

spielt werden (**M 1a**). Es findet dann ein „Ballkrieg im Klassenzimmer“ (**M 1b**) statt. Dieser Unterrichtseinstieg hat den Vorteil, dass durch szenische Darstellung (Kosegarten, 2013) der abstrakte Vorgang der Einstellung des chemischen Gleichgewichtes in seiner Dynamik veranschaulicht und von den Lernenden spielerisch erlebt wird. Die Schüler finden sich fühlend, denkend und handelnd in die einzelnen Phasen zur Einstellung des chemischen Gleichgewichtes sowohl als Spieler wie auch als Beobachter (Zuschauer) des Spieles wieder. Sie werden zum Beobachter der einzelnen Phasen, die sie aktiv mitgestalten und damit auch zum Überprüfer des Sachverhaltes. Auf diese Weise entstehen **bildgewaltige Eindrücke**, die selbst nach Jahren in der Erinnerung lebendig bleiben – was letztlich Ausdruck für die Intensität, die solche Bilder in unserem Gehirn hinterlassen, ist. Die Schüler erleben, dass die Geschwindigkeit des Wurfprozesses einerseits von der körperlichen Verfassung und Geschicklichkeit der Spieler, aber auch gleichzeitig von der Anzahl der Bälle, die sich auf der jeweiligen Seite befinden und die sich der Spieler greifen kann, abhängt. Erst diese Erkenntnis weckt das Verständnis für die dynamischen Vorgänge auf der Teilchenebene zur Einstellung des Gleichgewichtszustandes von chemischen Reaktionen und gestattet die Übertragbarkeit der Merkmale für die Geschwindigkeit eines Wurfprozesses auf die Geschwindigkeit von Hin- bzw. Rückreaktion eines chemischen Prozesses und damit auf die Ausbildung des Gleichgewichtszustandes.

Ein **weiterer Vorteil** dieses szenischen Spieles ist die bestehende Motivation von Schülern, in einen Wettbewerb mit den Mitschülern zu treten. Aus der Sicht des Schülers geht es immer darum, wer am meisten Bälle pro Zeiteinheit auf die gegenüberliegende Seite werfen kann und der damit als Sieger aus dem Wettkampf hervorgeht. Daher wird mit maximaler Geschwindigkeit auf beiden Seiten geworfen, ähnlich wie die Zahl der wirksamen Zusammenstöße der Teilchen für eine erfolgreiche Reaktion ebenfalls zu einem gegebenen Zeitpunkt maximal ist.

Außerdem ist ein solcher Einstieg für Schüler besonders zu späten Unterrichtszeiten am Nachmittag besonders motivierend, weil sie sich selbst gestaltend unter hohem Bewegungseinsatz einbringen können. Man sollte als Unterrichtender darauf hinweisen, dass die Bälle **nur einzeln** geworfen werden dürfen. Darüber hinausgehende Strategien, wie das Einammeln und das gleichzeitige Werfen von vielen Bällen auf einmal, sind nicht erlaubt. Solche Strategien erwachsen aus dem Schülerehrgeiz, das Spiel unbedingt gewinnen zu müssen, beeinflussen aber den Einstellungsprozess des dynamischen Gleichgewichtszustandes in nicht vorhersehbarer Weise.

Zum Verständnis der Einstellung eines dynamischen Gleichgewichtszustandes ist es darüber hinaus angebracht, verschiedene Spielsituationen mit verschiedenen Schülern und Schülerkombinationen sowie unterschiedlichen Anzahlen an Bällen auf jeder Seite zu Spielbeginn zu entwerfen und durchzuführen.

Bewährte Spielsituationen sind:

- Spiel A:** Ein Spieler auf jeder Seite, 50 Bälle auf einer Seite, keine Bälle auf der anderen Seite.
- Spiel B:** Zwei Spieler auf einer Seite (plus 50 Bälle), ein Spieler auf der anderen Seite (keine Bälle).
- Spiel C:** Ein Spieler auf jeder Seite (zwei möglichst körperlich gleichwertige Schüler) und gleich viele Bälle (25 Bälle) auf beiden Seiten.
- Spiel D:** Zwei Spieler auf einer Seite, ein Spieler auf der anderen Seite und gleich viele Bälle (25 Bälle) auf beiden Seiten.

Die Ausgestaltung der Spielsituationen ist im Spielauftrag (**M 1a**) relativ offen formuliert worden. Es steht in Ihrer Verantwortung, an dieser Stelle mehr oder weniger lenkend einzugreifen. Spiel C und D stellen künstlich geschaffene Spielsituationen dar, denn am Anfang einer chemischen Reaktion gibt es auf der Produktseite keine Teilchen. Wenn die Schüler dies nicht selbst kritisch bemerken, sollten Sie darauf hinweisen. Sind beide Schü-

ler in etwa gleich gut trainiert, kann mit der Spielsituation C die gleiche Anzahl an Bällen in beiden Spielhälften zum Zeitpunkt des Gleichgewichtszustandes als zufälliger Fall einer Gleichgewichtssituation simuliert werden.

