**Anwendung des MWG**

I2(g) + H2(g) ⮀ 2 HI (g) exotherme Reaktion

Erläutere anhand dieser Reaktion, was ein chemisches Gleichgewicht ist:

* Konzentrationen am Anfang der Reaktion und nach Einstellung des Gleichgewichtes?
* Reaktionsgeschwindigkeiten am Anfang der Reaktion und nach Einstellung des GG?
* Was bedeutet, das GG liegt auf der Seite der Ausgangsstoffe / Produkte?
* Formuliere das Massenwirkungsgesetz

Im GG gilt: c2(HI)

= Kc (Gleichgewichtskonstante)

c(I2) \* c(H2)

Folgende Reaktion wird im Gleichgewicht betrachtet

H2 + I2 ⮀ 2 HI

#### **Berechnung der GG-Konstanten K**

*🡪 als AB ausgeteilt:*

Es wurden bei gleicher Temperatur in drei unterschiedlichen Reaktionsansätzen **im Gleichgewichtszustand** folgende Konzentrationen der beteiligten Reaktionspartner gemessen:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | c (H2) in mol/l | c (I2) in mol/l | c (HI) in mol/l | K |
| Ansatz 1 | 1,8313 **.** 10-3 | 3,1291 **.** 10-3 | 17,671 **.** 10-3 | 54,49 |
| Ansatz 2 | 3,5600 **.** 10-3 | 1,2500 **.** 10-3 | 15,588 **.** 10-3 | 54,60 |
| Ansatz 3 | 4,5674 **.** 10-3 | 0,7378 **.** 10-3 | 13,544 **.** 10-3 | 54,47 |
| Ansatz 4 | 0,9578 **.** 10-3 | 0,9378 **.** 10-3 | 6,997 **.** 10-3 | 54,50 |

Aufgabe:

1. Formuliere für die obige Reaktion das Massenwirkungsgesetz und berechne die Gleichgewichtskonstanten.
2. Erkläre mit dem MWG, wie sich Konzentrationsänderungen der Reaktionspartner auf das Gleichgewicht auswirken.

🡪 Die GG-Konstante bleibt immer gleich. Konzentrationen **im GG** stellen sich immer so ein, dass der Wert von K gleich bleibt.

🡪 Die GG-Konstante K ist unabhängig von den Konzentrationen im Gleichgewicht. Die Konzentrationen verändern sich so, dass der Wert von K konstant bleibt bei einer bestimmten Temperatur.

### Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts

1. **durch Temperaturänderung**

**LV: Iod-Iodstärke-Gleichgewicht**

Vorbereitende Arbeiten:

Durch das Auflösen von **0,5g löslicher Stärke** in **100ml Wasser** stellt man eine 0,5%ige Stärkelösung her.

Danach werden **0,2g Kaliumiodid** in **10ml Wasser** gelöst und mit **0,1g Iod** versetzt. Nun füllt man **auf 100ml auf** und erhält eine 0,3%ige Iod-Kaliumiodid-Lösung.

Wasserbad und Eisbad vorbereiten

Durchführung:

1.) Zwei Reagenzgläser werden zu einem Drittel mit der verdünnten Stärkelösung gefüllt und mit jeweils gleich vielen Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung versetzt, so dass eine Blaufärbung auftritt. Die Blaufärbung bleibt nach dem Schütteln bestehen.

2.) Ein Reagenzglas wird in das 60° warme Wasserbad gestellt. Danach vergleicht man die Färbung der warmen Lösung mit der Färbung der kalten Lösung.

3.) Beim Abkühlen der warmen Lösung findet ebenfalls ein Farbeffekt statt, der genau beobachtet wird. Das Abkühlen kann durch das Halten des Reagenzglases unter einen Strahl kaltes Wasser beschleunigt werden.

Beobachtungen:

Beim Erwärmen verschwindet die Blaufärbung, die Lösung wird farblos. Beim Abkühlen kehrt die blaue Färbung allmählich wieder zurück.

