

# **Kommunizieren und Kooperieren im Chemieunterricht -**

## **Ausgewählte Beispiele zum Thema Einflussfaktoren des chemischen Gleichgewichts**

S. Rumann, S. Kucharski und R. Hüllen

### **1. Überblick**

In Ergänzung zum Artikel gleichen Namens in der Zeitschrift PdN Chemie werden im Folgenden Konzept, Einbettung und Einsatz von vier Schülerexperimentierboxen zum chemischen Gleichgewicht für die Jahrgangsstufe 11 dargestellt. Außerdem wird von unterrichtlichen Erfahrungen mit dem Einsatz dieser kooperativen Kleingruppenarbeit in zwei Chemiekursen eines Gymnasiums berichtet. Der Anhang enthält Fotos und Inhaltsbeschreibung der Boxen sowie je einen von Schülern ausgefüllten Protokollbogen

### **2. Das didaktisch-methodische Konzept der Chemiebox**

Das didaktisch-methodische Konzept der Chemiebox orientiert sich an der Idee der so genannten „Kopfball-Box“ der in der ARD ausgestrahlten WDR-Fernsehsendung „Kopfball“ (<http://www.kopfball-online.de>). Die Methode der Chemieboxen hat gewisse Parallelen zu den aus dem angloamerikanischen Bereich stammenden „egg-race“-Aufgaben, bei denen mit Hilfe einer Materialauswahl eine bestimmte Aufgabe gelöst werden muss, wobei bei den Chemieboxen der Wettbewerbscharakter der Aufgabenlösung entfällt.

#### **2.1 Kooperatives Arbeiten in Kleingruppen**

Kooperatives Arbeiten ist eine Unterrichtsmethode ähnlich der Gruppenrecherche, bei der die Schüler gemeinsam in Partner- oder Gruppenarbeit eine Problemstellung bearbeiten. Durch die Diskussion über verschiedene Vorstellungen und deren Reflexion wird die Kommunikationsfähigkeit und durch den Umgang miteinander die Sozialkompetenz der Schüler gefördert. Das bereits bestehende Wissen wird wiederholt und flexibel angewendet. Schwächere Schüler lernen noch nicht verstandene Sachzusammenhänge in Peergroups oftmals besser als im herkömmlichen Unterricht. Auch der Tutor selbst profitiert von diesem tutoriellen Lehr-Lern-Arrangement, da er so sein Wissen festigt (Friedrich/Mandl 1997, Renkl 1997). Neben den kognitiven Argumenten gibt es aber auch noch die motivationalen Argumente, die die Steigerung der Schulleistung durch kooperative Arbeit begründen. Abgesehen davon, dass es den Schülern Spaß macht, mit ihren Mitschülern zusammen zu arbeiten, geht dieses Lehr-Lern-Arrangement von einer hohen Eigenständigkeit der Lernenden aus. Dies geht mit der Selbstbestimmungstheorie der Motivation einher (Deci/Ryan 1993), wonach das Bedürfnis nach sozialer Einbindung, neben Autonomie- und Kompetenzerleben eine motivationsfördernde Variable darstellt (Rumann 2004, Sumfleth u.a. 2002, Sumfleth u.a. 2004).

Für den erfolgreichen Einsatz dieser Methode ist ein bestimmtes Verhältnis zwischen Offenheit und Strukturiertheit der Aufgabenstellung Voraussetzung. Eine zu starke Strukturierung der Aufgabenstellung schränkt dabei die Lernwirksamkeit genauso ein wie eine zu geringe Strukturierung. Insgesamt gesehen gelten selbstorganisierte und kooperative Lernprozesse unter kognitiven Aspekten jedoch als weniger effizient als herkömmliche Lehr-Lern-Arrangement. Ein Grund hierfür ist oftmals die Überforderung der Lernenden, wodurch die Probleme oftmals nur oberflächlich bearbeitet werden. Eine weitere Schwierigkeit ist die fehlende Fehlerkorrektur auf Seiten der Schüler. Dabei kann eine fehlerhafte Vorstellung eines Schülers zur Vorstellung der Gruppe werden, ohne dass dies bemerkt wird (Rumann 2004, Sumfleth u.a. 2002, Sumfleth u.a. 2004).

## **2.2 Erfahrungen mit den Chemieboxen an der Universität Essen**

Im Rahmen einer Dissertation der Universität Duisburg-Essen wurde eine Unterrichtssequenz zur Säure-Base-Thematik in der Klasse 7 durchgeführt, wobei der Einfluss der Unterrichtsintervention auf die Lernleistung untersucht wurde. Hierbei zeigte sich, dass die Schüler, die die Thematik in kooperativer Kleingruppenarbeit bearbeitet haben eine deutlich größere Behaltensleistung aufwiesen haben als die Schüler aus der Kontrollgruppe, die im fragend-entwickelnden Unterrichtsstil unterrichtet wurden. Dies ist mit der hohen Schüleraktivität bei dieser Methode zu erklären, wodurch sich jeder Schüler intensiv mit der Thematik auseinandersetzt. Außerdem zeigte sich, dass die leistungsschwächeren und (wenn auch in geringerem Maße) die leistungsstärkeren Schüler von dieser Gruppenarbeit profitieren. Dadurch werden nun die Schüler gefördert, die im Regelunterricht oft über- bzw. unterfordert werden. Insgesamt gesehen war die Schülerbeteiligung am Unterricht deutlich größer, da alle Gruppenmitglieder an der Problemdiskussion beteiligt waren. Es zeigte sich jedoch, dass die Selbstregulationskompetenz der Schüler noch sehr unzureichend ist, da die Beobachtungen von Experimenten teilweise ignoriert oder auch massiv uminterpretiert wurden, sofern die Ergebnisse nicht den Erwartungen entsprachen (Rumann 2004).

