



universität
wien



Säure-Base-Reaktionen in der Sekundarstufe II unterrichten

Handreichung für Lehrpersonen

Mag. Rita Elisabeth Krebs, BA

Plattform für Didaktik der Naturwissenschaften
AECC Chemie
Universität Wien
Porzellangasse 4/2/2
1090 Wien

rita.krebs@univie.ac.at

<https://aeccc.univie.ac.at/>

Inhaltsverzeichnis

1	SÄURE-BASE-REAKTIONEN AUF DER TEILCHENEBENE.....	1
1.1	WIE KANN MAN TEILCHEN UND REAKTIONEN DARSTELLEN?	1
1.2	WAS IST EINE SÄURE-BASE-REAKTION?	2
2	SÄURE & BASE DEFINIEREN	3
2.1	WAS IST EINE SÄURE? WAS IST EINE BASE?	3
2.2	BEISPIELE FÜR SÄURE-BASE-REAKTIONEN.....	3
3	WIEDERHOLUNG REVERSIBLER REAKTIONEN	3
3.1	MODELLVERSUCH ZUM CHEMISCHEN GLEICHGEWICHT	4
3.2	REVERSIBILITÄT UND DAS CHEMISCHE GLEICHGEWICHT	4
3.3	GLEICHGEWICHTSKONSTANTE K	4
4	SÄURE-BASE-REAKTIONEN ALS REVERSIBLE REAKTIONEN.....	4
5	STARKE & SCHWACHE SÄUREN & BASEN	5
5.1	SÄURESTÄRKE & BASENSTÄRKE	5
5.2	SÄUREKONSTANTE & BASENKONSTANTE	5
6	SÄURESTÄRKE, BASENSTÄRKE & LEITFÄHIGKEIT	6
6.1	VON DER TEILCHENEBENE AUF DIE STOFFEBENE.....	6
6.2	LEITFÄHIGKEIT SAURER & BASISCHER LÖSUNGEN.....	6
7	ANHANG	8
7.1	VORSCHLAG FÜR EINE VERLAUFSPLANUNG	9
	<i>Einheit 1: Säure-Base-Reaktionen.....</i>	<i>9</i>
	<i>Einheit 2: Säure & Base.....</i>	<i>11</i>
	<i>Einheit 3: Reversible Reaktionen.....</i>	<i>12</i>
	<i>Einheit 4: Säurestärke, Basenstärke.....</i>	<i>13</i>
	<i>Einheit 5: Leitfähigkeit 1 – Phet Simulation</i>	<i>15</i>
	<i>Einheit 6: Leitfähigkeit 2 – Versuch.....</i>	<i>16</i>
7.2	HERLEITUNG DES MASSENWIRKUNGSGESETZES	17
7.3	HERLEITUNG DER SÄUREKONSTANTE K_a , DER BASENKONSTANTE K_b UND DEM IONENPRODUKT DES WASSERS	18
7.4	HILFEKARTEN.....	20
7.5	BENÖTIGTES MATERIAL	24

Vorbemerkungen

Diese Handreichung für Lehrkräfte gibt einen Überblick über einen möglichst anschlussfähigen und lernenden-gerechten Weg, Säure-Base-Reaktionen nach Brønsted-Lowry zu unterrichten. Basierend auf dem Vorschlag von Sieve und Bittorf [1] werden Säure-Base-Reaktionen mittels *Electron Pushing Formalism* (Elektronenverschiebung) eingeführt; der Fokus beim Einführen der Reaktion liegt auf dem heterolytischen Bindungsbruch zwischen dem Wasserstoffatom einer Säure HA und dem entstehenden Anion A⁻ sowie die simultane Ausbildung einer neuen Bindung zwischen der Base B⁻ und dem als Ion abgespaltenen Wasserstoff. Säuren und Basen werden als Teilchen im Zuge der Reaktion eingeführt, da sie als solche nur aufgrund ihres Reaktionspartners wirken. Säure oder Base zu sein ist *keine* inhärente Eigenschaft von Teilchen, ähnlich wie Schwefelatome nicht gelb sind [2]. Säure- und Basenstärke werden mittels Becherglasmodellen und der pK_a-Tabelle eingeführt [3]. Anschließend erfolgt ein Konnex zur Stoffebene mittels eines Versuchs sowie der Phet-Simulation zu sauren und basischen Lösungen [4].