Die **Dauer pro Spiel** sollte 6 Minuten nicht überschreiten, da ansonsten auch Ermüdungserscheinungen bei den einzelnen Schülern eintreten und diese dann den Einstellungsprozess des Gleichgewichtszustandes ebenfalls in nicht vorhersehbarer Weise beeinflussen. Die Spielzeit muss zur Zählung der Bälle zu bestimmten Zeitpunkten unterbrochen werden. Nach folgenden Zeitabschnitten wurden in den hier veröffentlichten Spielversuchen (siehe Lösungen M 2) von Schülern das Spiel jeweils unterbrochen und die Anzahl der Bälle auf jeder Seite gezählt: 5, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330, 360 Sekunden. Das gesamte Spiel wird von einem **Schiedsrichter** geleitet, der die Oberaufsicht zur Planung und Durchführung der Spiele besitzt. Er wird von ein bis zwei **Schiedsrichterassistenten** unterstützt (z. B. Zählen und Notieren der Bälle zu bestimmten Spielzeiten). Ein **Kommentator** sollte über den Spielverlauf berichten und gewährleistet dabei Lebendigkeit des Spieles und optimalen Einsatz der Spieler.

Durchführung

Es handelt sich um Materialien, die einen für Schüler sehr motivierenden Einstieg in das relativ abstrakte Thema des chemischen Gleichgewichtes gestatten. Nach unseren Erfahrungen kann man diesen Einstieg gleichermaßen sowohl für Grund- als auch Leistungskurse wählen. Die Einstellung des chemischen Gleichgewichtes einer chemischen Reaktion soll entsprechend der Folie (**M 1b**) von den Lernenden in der **ersten Doppelstunde** dargestellt werden. Aus Erzählungen von ehemaligen Schülern wissen wir, dass sie sich auch noch nach Jahren an diese Unterrichtsstunde erinnern. Aufgrund der abgespeicherten Bilder waren sie in der Regel selbst nach Jahren noch in der Lage, zu erklären, wie man ein chemisches Gleichgewicht definiert und welche Merkmale es charakterisieren.

Der Spielanfang (**M 1a**) wird unter Anleitung eines Schiedsrichters durchgeführt. Der Schiedsrichter besitzt die Oberaufsicht. Neben den Assistenten des Schiedsrichters, die die Bälle auf beiden Seiten nach bestimmten Zeitabständen zählen und an der Tafel notieren, soll ein Kommentator den jeweiligen Spielverlauf kommentieren und jedes Mal auch das Ergebnis verkünden. Die restlichen Schüler beobachten den Spielverlauf. Am Ende der Doppelstunde sollen Hypothesen zur Ausbildung des chemischen Gleichgewichtes gebildet werden. Diese werden ebenfalls an der Tafel festgehalten.

In der **zweiten Doppelstunde** sollen die Ergebnisse der Spiele ausgewertet werden (**M 2**), z. B., in dem man Diagramme auf Millimeterpapier zeichnet und dann auf Overhead-Folien überträgt. Sind die Chemie-Räume mit Computern ausgerüstet, kann auch mit dem Excel-Programm die Auswertung vorgenommen werden. Allerdings würden wir das Zeichnen auf Millimeterpapier vorziehen. Schüler haben selbst in dieser Jahrgangsstufe noch sehr wenig selbst quantitativ ausgewertet. Nur diese Vorgehensweise macht die Abhängigkeit einzelner Messpunkte von den verschiedenen Variablen deutlich. Bei der Auswertung mit dem Computer tritt diese Bewusstwerdung in den Hintergrund. Mithilfe der Fachsprache sollen dann die einzelnen Phasen (siehe Diagramme in Lösungen zu M 2, Seite 8/9) von einem kompetenten **Chemikerteam** beschrieben und erklärt werden. Dabei sollen die Lernenden auch auf ihre Hypothesen der vorangegangenen Doppelstunde eingehen. Am Ende der zweiten Doppelstunde werden Merksätze zur Definition und zur Charakteristik eines chemischen Gleichgewichtes formuliert.

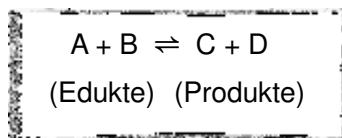
Im Grundkurs verzichtet man je nach Bundesland auf die Fachsprache, da das Thema *Reaktionsgeschwindigkeit* nicht immer verbindlicher Bestandteil des Lehrplanes ist. Entsprechend muss das Arbeitsblatt **M 2** umgestaltet werden, indem man auf die Fachbegriffe zum Thema *Reaktionsgeschwindigkeit* im Aufgabenteil 5 verzichtet. Trotzdem können die Schüler den beobachteten Spielverlauf auch ohne Fachsprache beschreiben und intuitiv erklären. Es ist nicht notwendig, genau zu wissen, was der Chemiker unter dem Fachbegriff

M 1a Wer gewinnt den „Apfelkrieg“?