## **2.3 Konzeption der Chemieboxen für den Einsatz in der Sekundarstufe II**

Die Chemieboxen werden in dieser Unterrichtsreihe als Ergänzung zu den üblichen Experimenten eingesetzt, d.h. die Unterrichtsreihe besteht sowohl aus fragend-entwickelnden Unterrichtssequenzen als auch aus der kooperativen Kleingruppenarbeit mit den Chemieboxen. Um eine optimale schülerinterne Kommunikation zu gewährleisten, sollte die Gruppengröße bei der Arbeit mit den Chemieboxen zwischen zwei und vier Personen liegen. Jeweils ein Schüler soll dabei die Überlegungen der Gruppe auf einem vorgefertigten Protokollbogen notieren, damit diese dann später den anderen Gruppen vorgestellt werden können. Die Schüler erhalten zusammen mit der Box eine Problemstellung, deren Lösung sie selbstständig erarbeiten sollen. Das Konzept der Box ist jedoch nicht mit der üblichen Freiarbeit gleichzusetzen, da durch die Inhalte der Boxen der Lösungsweg indirekt in eine bestimmte Richtung gelenkt wird. Als Aufbewahrungsboxen dienen zwei verschieden große Sorten von Kunststoffboxen mit Deckel. Diese enthalten die Problemstellung auf einer laminierten Karte und je nach Thema der Box instruktionale Hilfen und Informationen, die

ebenfalls laminiert sind. Auf Grund der verschiedenen didaktischen Ansätze der Boxen ist eine Box eher praktisch ausgerichtet, zwei von ihnen sind theoretisch und eine ist sowohl praktisch als auch theoretisch orientiert. Dementsprechend sind sie auch sehr unterschiedlich mit Materialien bestückt. Teilweise befinden sich auch überflüssige Stoffe und Materialien in den Boxen, um den Problemraum nicht zu sehr einzuengen..

### **2.3.1 Spezifische Anforderungen an die Chemieboxen in der Sekundarstufe II**

Nach den Rahmenrichtlinien des Landes Nordrhein-Westfalen für das Fach Chemie (MSWWF 1999) ist in der 11. Jahrgangsstufe als Unterrichtsgegenstand das Thema chemisches Gleichgewicht vorgesehen, wobei hier im speziellen auf die Abhängigkeit von Konzentration, Temperatur und Druck obligatorisch eingegangen werden soll. Aufgrund der Komplexität dieses Stoffgebietes und der eingeschränkten Anzahl an reproduzierbaren Schülerversuchen ist es teilweise sehr schwierig, das Konzept der Chemiebox auf diesem Gebiet zu verwirklichen. So werden hier, anders als in der Sekundarstufe I (Rumann 2004) auch zwei theoretisch zu bearbeitende Problemstellungen gegeben. Nicht jedes Teilgebiet dieser Reihe bietet sich auf Grund der Komplexität gleichermaßen für eine der Chemiebox entsprechenden Problemstellung an. Diese Gebiete werden effizienter im fragend-entwickelndem Unterrichtsverfahren mit den Schülern erarbeitet. Nach den Rahmenrichtlinien sollen die Schüler neben den fachlichen Inhalten auch Methoden und Formen des selbstständigen Arbeitens erlernen, d.h. „chemische Sachverhalte und Prozesse unter Anwendung der Fachsprache verständlich verbalisieren und im Zusammenhang darstellen“ können, sie sollen „Experimente unter Beachtung der Sicherheitsbestimmungen selbstständig planen, in geeigneter Form durchführen sowie deren Ergebnisse auswerten und sachangemessen darstellen“ können und „durch gemeinsames Experimentieren oder andere Gruppenarbeiten Team-, Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit erwerben“ (MSWWF 1999).

### **2.3.2 Einsatz der Boxen innerhalb der Reihe „Chemisches Gleichgewicht“**

Das chemische Gleichgewicht wurde über das Essigsäure/Ethanol-Essigsäure-ethylester-Gleichgewicht in einem Schülerversuch eingeführt. Nach der Herleitung des Massenwirkungsgesetzes im fragend-entwickelndem Unterrichtsgespräch folgte die Chemiebox „Abhängigkeit des chemischen Gleichgewichts von der Konzentration“. Nach der Durchführung und Besprechung des „Stechhebermodells“ sollten die Schüler mit der Chemiebox „Modellexperiment“ selber eine Analogie zum chemischen Gleichgewicht entwickeln. Hiernach folgten die Analogisierung des „Apfelkriegs“ und einige Rechenübungen zum Massenwirkungsgesetz. Der dritten Chemiebox „Abhängigkeit des chemischen Gleichgewichts vom Druck“ schloss sich das Prinzip von Le Chatelier und die Besprechung des Einflusses eines Katalysators auf chemische Reaktionen an. Die Temperaturabhängigkeit wurde im fragend-entwickelndem Unterrichtsstil mit einem vorgegeben Schülerexperiment erarbeitet. Bei der vierten Chemiebox „Chemische Gleichgewichte im Blut“ sollte das Wissen über chemische Gleichgewichte an einem alltagsbezogenen, fächerübergreifenden Beispiel angewendet werden.