Ziel des hier vorgeschlagenen Ansatzes ist es, ein an weitere Reaktionstypen wie Redox-Reaktionen sowie organische Reaktionen anschlussfähiges Konzept zu Säure-Base-Reaktionen aufzubauen. Der Fokus beim Erklären und Erarbeiten sollte auf der Verschiebung der Elektronen im Zuge der Reaktion liegen, um Gemeinsamkeiten hervorzuheben. Trotz der Verwendung des Säure-Base-Konzepts nach Brønsted tritt das „Proton“ in den Hintergrund, da es bei vielen Lernenden für Verwirrung sorgt.

In der Handreichung werden die Themenbereiche beschrieben, die der Unterrichtsvorschlag umspannt. Diese umfassen die Definition von Säure-Base-Reaktionen mittels *Electron Pushing Formalism* (EPF) und die von Säure und Base als Teilchen, eine Wiederholung des Massenwirkungsgesetzes und der reversiblen Reaktionen, eine Einführung in die Säure- und Basenstärke und einen Einblick in die Leitfähigkeit saurer und

basischer Lösungen. Je nach Zeitressourcen und Schwerpunktsetzung kann der Ansatz in vier bis sechs Unterrichtseinheiten bearbeitet werden. Die jeweiligen Kapitel schlagen Erklärungsansätze und Formulierungen vor, die sich in Vorstudien als besonders passend oder nachvollziehbar bewährt haben. Außerdem erklären sie entwickelte Arbeitsblätter und Aufgaben.

1 Säure-Base-Reaktionen auf der Teilchenebene

Ein erster Schritt beim Erarbeiten eines neuen Themas in der Chemie sollte das Ausgehen von etwas Bekanntem sein. Wir empfehlen deshalb, mit einer Anknüpfung an das Vorwissen zu starten – was ist zu „Säuren“ und „Basen“ aus dem Alltag bekannt? Auch kann der Teilchenbegriff noch einmal wiederholt werden, um Säure – das Teilchen – von der Säure – dem Stoff – abzugrenzen. Anschließend erfolgt die Einführung in die Säure-Base-Reaktionen mithilfe des *Electron Pushing Formalisms* (EPF) (Abb. 1).

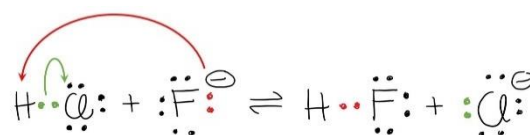


Abbildung 1 Reaktionsgleichung, bei der mittels Electron Pushing Formalism (EPF) die Elektronenverschiebung abgebildet wird.

1.1 Wie kann man Teilchen und Reaktionen darstellen?

Wir beschäftigen uns im Zuge der Klärung, was Säure-Base-Reaktionen sind, mit drei Arten von Teilchen: Atomen, Molekülen und Ionen. Zuerst sollte den Schüler*innen die Möglichkeit gegeben werden, ein Brainstorming zur Frage „Was für Teilchen gibt es?“ durchzuführen und eine MindMap zu erstellen.¹

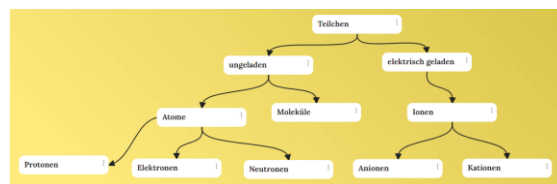


Abbildung 2 Vorschlag MindMap zu den „Arten von Teilchen“

¹ Hier kann es sein, dass die Schüler*innen vorrangig Teilchen wie Protonen oder Elektronen (und teilweise sogar Quarks) nennen. Eventuell kann also als Hilfestellung gegeben werden,

dass es um Teilchen geht, die vor allem in der Chemie wichtig sind, und die auch etwas größer sind als die kleinsten Teilchen.

Die Mind Maps können in Kleingruppen verglichen werden oder beispielsweise als Think-Pair-Share-Aktivität für die Erstellung einer gemeinsamen Mind Map im Plenum herangezogen werden.

Anschließend sollte die Lehrperson darauf eingehen, dass Teilchen auf verschiedene Arten dargestellt werden können.

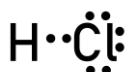


Abbildung 3 Lewis-Formel eines Chlorwasserstoffmoleküls HCl.

Je nach Darstellungsart werden bestimmte Informationen über die abgebildeten Teilchen sichtbar. Für den hier verwendeten Ansatz werden die Lewis-Schreibweise (Abb. 3, Folie 1), das „Kugel-Modell“ (Abb. 4, Folie 2) und das Becherglasmodell (siehe Abschnitt 4) verwendet.