Theorie:

[Iod](http://www.seilnacht.com/Lexikon/53Iod.htm) reagiert mit [Stärke](http://www.seilnacht.com/Chemie/ch_staer.htm)lösung unter Bildung einer Blaufärbung. Die Reaktion beruht auf dem Einbau von Iodatomen in die Kettenmoleküle der Stärke, wobei Iodstärke entsteht. Die Reaktion verläuft exotherm unter Wärmeabgabe. Das Gleichgewicht liegt bei Raumtemperatur auf der Seite der blauen Iodstärke.

Nach dem Prinzip von Le Chatelier, weicht das chemische Gleichgewicht bei einer Erwärmung dem ausgeübten Zwang aus. Eine Erwärmung begünstigt also die endotherme Teilreaktion und das Gleichgesicht verschiebt sich in Richtung der Ausgangsstoffe. Beim Abkühlen nimmt die exotherme Teilreaktion wieder zu und die Bildung der Iodstärke wird wieder begünstigt.

*erwärmen*

*abkühlen*

*endotherm* Iod + Stärke Iodstärke *exotherm*

farblos blau

**Schlussfolgerung:**

* Temperaturerhöhung 🡪 die Reaktion wird begünstigt, bei der Wärme verbraucht wird, also die endotherme Reaktion: GG verschiebt sich nach links
* Temperaturerniedrigung 🡪 die Reaktion wird begünstigt, bei der Wärme erzeugt wird, also die exotherme Reaktion: GG verschiebt sich nach rechts

Achtung: K ändert sich bei Temperaturveränderung! Vgl. S. 92, B3

1. **durch Volumen-/Druckveränderung (bei Gasen)**

*🡪 Film: Stickstoffdioxid-Gleichgewicht bei Druckänderung*

Besprechung:

N2O4 2 NO2

Farblos braun

1Molekül 2Moleküle : mehr Volumen

**Schlussfolgerung:**

* Druckerhöhung = Volumenerniedrigung🡪 die Reaktion wird begünstigt, die das geringere Volumen erzeugt 🡪 GG verschiebt sich auf die Seite, bei der weniger Moleküle vorhanden sind: Entfärbung
* Druckerniedrigung = Volumenvergrößerung 🡪 die Reaktion wird begünstigt, die das größere Volumen erzeugt 🡪 GG verschiebt sich auf die Seite, bei der mehr Moleküle vorhanden sind: Braunfärbung

Welches gemeinsame Prinzip ist bei allen betrachteten Beeinflussungen des chem. Gleichgewichts zu erkennen?

**Das Prinzip des kleinsten Zwanges ( Le-Chatelier-Prinzip)**

Übt man auf ein im Gleichgewicht befindliches System einen äußeren Zwang aus, so verschiebt es seine Lage so, dass dieser Zwang auf ein Minimum reduziert wird.

***Übung***: *Film Stickstoffdioxid-Gleichgewicht bei Temperaturänderung* (rechtzeitig stoppen!) 🡪 welches ist die exotherme, welches die endotherme Reaktion?

1. **durch Konzentrationsänderung**

*🡪 SP: Eisenthiocyanat-Gleichgewicht*

*Vor dem SP erläutern, wie das GG zustande kommt: die beiden Lösungen zusammengießen und das GG kommentieren!*

Fe3+(aq) + 3 SCN-(aq) Fe(SCN)3 (aq)

gelb farblos blutrot

OH- (aus Na(OH))

Fe(OH)3 schwerlöslich

*Auswertung SP:*

* 1. **Erhöhung der Konzentration der Ausgangsstoffe**

(als Demo: Anfangslösung stark verdünnen und auf 2 Petrischalen verteilen

Auf OH: In jeweils eine Schale etwas festes FeCl3, in die andere etwas festes KSCN geben.)

Beobachtung: Lösung wird blutrot, Vertiefung der roten Farbe

Folgerung: Durch die Zugabe von Ausgangsstoffen erhöht sich deren Konzentration, das GG verschiebt sich nach rechts, d.h. die Konzentration des Produktes nimmt zu. Damit erhöhen sich die Konzentrationen sowohl im Nenner als auch im Zähler des MWG. Das GG stellt sich so ein, dass K konstant bleibt.