### **3. Einsatz der Methode „Chemiebox“ in der Jahrgangsstufe 11**

Die beschriebenen Chemieboxen wurden in zwei parallelen Grundkursen der Jahrgangsstufe 11 des Krupp-Gymnasiums in Duisburg-Rheinhausen im Rahmen des üblichen Chemieunterrichts eingesetzt. In beiden Kursen wurde für die Arbeit mit der ersten, zweiten und vierten Chemiebox jeweils eine Doppelstunde genutzt und für die dritte eine Einzelstunde.

#### **3.1 Die Chemiebox „Abhängigkeit des chemischen Gleichgewichts von der Konzentration“**

Bei dieser Chemiebox sollen die Schüler erkennen, dass die Lage eines chemischen Gleichgewichts von der Konzentration der Edukte abhängt und wie die Lage durch Konzentrationsveränderung beeinflusst werden kann.

##### **3.1.1 Konzeption der Chemiebox**

Der Einstieg in diese Stunde erfolgte über einen Lehrerdemonstrationsversuch. Hierbei wurden eine gelbliche Eisen(III)-chloridlösung und eine farblose Kaliumthiocyanatlösung zusammengegeben, wobei eine tiefrote Eisenthio-cyanatlösung (vereinfacht) entsteht. Nach der Erarbeitung einer didaktisch reduzierten Form der Reaktionsgleichung sollten die Schüler mit einer Probe der verdünnten Eisenthio-cyanatlösung und der Chemiebox mehr über dieses Gleichgewicht herausfinden.

In der Box befanden sich neben der Aktionskarte mit dem Arbeitsauftrag und einem Protokollbogen zwei Informationskarten, auf denen die Fällungsreaktionen von Silberthiocyanat und Eisen(III)-hydroxid beschrieben sind. Außerdem waren noch Eisen(III)-chlorid, Kaliumthiocyanat und Kaliumchlorid in fester Form sowie Fläschchen mit destilliertem Wasser, Silbernitratlösung und Natriumhydroxidlösung enthalten. Zum Experimentieren standen den Schülern unter anderem mehrere kleine Reagenzgläser zur Verfügung. Die Schüler sollten nun gemeinsam in der Gruppe erkennen, dass sie jeweils nur eine der zur Verfügung stehenden Chemikalien zu der verdünnten Eisenthio-cyanatprobe geben dürfen, um eine klare Aussage über das zu untersuchende Gleichgewicht treffen zu können. Durch die Beobachtungen sollten die Schüler hierbei erfassen, dass sich durch eine Erhöhung der Eduktkonzentration das Gleichgewicht auf die Seite des Produkts verschiebt und bei einer Erniedrigung auf die Seite der Edukte.

##### **3.1.2 Erfahrungen aus der Unterrichtspraxis**

Nachdem die Gruppen sich den Inhalt der Box angesehen haben, haben sie einen Schüler bestimmt, der die Überlegungen auf dem Protokollbogen festhalten sollte. Alle Gruppen fingen zunächst mit den beiden Fällungsreaktionen an, wahrscheinlich auf Grund der ansprechenden blauen Informationskärtchen, auf denen die Fällungsreaktionen mit Reaktionsgleichung beschrieben sind. Auf Grund der Farbänderung der Lösung bei den beiden Fällungsreaktionen erkannten die Gruppen, dass das Gleichgewicht zu den Edukten

hin verschoben wurde. Sie hatten jedoch teilweise Schwierigkeiten, mit den Fällungsreaktionen eine Erniedrigung der Eduktkonzentrationen zu verbinden.

Bei der Zugabe der Feststoffe haben zwei Gruppen mehrere Chemikalien gleichzeitig zu der Probelösung gegeben, wobei sie aber erkannten, dass auf diese Weise keine Aussage über das Gleichgewicht getroffen werden kann. Ansonsten haben alle Gruppen die Farbe der Lösung nach einer Reaktion mit der Farbe der Probelösung verglichen, d.h. sie haben von der Probelösung etwas für Vergleichszwecke aufbewahrt, wie es beim naturwissenschaftlichen Arbeiten üblich ist (Blindprobe).

Die Tatsache, dass sich das bestehende Gleichgewicht durch die Veränderung der Konzentration der Edukte verschieben lässt, konnte jedoch erst in einem gemeinsamen Gespräch erarbeitet werden, nachdem alle Gruppen ihre Ergebnisse präsentiert hatten. Hierbei bestand die Schwierigkeit darin, dass die Schüler den Zusammenhang zwischen Farbe und Konzentration nicht überblickt haben. Als Konsequenz wurde im Parallelkurs zunächst auf die Informationskarten zu den Fällungsreaktionen und die zugehörigen Chemikalien verzichtet. Die Schüler hatten nun viel geringere Schwierigkeiten, die Zusammenhänge zwischen Konzentration und Gleichgewichtslage zu erkennen. Die stärkeren Kleingruppen erhielten nach Lösung dieser Aufgabe die Informationen und Chemikalien zur Fällung von Edukten und Produkten und konnten diese sinnvoll verwenden und den anderen Schülern ihre Erkenntnisse schließlich vorstellen.

### **3.2 Die Chemiebox „Modellexperiment“**

Für das Verständnis komplexer Zusammenhänge verwendet man in der Chemie oft Analogien und Modelle, die den Sachverhalt vereinfacht darstellen. Bei der Chemiebox „Modellexperiment“ sollen sich die Schüler selbst eine Analogie überlegen, die die Vorgänge beim dynamischen Gleichgewicht widerspiegelt.