Abbildung 4 Kugel-Modell eines Wassermoleküls H₂O.

Die Lehrperson sollte zu diesem Zeitpunkt zu den ersten beiden Darstellungsweisen kurz erklären, worum es sich handelt und was diese Darstellungsweise abbildet und vernachlässigt. Während in der Lewis-Schreibweise Fokus auf die Valenzelektronen gelegt wird, werden im „Kugel-Modell“ die Atome hervorgehoben und die Valenzelektronen vernachlässigt.

Anschließend sollte kurz wiederholt werden, dass Teilchen wie Atome, Ionen und Moleküle miteinander reagieren können und bei den Reaktionen Bindungen gelöst und neue geknüpft werden.

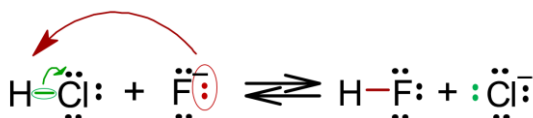


Abbildung 5 Reaktionsgleichung, die Elektronenverschiebung bei der Reaktion zwischen einem Chlorwasserstoff-Molekül HCl und einem Fluorid-Ion F⁻ mittels Pfeilen darstellt.

Dieses Lösen und Knüpfen von Bindungen kann unter anderem mit dem *Electron Pushing Formalism* (Elektronenverschiebung) nachvollzogen werden. Dieser sollte kurz als Werkzeug vorgestellt werden, um die Bewegungen von Elektronen im Zuge einer Reaktion nachzuvollziehen.²

1.2 Was ist eine Säure-Base-Reaktion?

Für die Erklärung, was eine Säure-Base-Reaktion ist, sollen die **Folien 3 bis 12** herangezogen werden. Hier wird in kleinen Schritten die Reaktion zwischen einem Chlorwasserstoff-Molekül HCl und ein Fluorid-Ion F⁻ dargestellt.

Wir schlagen vor, dass die Lehrperson das Thema der Unterrichtsreihe, Säure-Base-Reaktionen, kurz vorstellt und die animierte Folie herzeigt, ohne etwas vorwegzunehmen. Ziel ist es, dass die Schüler*innen wahrnehmen, dass eine Reaktion abläuft, und dieses Ablaufen durch die Pfeile hervorgehoben wird. Anschließend bearbeiten die Schüler*innen den Text auf **Arbeitsblatt 1.2**, um herauszufinden, wie die Reaktion abläuft und sie in eigenen Worten zu erklären. Die Schüler*innen stellen nun selbstständig die Reaktionsgleichung für die Säure-Base-Reaktion zwischen Bromwasserstoff und Chlorid auf, indem sie die Elektronenverschiebungen zwischen den Teilchen einzeichnen.

Die Erarbeitung einer allgemeineren Definition von Säure-Base-Reaktionen wird begonnen, indem die Schüler*innen in Kleingruppen oder Partnerarbeit die beiden Reaktionsgleichungen vergleichen und Gemeinsamkeiten und Unterschiede herausarbeiten.

Dann sollte im Plenum eine allgemeine Definition mit den Platzhaltern HA und B⁻ für Säure und Base aufgestellt werden.

Erklärung 1.2

Im Laufe einer Säure-Base-Reaktion (nach Brønsted) bindet ein Teilchen B⁻ (B = undefiniertes Teilchen) das Wasserstoffatom H eines Teilchens HA (A = Rest, H = Wasserstoffatom). Die

² Der Electron Pushing Formalism stellt eine relativ komplexe Darstellung dar, welche inhaltlich auch von Chemiestudierenden nicht ganz nachvollzogen wird [5]. Deshalb muss zu den Schüler*innen nicht genau klar

sein, was die Pfeildarstellung abbildet, sondern der EPF sollte wirklich als Werkzeug gesehen werden, um die Elektronenverschiebung, Bindungsbrüche und -ausbildung nachzuvollziehen.

Bindung zwischen H und A wird so gelöst, dass beide Bindungselektronen bei A bleiben. Es entstehen die Teilchen HB und A⁻.

Die in **Erklärung 1.2** verwendete Formulierung zur Erklärung der Reaktion hat sich in den Vorstudien bewährt und sollte deshalb möglichst beibehalten werden. Diese Definition sollte demnach in die Mitschrift übernommen werden.