* 1. **Verringerung der Konzentration eines Ausgangsstoffes**

Wegnahme von Fe3+ durch OH- Ionen (aus NaOH)

*(Als Demo auf OH: Teil der Lösung in Petrischale geben und 1 NaOH-Plätzchen dazu.)*

Beobachtung: rote Lösung wird heller (gelblicher?)

Erklärung: OH- bildet mit Fe3+ schwerlösliche Salze, die nicht mehr für die Reaktion zur Verfügung stehen. *Die Konzentration von Fe3+ wird dadurch verringert*.

Folgerung: Verringerung der Konzentration eines Ausgangsstoffes 🡪 GG verschiebt sich nach links, d.h. Konzentration des Produktes nimmt ab. K bleibt konstant.

**Allgemeine Schlussfolgerung:**

Das chemische Gleichgewicht kann durch Änderungen der Stoffmengen-konzentrationen beeinflusst werden.

Erhöht man die Konzentration eines Reaktionsteilnehmers, so läuft die Reaktion in der Richtung ab, in der dieser Stoff verbraucht wird.

Verringert man die Konzentration eines Reaktionsteilnehmers, so läuft die Reaktion ab, in der dieser Stoff gebildet wird.

*Zusammenfassung mit Folie:*

Le Chatelier (1887): Prinzip von der Verminderung des Zwangs

„Übt man auf ein im Gleichgewicht befindliches System durch Änderung der äußeren Bedingungen einen Zwang aus, so ändert sich das Gleichgewicht so, dass es dem äußeren Zwang ausweicht, d.h. es stellt sich eine neue Gleichgewichtslage mit vermindertem Zwang ein.“

##### Veränderung der Temperatur

*Temperaturerniedrigung* : exotherme Reaktion wird begünstigt

*Temperaturerhöhung*: endotherme Reaktion wird begünstigt

##### Veränderung der Stoffmengenkonzentration

*Erhöht* man die Konzentration eines Reaktionsteilnehmers, so läuft die Reaktion in der Richtung ab, in der dieser Stoff verbraucht wird.

*Verringert* man die Konzentration eines Reaktionsteilnehmers, so wird die Reaktion begünstigt, bei der dieser Stoff gebildet wird.

##### Veränderung des Drucks

*Druckerhöhung*: volumenvermindernde Reaktion begünstigt (Anzahl der Teilchen verringert sich).

*Druckerniedrigung*: volumenerhöhende Reaktion begünstigt (Anzahl der Teilchen vergrößert sich).

*AB Gleichgewichte beim Eislaufen und bei der Höhenklimatisierung*

Gleichgewicht einer Sprudelflasche

|  |  |
| --- | --- |
| CO2 (aq) + H2O  H2CO3  H2CO3 + H2O  HCO3- + H3O+  CO2 (g)  CO2 (aq) + E | Mineralwasser wird bei einem Druck von 2000 – 3000 hPa verschlossen. In der Flasche stellen sich die drei Gleichgewichte (s. Zeichnung) ein.  Wird der Verschluss geöffnet, fällt der Durck schlagartig auf Atmosphären-druck (1013 hPa) ab. Das Gas kann sich nun ausdehnen und entweichen.  Beim Expandieren (Ausdehnen) kühlen sich Gase ab.  **Aufgaben:**   1. Warum sprudelt und schäumt eine Mineralwasserflasche beim Öffnen? Erkläre mit Hilfe der Gleichgewichte und dem Prinzip von Le Chatelier. 2. Lösen von Kohlenstoffdioxid ist ein exothermer Vorgang. Wie verändern sich die Gleichgewichte, wenn die Flasche erwärmt oder gekühlt wird? Begründe. 3. Beim Öffnen einer Flasche bildet sich auch feiner Nebel (= kondensierter Wasserdampf) oben in der Flasche. Erkläre. |