#### **3.2.1 Konzeption der Chemiebox**

Zu Beginn der Doppelstunde haben die Schüler nach einer Vorgabe den so genannten „Stechheberversuch“ (Tausch/v. Wachtendonk 2004a, Tausch/v. Wachtendonk 2004b) durchgeführt, mit dem anschließend die Vorgänge bei einem dynamischen Gleichgewicht in einem Unterrichtsgespräch analogisierend erklärt wurden. Nachdem der Modell-Wirklichkeitsbezug hergestellt worden ist, sollten die Schüler gemeinsam in der Gruppe ein Modell entwickeln, das die Vorgänge beim chemischen Gleichgewicht veranschaulicht. Die Box enthielt vier Reagenzgläser mit je 40 Holzperlen derselben Farbe (gelb, rot, blau, schwarz). Neben vier kleinen Bechergläsern und einem Würfel waren zusätzlich noch ein Folienstift und eine Folie beigelegt, auf der der „Protokollführer“ die „Experimentiervorschrift“ notieren konnte, um diese dann später den anderen Gruppen vorzustellen.

Die Schüler sollten hierbei erkennen, dass für die „Hinreaktion“ immer ein bestimmter Anteil von den vorhandenen Edukten zu den Produkten umgewandelt werden muss, wobei dieser Anteil am Anfang festgelegt wird. Das gleiche gilt auch für die „Rückreaktion“.

#### **3.2.2 Erfahrungen aus der Unterrichtspraxis**

Jede Gruppe entwickelte zunächst eine Analogie, bei der der Würfel die Anzahl oder den Anteil der reagierenden Teilchen bestimmt hat. Hierbei wurde jedoch teilweise nach jedem „Zug“ neu gewürfelt, wodurch sich die Reaktionskonstante immer wieder geändert hat. Um diese Fehlvorstellung zu korrigieren, haben die Gruppen eine Karte mit dem Hinweis bekommen, dass sie überlegen sollen, von welchen Aspekten die transportierte Flüssigkeitsmenge beim „Stechhebermodell“ abhängig war. Mit dieser Hilfe haben die Schüler dann erkannt, dass immer ein festgelegter Prozentsatz von der Gesamtanzahl der Edukte zu den Produkten reagieren muss und umgekehrt und diesen Sachverhalt bei ihrer Analogie umgesetzt.

### **3.3 Die Chemiebox „Abhängigkeit des chem. Gleichgewichts vom Druck“**

Die Abhängigkeit des chemischen Gleichgewichts vom Druck soll bei dieser Chemiebox auf theoretischem Wege von den Schülern herausgefunden werden, indem die Gasgesetze von Avogadro und Boyle-Mariotte angewendet werden.

#### **3.3.1 Konzeption der Chemiebox**

Am Anfang dieser Einzelstunde wurde in einem Lehrerdemonstrationsversuch die Druckabhängigkeit des Stickstoffdioxid-Distickstofftetraoxid-Gleichgewichts gezeigt und die Gleichgewichtsgleichung an der Tafel gesichert. Zusätzlich wurden die Farben der Stickstoffoxide visualisiert. Die Schüler sollten dann unter Verwendung der Chemiebox überlegen, wie sich eine Druckveränderung auf die beobachtete Gleichgewichtsreaktion auswirkt und wie man diese Beobachtung verallgemeinern kann. In der Box befanden sich neben der Aktionskarte drei Beobachtungskarten, die die drei beobachteten Brauntöne aus dem Versuch wiedergeben. Als Überlegungshilfe sollten die Schüler zunächst eine auf der Aktionskarte gestellte Aufgabe - zur Bestimmung der Druckverhältnisse in bestimmten Volumina in Abhängigkeit von der enthaltenen Teilchenanzahl - bearbeiten. Hierfür enthielt die Box noch eine Informationskarte mit den Gasgesetzen von Avogadro und Boyle-Mariotte.

#### **3.3.2 Erfahrungen aus der Unterrichtspraxis**

Die Schüler haben schnell erkannt, dass sich das Gleichgewicht bei einer Druckerhöhung auf die Seite des farblosen Distickstofftetraoxids verschiebt. Die zunächst beobachtete Farbvertiefung haben die Gruppen durch die Komprimierung der Stickstoffdioxidteilchen erklärt. Bei dem Übergang zu einer allgemeingültigen Regel für die Druckabhängigkeit von Gleichgewichtsreaktionen hatten jedoch alle Gruppen zunächst Schwierigkeiten. Nachdem sie aber die zusätzliche Aufgabe auf der Aktionskarte mit Hilfe der beiden Gasgesetze gelöst hatten, haben sie analog die vorhandenen Teilchen in den einzelnen Stadien auf die Beobachtungskärtchen gezeichnet. Da die Beobachtungskärtchen unterschiedliche Größen hatten, um die verschiedenen Volumina anzudeuten, fiel den Schülern hier der Übergang recht leicht. Die einzelnen Gruppen hatten hier dann zwar bemerkt, dass sich das Gleichgewicht bei einer Druckerhöhung auf die Seite verschiebt, auf der weniger Teilchen sind, waren dann teilweise aber nicht in der Lage eine allgemeingültige Regel aufzustellen. Zwei Gruppen haben diesen Schritt jedoch geschafft und konnten dann bei der späteren Ergebnispräsentation die Regel den Mitschülern erklären, die an der Tafel gesichert wurde.