Anschließend kann ein spielerischer Zugang gewählt werden, um das Gelernte zu vertiefen und anzuwenden. Wir schlagen vor, LEGO® Steine (2X4 Steine, 1X1 Steine, 1X2 Platten) dazu zu verwenden, eine Säure-Base-Reaktion zu modellieren. Die großen Steine können verwendet werden, um Atome/Ionen mit 8 Außenelektronen darzustellen, kleine Stein können Wasserstoff-Atome mit einem Außenelektron abbilden. Mit der 1X2 Platte kann eine Einfachbindung dargestellt werden.

2 Säure & Base definieren

Im nächsten Schritt sollen Säure und Base als an der Säure-Base-Reaktion beteiligte Teilchen definiert werden. Anschließend erarbeiten die Schüler*innen selbstständig Reaktionsgleichungen für verschiedene Säure-Base-Reaktionen steigender Komplexität. Wichtig ist, dass von der Lehrperson hier wieder nichts vorweggenommen wird, sondern die Schüler*innen möglichst selbstständig arbeiten und eigene, eventuell noch Fehler-behaftete Lösungen aufstellen.

2.1 Was ist eine Säure? Was ist eine Base?

Die Definition von Säure und Base als Teilchen kann damit begonnen werden, dass die Lehrperson **Folie 13** herzeigt, auf der dieselbe Reaktionsgleichung wie bei der Definition der Reaktion verwendet. Unterschied ist, dass nun Teilladungen bei der Säure eingezeichnet sind, um ihr positiv polarisiertes Wasserstoff-Atom hervorzuheben.

Die Schüler*innen werden angehalten, in Partnerarbeit darüber diskutieren, wofür die Symbole δ^+ und δ^- stehen und was mit den an der Reaktion beteiligten Teilchen geschieht (siehe **Arbeitsblatt 2.1**). Diese Fragen sollen im Laufe des mehrschrittigen Lesens beantwortet werden. Anschließend

kann in Kleingruppen oder im Plenum eine allgemeinere Definition von Säure und Base erarbeitet werden (siehe **Erklärung 2.1**).

Erklärung 2.1

Teilchen wie HA, die ein positiv polarisiertes H-Atom aufweisen, können bei einer Säure-Base-Reaktion als **Säure** reagieren. Teilchen, die zumindest ein freies Elektronenpaar aufweisen, um damit das positiv polarisierte H-Atom zu binden, können als **Base** reagieren.

2.2 Beispiele für Säure-Base-Reaktionen

Darauf aufbauend versuchen die Schüler*innen in Partnerarbeit oder alleine, verschiedene Säure-Base-Reaktionen mit zunehmender Komplexität zu lösen und jedes Mal Säure und Base zu identifizieren. Wichtig ist, dass Lewis-Formeln für alle Teilchen verwendet werden und die Elektronenverschiebung mittels Pfeilen eingezeichnet und farbig hervorgehoben wird. Sollten Schüler*innen große Schwierigkeiten beim Aufstellen der Lewis-Formeln haben, kann die Hilfe ausgeteilt oder auf einem Materialtisch zur Verfügung gestellt werden.

Die Reaktionen zwischen Chlorwasserstoff und Wasser sowie Ammoniak und Wasser können vermutlich zu diesem Zeitpunkt noch nicht sicher gelöst werden, hier ist es deshalb wichtig, dass die Lehrperson keine Fehler korrigiert, sondern nur mit den Schüler*innen diskutiert und dann auf die spätere Klärung dieser Schwierigkeiten hinweist (siehe Abschnitt 5).

3 Wiederholung reversibler Reaktionen

Als Vorbereitung auf die Säure- und Basenstärke sollte die Reversibilität von Reaktionen und das chemische Gleichgewicht wiederholt werden. Außerdem können – wenn gewünscht – die ungefähren Werte der Gleichgewichtskonstante K wiederholt werden. Eingestiegen kann in das Thema zum Beispiel damit, dass die Bedeutung der Begriffe „reversibel“ und „irreversibel“ diskutiert und geklärt wird.

3.1 Modellversuch zum chemischen Gleichgewicht

Ein erster Schritt beim Erarbeiten oder Wiederholen des chemischen Gleichgewichts kann ein Modellversuch sein, der die Gleichgewichtseinstellung bei einer chemischen Reaktion simuliert. Hierzu werden zwei Bechergläser verwendet, von denen eines mit gefärbtem Wasser gefüllt ist. Die Schüler*innen tauchen nun zwei Glasrohre gleichen Durchmessers simultan in beide Gläser und transferieren das Wasser ins jeweils andere Glas. Nach jedem „Reaktionsschritt“ wird der Wasserstand im ersten Becherglas gemessen, um anschließend einen Graphen zu zeichnen, der den Wasserpegel in Abhängigkeit von den Messzeitpunkten darstellt. Der Wasseraustausch wird so lange durchgeführt, bis der Wasserpegel in beiden Bechergläsern konstant bleibt. Bei Verwendung unterschiedlich dicker Glasrohre können verschiedene Gleichgewichtslagen verdeutlicht werden. Auch hier sollte ein Graph konstruiert werden, um die beiden zu vergleichen.