Schauen Sie sich das Bild an: Ein alter Mann und ein Junge werfen gegenseitig Äpfel über einen Zaun. Ein „Apfelkrieg“ ist entbrannt. Herrscht Gleichgewicht im „Apfelkrieg“ oder hat der Junge gewonnen?






Info: Die folgende Reaktionsgleichung steht stellvertretend für die meisten chemischen Reaktionen. Der nach rechts gerichtete Pfeil



symbolisiert die sogenannte Hinreaktion und der nach links gerichtete Pfeil die Rückreaktion. Der Doppelpfeil in der Chemie bedeutet, dass zwischen der Hin- und der Rückreaktion ein Gleichgewicht besteht.

Spielauftrag

Spielen Sie den „Apfelkrieg“ in Ihrem Kursraum nach. Anstelle von Äpfeln stehen Ihnen Bälle zur Verfügung. Verteilen Sie zunächst folgende Rollen:

	Schiedsrichter: Hat die Oberaufsicht und leitet das Spiel.
	Zwei Schiedsrichterassistenten: Erhalten die Stoppuhr und notieren die Spielzeit. Helfen beim Zählen und Notieren der Anzahl der Bälle zu den verschiedenen Zeiten an der Tafel. Notieren die Spielbedingungen.
	Kommentator: Beschreibt den „Ballkrieg“ und verkündet am Ende des Spieles das Ergebnis.

Der **Rest der Lerngruppe** beobachtet kritisch das Spiel. Die **Spieldauer** soll etwa 6 Minuten betragen.

- Führen Sie zunächst ein Spiel durch. Beginnen Sie z. B. damit, dass sich auf jeder Seite ein Spieler befindet. Alle Bälle sind auf einer Seite.
- Da das Spiel lebendig sein soll, kann jeder Spieler zu jedem Zeitpunkt die Spielsituation bewerten. Der Schiedsrichter muss aber grundsätzlich das Spiel immer nach bestimmten Zeitabschnitten (z. B. nach kurzen Zeitabständen am Spielanfang und dann in längeren Zeitabständen) unterbrechen. Die Assistenten müssen nach den entsprechenden Zeitabschnitten immer die Anzahl der Bälle auf jeder Seite zählen. Bälle, die außerhalb eines Spielfeldes landen, werden dem nächstgelegenen Spielfeld zugeordnet.
- Gestalten Sie verschiedene, maximal drei weitere Spiele, die Sie dann nacheinander durchführen. Sie können beispielsweise die Anzahl der Spieler auf einer Seite erhöhen und ebenso auch die Anzahl der Bälle auf beiden Seiten verändern.



Überlegen Sie sich, was Ihr „Ballkrieg“ mit einer chemischen Reaktion und mit einem chemischen Gleichgewicht zu tun hat. Entwickeln Sie Hypothesen!

Erläuterungen und Lösungen

Erläuterung (M 1)

Die Folie (M 1b) wird zur Planung der eigenen Spiele als Motivationsschub auf den Overhead-Projektor gelegt. Das Spielfeld soll im Zentrum des Klassenzimmers angeordnet werden und in zwei gleiche Spielhälften (z. B. mithilfe einiger Stühle oder einem Seil) aufgeteilt werden. Es ist für den gesamten Ablauf wichtig darauf zu achten, dass das Spielfeld beispielsweise durch Stühle oder Tische von allen Seiten umgrenzt wird, damit es überschaubar ist und die auf die andere Seite geworfenen Bälle möglichst im Spielfeld verbleiben und nicht im Klassenraum unkontrolliert hin- und herrollen. Bälle, die außerhalb des Spielfeldes rollen, sollen die Schiedsrichterassistenten und auch die Beobachter immer gleich wieder in das nächstgelegene Spielfeld zurückbefördern. Sie sollten sich ansonsten aus der Planung und der Durchführung der Spiele weitestgehend heraushalten. Sie ist Aufgabe des Schiedsrichters. Falls Schwierigkeiten bei der Gestaltung der verschiedenen Spielsituationen auftreten, können diese auch von Ihnen vorgegeben werden (siehe Hinweise zur Didaktik und Methodik).

Lösungen (M 1a)

Häufig genannte Schülerhypothesen:

- Die Bälle entsprechen den Teilchen, die bei einer chemischen Reaktion miteinander reagieren.
- Wurfvorgang von Spieler 1 entspricht der Hinreaktion, Wurfvorgang von Spieler 2 entspricht der Rückreaktion.
- Wenn gleich viele Bälle auf beiden Seiten vorhanden sind, herrscht Gleichgewicht. (Dies ist der Fall bei Spiel C.)
- Wenn sich die Anzahl der Bälle auf beiden Seiten nicht mehr ändert, herrscht Gleichgewicht. Dies kann man bei jedem Spiel über einen relativ langen Zeitraum beobachten.

Lösungen (M 2)

zu 1.: (Beispiele)