### **3.4 Die Chemiebox „Chemische Gleichgewichte im Blut“**

Mit dieser Chemiebox wird ein chemisches Gleichgewicht mit Alltagsbezug vorgestellt. Die Schüler sollen hierbei ihr Wissen über die Beeinflussung von chemischen Gleichgewichten auf die Sauerstoff- und Kohlenstoffdioxid-Gleichgewichte im Blut anwenden.

#### **3.4.1 Konzeption der Chemiebox**

Diese Box beinhaltet sowohl praktische als auch theoretische Elemente, die von den Schülern bearbeitet werden sollten. Der Einstieg in diese Stunde erfolgte über ein Becherglas mit einer blutähnlichen Flüssigkeit und einem Bild von einer Bluttransfusion. Den Zusammenhang zum chemischen Gleichgewicht erkannten die Schüler sofort, indem sie das Sauerstoff-Kohlenstoffdioxid-Gleichgewicht und eine gewisse pH-Wert-Abhängigkeit nannten, wobei die genauen Beziehungen nur ansatzweise bekannt waren.

Die Schüler sollten nun unter Verwendung der Chemiebox herausfinden, inwiefern der pH-Wert die chemischen Gleichgewichte im Blut beeinflusst, indem sie zwei Versuche zur Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid durchführten und die gegebenen Informationen auswerteten. Die Box enthielt neben der Aktionskarte und den beiden Versuchsbeschreibungen eine Informationskarte mit dem gekoppelten Kohlensäure-Gleichgewicht, eine über das Hämoglobin und eine Abbildung, die die Sauerstoff-Kohlenstoffdioxid-Gleichgewichte im Blut veranschaulicht (Tausch/v. Wachten-donk 2004b, S. 101). Bei einem Versuch sollten die Schüler nacheinander zwei Brausetabletten in Wasser lösen und die Unterschiede bei den entstehenden Gasvolumina erklären. Beim anderen Versuch sollte in eine mit Wasser und Universalindikator gefüllte Waschflasche Kohlenstoffdioxid eingeleitet werden und dann die Abhängigkeit der Löslichkeit des Gases vom pH-Wert erkannt werden, indem etwas Salzsäure dazugegeben wird.

#### **3.4.2 Erfahrungen aus der Unterrichtspraxis**

Die Schüler haben zunächst alle die beiden Versuche durchgeführt. Bei der Deutung der unterschiedlich aufgefangenen Gasvolumina haben die Schüler schnell erkannt, dass bei der zweiten Brausetablette die Löslichkeit des Gases in Wasser überschritten wurde, so dass mehr Gas aufgefangen werden konnte. Den Versuch zur pH- Abhängigkeit der Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser haben die Schüler ohne Probleme mit Hilfe des gekoppelten Kohlensäure-Gleichgewichts und der Konzentrationsabhängigkeit von Gleichgewichten erklären können. Bei der Erklärung, inwiefern der pH-Wert die chemischen Gleichgewichte im Blut beeinflusst, mussten die Schüler zunächst einmal die Abbildung zu den Sauerstoff-Kohlenstoffdioxid-Gleichgewichten im Blut verstehen und deuten können, wobei sie - je nach Gruppenzusammensetzung - unterschiedlich große Schwierigkeiten hatten, die dann aber teilweise durch die Gespräche in der Gruppe gelöst werden konnten. Am Ende wurden die Zusammenhänge noch einmal gemeinsam im Plenum erklärt und an der Tafel gesichert.

#### 4. Abbildungen und Inhalte der Boxen

Chemiebox 1: „Abhängigkeit des chem. Gleichgewichts von der Konz.“

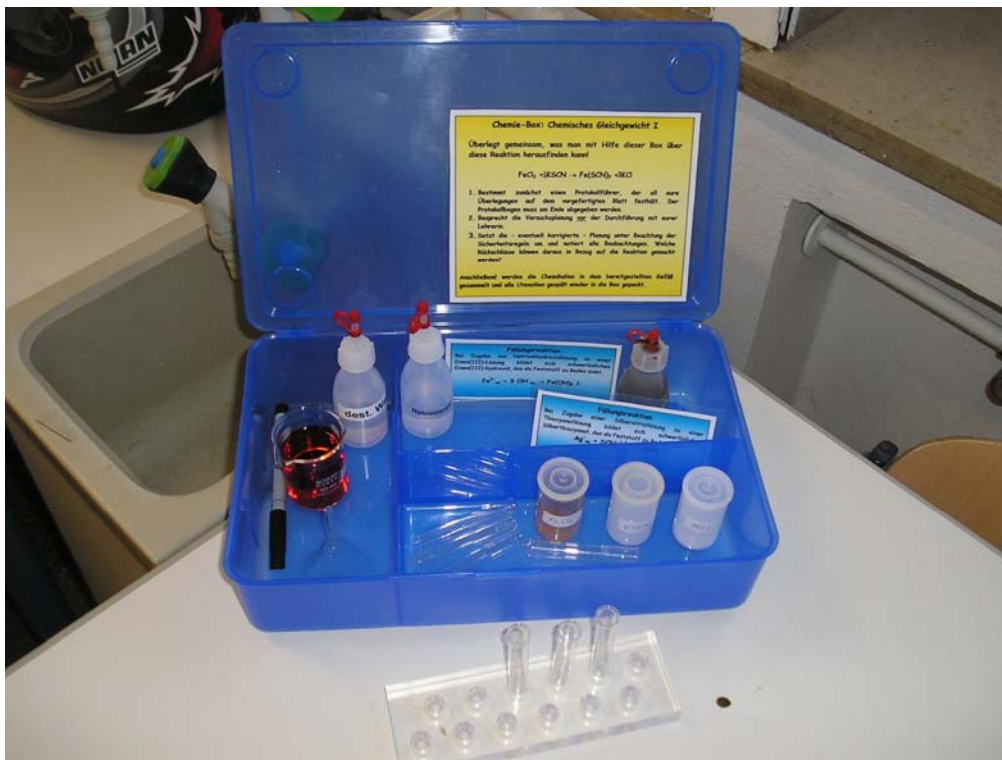


Abbildung der Chemiebox: „Abhängigkeit des chem. Gleichgewichts von der Konz.“

Inhalt der Chemiebox 1:

- Reagenzglasständer
- 10 Reagenzgläser
- 2 Bechergläser
- Trichter
- Spatel
- Papiertücher
- Marker zum Beschriften
- Aktionskarte
- 2 Informationskarten\*
- Planungs- und Beobachtungsbogen
- Schnappdeckeldöschen mit Eisen(III)-chlorid
- Schnappdeckeldöschen mit Kaliumthiocyanat
- Schnappdeckeldöschen mit Kaliumchlorid
- Plastikfläschchen mit destilliertem Wasser
- Plastikfläschchen mit Silbernitratlösung\*
- Plastikfläschchen mit Natriumhydroxidlösung\*

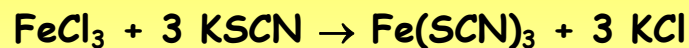
Außerdem haben die Schüler verdünnte Eisenthiocyanatlösung erhalten.



Aktionskarte:

### Chemie-Box: Chemisches Gleichgewicht I

Überlegt gemeinsam, was man mit Hilfe dieser Box über diese Reaktion herausfinden kann!



1. Bestimmt zunächst einen Protokollführer, der all eure Überlegungen auf dem vorgefertigten Blatt festhält. Der Protokollbogen muss am Ende abgegeben werden.
2. Bespricht die Versuchsplanung vor der Durchführung mit eurer Lehrerin.
3. Setzt die - eventuell korrigierte - Planung unter Beachtung der Sicherheitsregeln um und notiert alle Beobachtungen. Welche Rückschlüsse können daraus in Bezug auf die Reaktion gemacht werden?

Anschließend werden die Chemikalien in dem bereitgestellten Gefäß gesammelt und alle Utensilien gespült wieder in die Box gelegt.

Informationskarten zu den Fällungsreaktionen:

#### Fällungsreaktion

Bei Zugabe einer Silbernitratlösung zu einer Thiocyanatlösung bildet sich schwerlösliches Silberthiocyanat, das als Feststoff zu Boden sinkt.



#### Fällungsreaktion

Bei Zugabe von Natriumhydroxidlösung zu einer Eisen(III)-Lösung bildet sich schwerlösliches Eisen(III)-hydroxid, das als Feststoff zu Boden sinkt.



## Chemiebox 2: „Modellexperiment“



Abbildung der Chemiebox „Modellexperiment“

### Inhalt der Chemiebox 2:

- 4 Reagenzgläser mit jeweils 40 Perlen der Farben rot, grün, blau und schwarz
- 4 Bechergläser
- Würfel\*
- Marker zum Beschriften
- Aktionskarte
- Hinweiskarte\*\*
- Folie für die Ergebnisse

Aktionskarte:

### **Chemie-Box: Chemisches Gleichgewicht II**

Entwickelt gemeinsam ein Modellexperiment, das die Vorgänge beim chemischen Gleichgewicht veranschaulicht.

1. Bestimmt zunächst einen Protokollführer, der die durchzuführenden „Spielzüge“ notiert. Die „Spielregeln“ sollen außerdem auf eine Folie geschrieben werden, um sie später den anderen Gruppen zu präsentieren.
2. Versucht nun euer Modellexperiment in chemische Zusammenhänge zu übersetzen. Ordnet dafür den einzelnen „Spielregeln“ und „-bestandteilen“ die Begriffe zu, die beim chemischen Gleichgewicht relevant sind.

Hinweiskarte:

### **Hinweis**

Beim „Stechheberversuch“ ist die Menge der Flüssigkeit, die von dem einen Messzylinder zum anderen transportiert wird, nicht immer gleich.

Von welchen zwei Aspekten ist die transportierte Menge abhängig?

Überlegt wie man diesen Sachverhalt beim „Perlenmodell“ berücksichtigen kann.

## Chemiebox 3: „Abhängigkeit des chemischen Gleichgewichts vom Druck“



Abbildung der Chemiebox „Abhängigkeit des chemischen Gleichgewichts vom Druck“

### Inhalt der Chemiebox 3:

- Aktionskarte
- Hinweiskarte mit Gasgesetzen
- drei Beobachtungskarten
- Marker zum Beschriften
- Protokollbogen

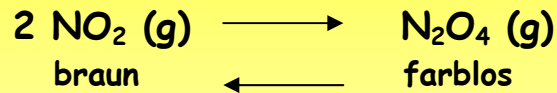


Schüler arbeiten mit der Chemiebox „Abhängigkeit des chemischen Gleichgewichts vom Druck“

Aktionskarte:

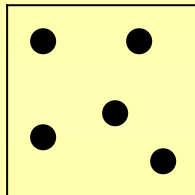
### Chemie-Box: Chemisches Gleichgewicht III

Überlegt gemeinsam wie sich eine Druckveränderung auf die folgende Gleichgewichtsreaktion auswirkt und wie man diese Beobachtung verallgemeinern kann.