3.2 Reversibilität und das chemische Gleichgewicht

In weiterer Folge antizipieren die Schüler*innen zuerst, wovon der Text „Was bedeutet es, wenn eine Reaktion reversibel ist?“ handelt. Anschließend bearbeiten sie einen kurzen Lückentext zum chemischen Gleichgewicht³, gefolgt von einem gemeinsamen Erarbeiten/Wiederholen des Massenwirkungsgesetzes. Sollte dieses in seiner mathematischen Form im Unterricht noch nicht hergeleitet, aufgestellt und diskutiert worden sein, empfehlen wir, dies spätestens zu diesem Zeitpunkt, da es eine wichtige Voraussetzung für das Arbeiten mit der Säure- und Basekonstante darstellt.

3.3 Gleichgewichtskonstante K

³ Nachdem in den Vorstudien viele Schüler*innen als die ihnen bekannten Begriffe beim chemischen Gleichgewicht „Edukt“ (statt „Reaktant“) und „Produkt“ genannt haben, wurden diese in den zugehörigen Unterrichtsmaterialien verwendet. Die Begriffe „Ausgangsstoff“ und „Endstoff“ werden bewusst nicht verwendet, um Teilchenebene und Stoffebene nicht zu verwechseln. Außerdem wird der Begriff „chemisches Gleichgewicht“ statt

Arbeitsblatt 3.2 und Folie 16 und 17 bieten die Möglichkeit, grafischen Darstellungen von K ihren ungefähren Werten sowie der jeweiligen Gleichgewichtslage zuzuordnen. Da dies nicht zentral für das Säure-Base-Konzept ist, kann das Arbeitsblatt als eine mögliche Erweiterung verstanden werden, die eingesetzt oder ausgelassen werden kann.

4 Säure-Base-Reaktionen als reversible Reaktionen

Viele Säure-Base-Reaktionen sind reversibel, insbesondere in wässrigen Lösungen. Dies sollte zuerst mittels Folie 18 bis 21 veranschaulicht werden. Hier ist die Reversibilität der Reaktion mittels EPF dargestellt; die Pfeile zeigen an, dass diese in beide Richtungen abläuft. Anschließend sollte das Becherglasmodell (Abb. 6) eingeführt werden, welches in weiterer Folge für das Verstehen von Säure- und Basenstärke Relevanz hat.

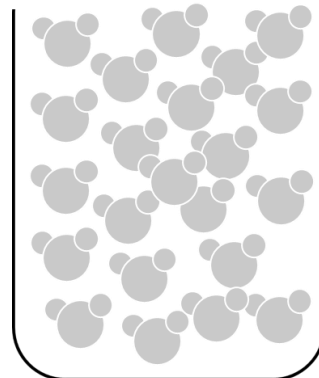


Abbildung 6 Becherglasmodell einer Flüssigkeit, die aus Wassermolekülen H_2O besteht.

Becherglasmodelle bilden viele Teilchen im Becherglas ab, wobei die Darstellungsweise der Teilchen je nach Anforderungen gewählt wird.⁴

„dynamisches Gleichgewicht“ verwendet, um die Zahl komplexer Fachworte in dem Text etwas zu reduzieren.
⁴ Hier wurde eine Darstellungsform gewählt, die der Phet-Simulation optisch ähnelt, damit bei ihrem Einsatz nicht zu viele verschiedene Darstellungsformen vorgestellt werden und die Schüler*innen so nicht zusätzlich verwirrt werden.

5 Starke & schwache Säuren & Basen

Für dieses Kapitel können die Schüler*innen mit Abbildungen (Folie 27-43) arbeiten, welche als Einstieg in das Thema gedacht sind.

5.1 Säurestärke & Basenstärke

Animation 5.1 zur Säure-/Basenstärke

Die Säurestärke und Basenstärke werden über die Reaktion vieler Teilchen mit Wassermolekülen definiert. Diese Reaktion wurde in vier verschiedenen Animationen mittels Becherglasmodellen und kann von der Lehrperson mithilfe der Präsentation vorgezeigt werden.

