei insbesondere auf die folgenden Begriffe **ein**:

System, Gleichgewicht, Änderung äußerer Bedingungen, Zwang

- 2) **Deute** die Versuchsbeobachtungen des durchgeführten Versuchs bei https://www.youtube.com/watch?v=qbQn93_Aax4&feature=youtu.be fachsprachlich angemessen.
- 3) **Erläutere** den Zusammenhang zwischen chemischem Gleichgewicht und Reaktionsgeschwindigkeit.

Das **Prinzip von Le Chatelier**, auch das **Prinzip des kleinsten Zwanges** genannt, wurde von Henry Le Chatelier und Ferdinand Braun zwischen 1884 und 1888 formuliert:

Übt man auf ein chemisches System im Gleichgewicht einen Zwang aus, so reagiert es so, dass die Wirkung des Zwanges minimal wird.

oder genauer gesagt:

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.

Das Prinzip ist somit sehr allgemein gefasst, findet jedoch häufig Anwendung, da eine qualitative Vorhersage in vielen Bereichen für erste Schritte ausreichend ist. Des Weiteren ist es sehr leicht anwendbar.

Beispiele:

- Dem Zwang **Temperaturerhöhung** wird mit **Wärmeverbrauch** ausgewichen.
- Dem Zwang **Wärmeentzug** wird durch **Wärmeproduktion** entgegengewirkt.

„Zwänge“ sind in diesem Sinne Änderungen von Temperatur, Druck oder Stoffkonzentration:

- Erhöht man die Temperatur, wird die wärmeliefernde Reaktion zurückgedrängt und umgekehrt.
- Erhöht man den Druck, weicht das System so aus, dass die volumenverkleinernde Reaktion gefördert wird und umgekehrt.
- Ändert man die Konzentration, z. B. indem man ein Produkt aus dem Ansatz (= Reaktionsgemisch) entfernt, so reagiert das Gleichgewichtssystem, indem dieses Produkt nachproduziert wird.

Die Richtigkeit dieses Konzept kann sowohl empirisch, also im Experiment, als auch durch Berechnungen von Temperatur-, Druck- und Konzentrationsabhängigkeit der freien Reaktionsenthalpie bestätigt werden.

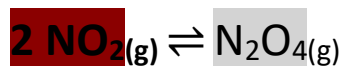
Temperaturänderung

Wärmezufuhr bzw. Wärmeentzug bewirken eine Gleichgewichtsverschiebung, d. h. die Einstellung eines neuen Gleichgewichts mit veränderten Konzentrationen. Wärmeentzug begünstigt die Wärme liefernde (*exotherme*) Reaktion, Wärmezufuhr die Wärme verbrauchende (*endotherme*) Reaktion. Dadurch fällt die Temperaturänderung des Systems geringer aus als ohne Gleichgewichtsverschiebung.

Eine Temperaturänderung führt immer zu einer Änderung der Gleichgewichtskonzentrationen. Welche Konzentration dabei zunimmt bzw. abnimmt, hängt davon ab, ob die Bildung der Produkte exotherm oder endotherm ist:

Störung	Art der Reaktion	Zunahme der
Temperaturerhöhung	exotherm	Edukte
	endotherm	Produkte
Temperaturerniedrigung	exotherm	Produkte
	endotherm	Edukte

Als Beispiel kann das Gasgemisch aus dem Gleichgewicht zwischen dem braunen Stickstoffdioxid und dem farblosen Distickstofftetroxid dienen:



Die Hinreaktion der oben notierten Reaktionsgleichung führt zu Wärmeentwicklung, sie ist folglich, da Energie frei wird. Die Rückreaktion ist somit endotherm.

Erhöht man nun die Temperatur bei konstantem Volumen, so wird die Reaktion in die entgegengesetzte, also in die endotherme Richtung ablaufen, womit sich das Gleichgewicht nach links verschiebt, das Gasgemisch wird dunkler. Temperatursenkung bewirkt die exotherme Reaktion, wodurch sich das Gleichgewicht nach rechts verschiebt und das Gasgemisch sich aufhellt.

Volumen- oder Druckänderung

*Das chemische Gleichgewicht von Reaktionen, an denen keine Gase beteiligt sind, wird kaum durch eine von außen bewirkte Volumenänderung beeinflusst. Sind hingegen **gasförmige Stoffe** beteiligt, wird das Gleichgewicht nur dann beeinflusst, wenn sich die Teilchenzahl in der Gasphase durch die Gleichgewichtsverschiebung ändert.*

Eine Druckänderung wirkt sich nur in einem geschlossenen System auf das Gleichgewicht aus, da sich in geschlossenen Systemen die Teilchenzahl nicht verändert. Je nach Reaktionsbedingung kann man eine Druckänderung oder eine Volumenänderung feststellen: Das System verringert den durch eine Volumenverkleinerung erzeugten Druck, indem es zugunsten der Seite abläuft, die die geringere Teilchenzahl aufweist und somit das kleinere

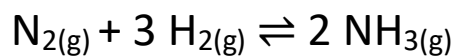
Volumen benötigt. Dadurch fällt die Druckerhöhung weniger stark aus als wenn die Gase zu keiner Reaktion fähig wären. Entsprechend verschiebt eine Volumenvergrößerung das Gleichgewicht in Richtung größerer Teilchenzahlen.

Die Lage des Gleichgewichts kann durch eine Druckerhöhung von außen beeinflusst werden:

- bei konstantem Reaktionsvolumen durch **weitere Zufuhr von Edukten**
- bei veränderlichem Reaktionsvolumen durch **Kompression**.

Findet die Reaktion in einem offenen System statt, kann das bei der Reaktion entstehende Gas ständig entweichen. Dadurch wird ständig neues Gas produziert, das wiederum entweicht. Diese Störung des Gleichgewichts führt dazu, dass es sich nicht einstellen kann: die Reaktion verläuft vollständig zur Produktseite.

Eine bekannte Reaktion ist die Herstellung von Ammoniak im Haber-Bosch-Verfahren aus Stickstoff und Wasserstoff:



Es entstehen also aus 4 Gasmolekülen (1x N₂ und 3x H₂) auf der Eduktseite links, 2 Gasmoleküle auf der Produktseite rechts. Wird nun der Druck erhöht, so weicht das System auf die volumenverkleinernde Seite - also diejenige mit weniger Molekülen - aus. Somit lässt sich durch Druckerhöhung die Bildung von Ammoniak begünstigen.

Das gleiche Prinzip lässt sich auch auf das Stickstoffdioxid-Distickstofftetroxid-Gleichgewicht übertragen.

Stoffmengenänderung

Durch Zufuhr bzw. Wegnahme *eines* Reaktionspartners wird das Gleichgewicht gestört, die Reaktion läuft folglich, **bis das Gleichgewicht wieder erreicht ist**, vermehrt in eine Richtung. Verändert man die Konzentration von einem der am Gleichgewicht beteiligten Stoffe, ändern sich dadurch auch die Konzentrationen aller anderen Partner. Soll eine Gleichgewichtsreaktion vollständig zugunsten eines Produkts ablaufen, genügt es, eines der Edukte aus dem Reaktionsgemisch zu vervielfachen oder eines der Produkte aus dem Reaktionsgemisch zu entfernen. Die Rückreaktion wird dadurch solange unterbunden, bis das ursprüngliche Gleichgewicht wieder hergestellt ist.