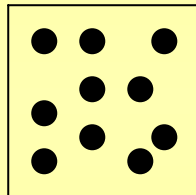
Bearbeitet dafür zunächst die folgende Aufgabe:

Beurteilt und begründet die Druckverhältnisse in den folgenden Abbildungen (die grüne Karte kann euch dabei helfen):

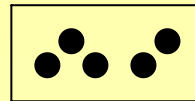


1 L

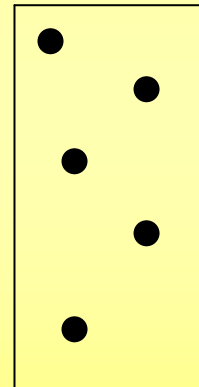
p = 1013 mbar



1 L



0,5 L



2 L

Deutet nun den beobachteten Versuch auf dem Protokollbogen mit Hilfe der Beobachtungskärtchen.

## Hinweiskarte „Gasgesetze“

### Gasgesetze

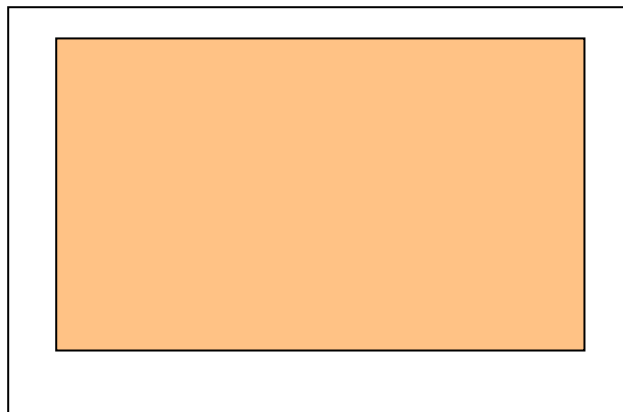
- a) Gesetz von Avogadro: Gleiche Gasvolumina enthalten bei gleichen Bedingungen gleiche Teilchenzahl.
- b) Gesetz von Boyle-Mariotte: Bei konstanter Temperatur ist das Volumen antiproportional zum Druck, d.h. Druckerhöhung vermindert das Volumen und Volumenausdehnung vermindert den Druck proportional bei jeweils unveränderter Teilchenzahl. Druckverdopplung halbiert das Volumen und umgekehrt.

$$p = k/V$$

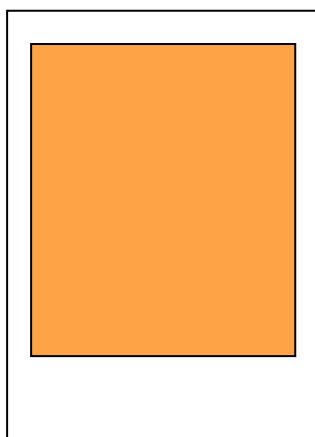
bzw.

$$p \cdot V = k$$

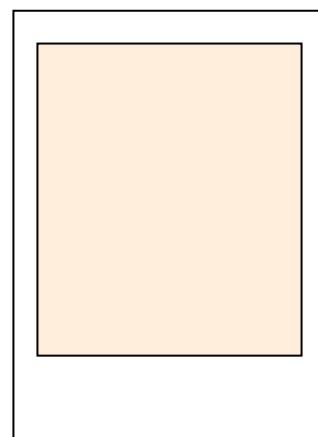
### Beobachtungskarten:



Beobachtung 1



Beobachtung 2



Beobachtung 3

## Chemiebox 4: „Chemische Gleichgewichte im Blut“



Abbildung der Chemiebox „Chemische Gleichgewichte im Blut“

### Inhalt der Chemiebox 4:

- Aktionskarte
- zwei Karten mit Versuchsbeschreibungen
- Infokarte zum gekoppeltem Gleichgewicht
- Infokarte zum Hämoglobin
- Infokarte zu Sauerstoff- Kohlenstoffdioxid-Gleichgewichten im Blut
- zwei Karten mit Leitfragen\*\*
- Protokollbogen
- Becherglas
- Messzylinder
- Waschflasche
- Tiegeltzange
- kleines Becherglas
- Schnappdeckeldöschen mit zwei Brausetabletten
- Plastikfläschchen mit verdünnter Salzsäure
- Plastikfläschchen mit Universalindikator
- Papiertücher

Außerdem stand die Kohlenstoffdioxid-Gasdruckflasche zur Verfügung.

Aktionskarte:

### **Chemie-Box: Chemisches Gleichgewicht IV**

Erklärt gemeinsam das chemische Gleichgewicht im Blut.

1. Inwiefern beeinflusst der pH-Wert die Gleichgewichte im Blut?
2. Leitet dazu die Reaktionsgleichungen aus den Versuchen ab.

Notiert eure Überlegungen auf dem vorgefertigten Protokollbogen.