Vor dem Betrachten der Animationen sollen die Schüler*innen den Text zu Säure- und Basenstärke überfliegen und eine Legende zu den Abbildungen aufstellen (**Arbeitsblatt 5.1**). Dies dient zur Vorbereitung auf relativ komplexe grafische Darstellungen. Anschließend wird in Partnerarbeit oder in Kleingruppen diskutiert, welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede bei den Animationen auffallen. Außerdem sollten sie die Möglichkeit bekommen, Fragen zur Darstellungsform zu stellen, da hier eine Mischung aus Lewis-Formeln, Electron Pushing Formalism, „Kugel-Modell“ und Becherglasmodell verwendet wird.

Im Anschluss lesen die Schüler*innen den Text zu Säure- und Basenstärke und fassen jeden Abschnitt zusammen, indem sie kurze Definitionen für starke Säure, schwache Säure, starke Base und schwache Base aufstellen. Diese können im Plenum noch genauer ausgeschärft und besprochen werden. Folge Formulierung hat sich in der Vorstudie bewährt:

Erklärung 5.1

Man spricht von einer **starken Säure**, wenn der Großteil der vorliegenden Teilchen mit Wassermolekülen reagiert und Ionen (wichtig: **Oxonium-Ionen H_3O^+**) bildet. Man spricht von einer **schwachen Säure**, wenn der Großteil der vorliegenden Teilchen nicht reagiert.

Man spricht von einer **starken Base**, wenn der Großteil der vorliegenden Teilchen mit Wassermolekülen reagiert und Ionen (wichtig: **Hydroxid-Ionen OH^-**) bildet. Man spricht von einer **schwachen Base**, wenn der Großteil der vorliegenden Teilchen nicht reagiert.

Zur Vertiefung dieses Konzepts kann das Beispiel der schwachen Base I^- herangezogen werden. Auf Folie 44 finden sich eine Fragestellung und drei mögliche Darstellungen von Iodid-Ionen mit Wassermolekülen im Gleichgewicht. Die Schüler*innen wählen eine Abbildung aus und diskutieren in Kleingruppen/Partnerarbeit, warum diese die richtige ist. Im Plenum oder in Partnerarbeit/Kleingruppenarbeit kann noch eine weitere Aufgabe zur Visualisierung der Säurestärke bearbeitet werden.

Abbildung 5.1 zu HBr

Viele Bromwasserstoff-Moleküle HBr und Wassermoleküle H_2O reagieren miteinander. Mittels der Abbildung in der Präsentation kann nachvollzogen werden, ob HBr als starke oder als schwache Säure reagiert.

5.2 Säurekonstante & Basenkonstante

Zur Vereinfachung, welche Säuren und Basen stark und welche schwach reagieren, kann die pK_a -Tabelle⁵ hinzugezogen werden. Zur besseren Nachvollziehbarkeit der Bedeutung von pK_a und pK_b können diese von den allgemeinen Säure-Base-Reaktionen HA und B^- mit H_2O hergeleitet werden. Dieser Schritt kann aber auch übersprungen werden, und die pK_a -Tabelle als nützliches Werkzeug zum Einordnen von starken und schwachen Säuren und Basen vorgestellt werden.

Zum Verknüpfen von pK_a -Tabelle und Becherglasmodellen können schließlich Folie 46 (Wassermoleküle reagieren miteinander) und 45 (Wassermoleküle reagieren mit Bromwasserstoff-Molekülen) herangezogen werden. Die Schüler*innen können der Tabelle entnehmen, ob es sich bei den abgebildeten Teilchen (H_2O , HBr) jeweils um starke oder um schwache Säuren oder

⁵ Wir entscheiden uns hier bewusst für den Begriff pK_a , da dieser international gebräuchlicher ist als pK_s und deshalb als anschlussfähiger erachtet wird.

Basen handelt und dann vermuten, wie das Becherglasmodell aussieht. Umgekehrt können sie auch – ausgehend vom Becherglasmodell – vermuten, welchen pK_a oder pK_b -Wert die Teilchen jeweils aufweisen.