Karten mit Versuchsbeschreibungen:

#### **Versuch**

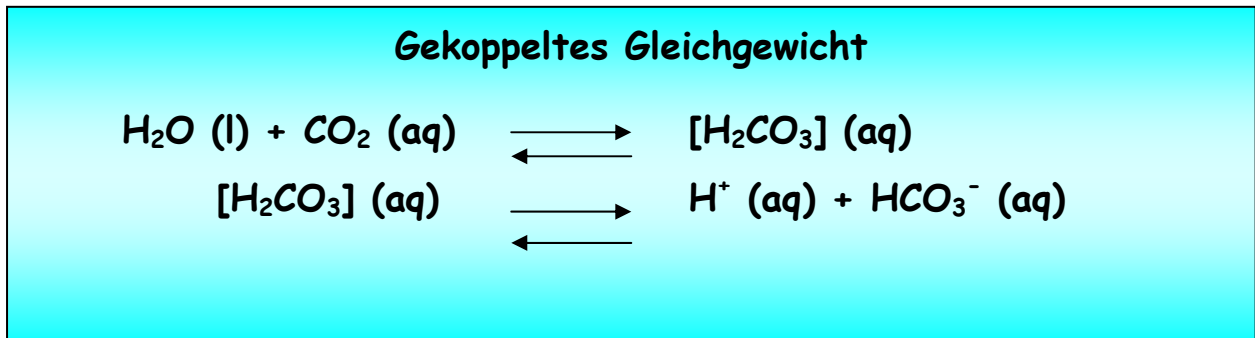
Leitet in eine Gaswaschflasche, in der sich etwas Wasser mit Universalindikator befindet, Kohlenstoffdioxid ein. Tropft anschließend in die entstandene Lösung etwas verdünnte, mit Universalindikator versetzte Salzsäure. Beobachtungen?

#### **Versuch**

Löst nacheinander zwei Brausetabletten (z.B. Multi-Vitamin-Tabletten) in einem mit Wasser gefüllten Becherglas. Fangt dabei die entstehende Gasportion in einem Messzylinder auf. Lest die entsprechenden Gasvolumina ab.



Infokarte zum gekoppelten Gleichgewicht:



Infokarte zum Hämoglobin:

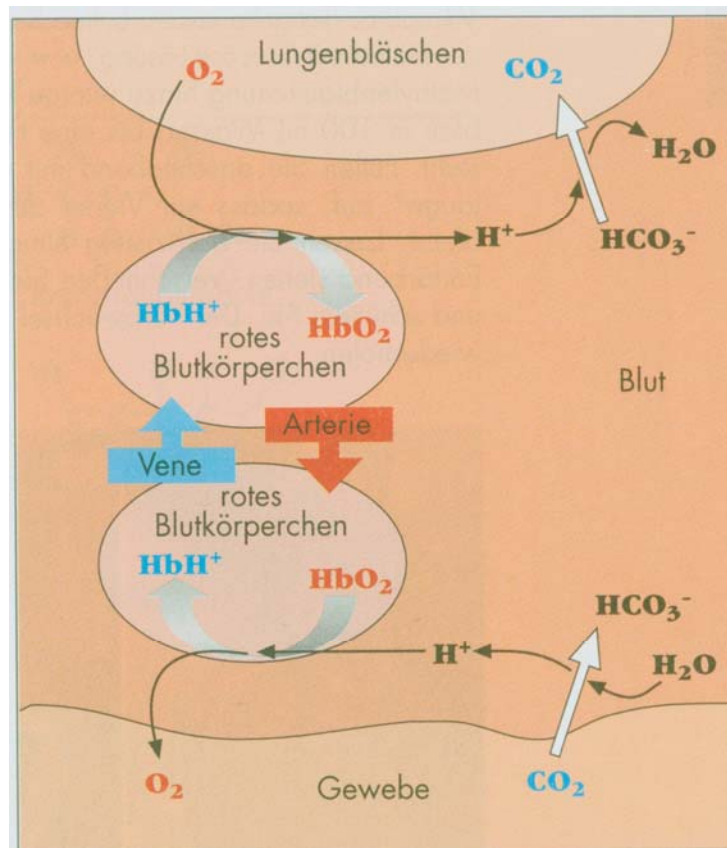
**Das Hämoglobin**

Der bei der Atmung aufgenommene Sauerstoff wird durch das Hämoglobin  $\text{HbH}^+$ , dem roten Blutfarbstoff in den roten Blutkörperchen, im Körper verteilt. Hämoglobin-Moleküle mit der Molekülmasse von etwa 68000 u bestehen aus dem Eiweiß Globin und dem eisenhaltigen Farbstoff Häm, der einen Massenanteil von 4 % im Molekül hat. Unter Abspaltung von Protonen kann Hämoglobin Sauerstoff binden:

$$\text{HbH}^+ \text{ (aq)} + \text{O}_2 \text{ (aq)} \rightleftharpoons \text{Hb(O}_2\text{)} \text{ (aq)} + \text{H}^+ \text{ (aq)}$$

Maximal kann ein Hämoglobin-Molekül vier Sauerstoff-Moleküle binden. Der Anteil des Sauerstoffs, der an Hämoglobin gebunden ist, ist im arteriellen Blut am höchsten und nimmt, während das Blut zirkuliert, stetig ab.

Infokarte zu den Sauerstoff- Kohlenstoffdioxid-Gleichgewichten im Blut:



Sauerstoff- und Kohlenstoffdioxid-Gleichgewichte im Blut.

Karten mit Leitfragen:

### Kleine Hilfe

Warum beeinflusst ein niedriger Blut-pH-Wert die  $CO_2$ -Abgabe des Gewebes ins Blut?

### Kleine Hilfe

Warum behindert ein niedriger Blut-pH-Wert die Aufnahme des Sauerstoffs aus den Lungenbläschen in die roten Blutkörperchen (Hämoglobin)?