Die Tabelle (**Folie 47**) sollte in weiterer Folge zum erneuten Bearbeiten der bekannten vier Säure-Base-Reaktionen aus dem Abschnitt 2.2 herangezogen werden (**Arbeitsblatt 5.2**). Mit ihrer Hilfe sollten jetzt auch die beiden Reaktionen von HCl und NH_3 , die jeweils mit H_2O reagieren, gut lösbar sein. Im Plenum sollte diskutiert werden, dass ein NH_3 -Molekül zwar auch als Säure reagieren kann, dies aber aufgrund seiner sehr, sehr geringen Säurestärke im Allgemeinen nicht tut.⁶

6 Säurestärke, Basenstärke & Leitfähigkeit

Ein letzter Schritt in diesem Ansatz zum Unterrichten von Säure-Base-Reaktionen ist der Schritt von der Teilchen- zur Stoffebene. Dieser ist bei Säure-Base-Reaktionen teilweise problembehaftet, da diese oft nur mit Hilfsmitteln wie pH-Indikatoren gut nachvollziehbar sind. Wir schlagen hier zum Konnex von Teilchen und Stoffen eine Leitfähigkeitsmessung vor, die auf der Simulation saurer und basischer Lösungen von Phet aufbaut.

6.1 Von der Teilchenebene auf die Stoffebene

In der *Einführung* der Phet Simulation zu sauren und basischen Lösungen kann man mittels „Teilchenlupe“ eine Vergrößerung verschiedener saurer und basischer Lösungen sehen.

Simulation 6.1

⁶ Sollten Schüler*innen genauer wissen wollen, warum denn manche Teilchen besser als Säuren oder Basen reagieren, kann einerseits der Begriff des Ampholyts eingeführt werden und andererseits mit dem Delokalisierungskonzept von Fleischer [6] gearbeitet werden. Säure- oder Basenstärke abhängig von der Stabilität ihrer jeweiligen konjugierten Säure/Base ist; diese Stabilität kann mittels über die Delokalisierung der Elektronen visuell dargestellt werden.

⁷ Zersetzen von verschiedenen Stoffen in sauren und basischen Lösungen kann zwar ohne Hilfsmittel wahrge-

Die Phet Simulation soll eingesetzt werden, um zu zeigen, wie die Lösung reinen Wassers, einer starken Säure und einer schwachen Base (und eventuell der schwachen Säure und starken Base) aussieht. Als Vorbereitung auf den hier angedachten Versuch sollte die Lehrperson zuerst von der Lösung „Wasser“ ausgehen und dann Schritt für Schritt alle zumindest die Lösungen der starken Säure und schwachen Base mittels Elektrode und Glühlampe untersuchen, um die jeweiligen Leitfähigkeiten zu zeigen. Die Lösungsmittel-Teilchen sollten eingeblendet sein, da sie die Reaktionspartner darstellen.

https://phet.colorado.edu/sims/html/acid-base-solutions/latest/acid-base-solutions_de.html

Diese Veranschaulichung kann die Lehrperson entweder selbst durchführen, oder die Schüler*innen können nach einer kurzen Einweisung selbst mit der Simulation und mit **Arbeitsblatt 6.1** arbeiten. Wichtig ist, dass die Einführungs-Simulation gewählt wird, da hier die Konzentrationen der dargestellten Lösungen nicht variabel sind.

6.2 Leitfähigkeit saurer & basischer Lösungen

Zum vollständigen Transfer von Wissen über Säure-Base-Reaktionen von der Teilchen- auf die Stoffebene sollte eine Reaktion auf der Stoffebene wahrgenommen werden. Da sich – wie bereits erwähnt – bei Säure-Base-Reaktionen das Problem auftut, dass diese meist nur mittels Hilfsmitteln gut nachvollziehbar sind⁷, wird hier eine Leitfähigkeitsmessung anstatt eines Versuchs mit pH-Indikator gewählt, um das Augenmerk weniger auf die Farbgebung und mehr auf die behandelten Stoffe zu richten.

Versuch 6.2

nommen werden, unterstreicht aber die vielfach verbreitete Vorstellung, dass Säure-Base-Reaktionen sehr gefährlich sind. Während einige im Labor verwendete saure und basische Stoffe durchaus gefährlich sind, spielen sie im Alltag (z. B. menschlicher Körper, Nahrungsmittel, Kosmetika, ...) eine nicht unbeträchtliche Rolle. Deshalb soll auf einen Versuch, der die gefährliche Ätzwirkung von sauren oder basischen Lösungen unterstreicht, zugunsten alltäglicherer Substanzen und Vorkommnisse verzichtet werden.

Die Schüler*innen erhalten in Partnerarbeit oder in Kleingruppen mehrere saure und basische Lösungen gleicher Konzentration.

Wir schlagen eine verdünnte Salzsäure-Lösung und eine verdünnte Hydrogencarbonat-Lösung vor (z. B. 1-molar oder 0,5-molar⁸), um den Versuch möglichst ungefährlich und einfach zu gestalten. Bei der Hydrogencarbonat-Lösung ist die Leitfähigkeit im Vergleich zur Salzsäure-Lösung merklich geringer; die Leitfähigkeit von Oxonium-Ionen sowie die von Hydroxid-Ionen übersteigt die der Natrium-Ionen und Carbonat-Ionen wesentlich. Deshalb sollte das Lämpchen bei der Hydrogencarbonat-Lösung auch schwächer leuchten sollte [7].



Material: 3 Bechergläser mit Lösungen (Wasser, Salzsäure, Hydrogencarbonat-Lösung), Kabel, Krokodilklemmen, Elektroden (z. B. Zirkelminen, Bleistiftminen), 4,5-Volt-Blockbatterie, Diode

Durchführung: Leitfähigkeit der Lösungen vergleichen, indem überprüft wird, ob die Lösungen gut genug leiten, um die Diode zum Leuchten zu bringen

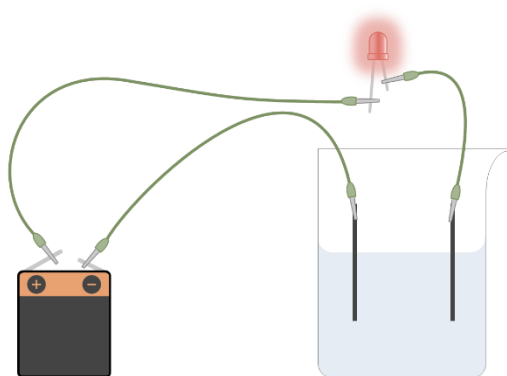


Abbildung 7 Versuchsaufbau für die Leitfähigkeitsmessung (grafische Darstellung von Mag. Martina Zödl, Abdruck mit Genehmigung der Autorin).

Der Versuch kann entweder so durchgeführt werden, dass die Lösungen bekannt sind oder als Versuch mit unbekanntem Lösungen gleicher Konzentration. Diese sollen dann anhand verschiedener Leitfähigkeiten unterschieden werden und so

⁸ Zur Herstellung einer 1-molaren Hydrogencarbonat-Lösung werden 12,6g des Salzes in 100mL Wasser gelöst. Dann wird auf 150mL aufgefüllt. Für

Rückschlüsse auf die Stärke der eingesetzten Säure oder Base vorgenommen werden. Für **Arbeitsblatt 6.2** wurde der Ansatz mit unbekanntem Lösungen gewählt; die Schüler*innen erfahren, welche drei Lösungen verwendet werden und sollen dann mittels Versuch und Ausschlussverfahren zuordnen, um welche Lösung es sich jeweils handelt. Im Anschluss an die Versuchsdurchführung sollte in Kleingruppen oder Partnerarbeit verglichen und diskutiert werden, um dann anschließend entweder im Plenum oder in den Kleingruppen mit der Lösung zu vergleichen.

Literatur

- [1] Sieve, B. F., Bittorf, R. M. (2016). Protonenübergang oder Elektronenpaarübertragung? Säure-Base-Reaktionen sachgerecht darstellen. *Naturwissenschaften im Unterricht / Chemie* **155**, 47–48.
- [2] Barke, H.-D. (Hrsg.) (2006). *Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*, 1. Aufl. Springer, Berlin.
- [3] Barke, H.-D. (2015). Brönsted-Säuren und Brönsted-Basen. *Chemie & Schule* **30/1**, 10–15.
- [4] Lancaster, K., Malley, C., Gruneich, B., Loeblein, P., Moore, E. B., Parson, R., Perkins, K. (2021). Acid-base solutions. https://phet.colorado.edu/sims/html/acid-base-solutions/latest/acid-base-solutions_en.html.
- [5] Bhattacharyya, G., Bodner, G. M. (2005). "It Gets Me to the Product": How Students Propose Organic Mechanisms. *J. Chem. Educ.* **82/9**, 1402.
- [6] Fleischer, H. (2020). Is a polar bond a prerequisite for an acid? Analysis of a widely accepted explanation. *CHEMKON*.
- [7] Adamson, A. W. (1973). *Textbook of Physical Chemistry*. London: Academic Press.

eine 1-molare Salzsäure müssen 100mL der 37%igen Salzsäure auf 1L aufgefüllt werden.

7 Anhang

7.1 Vorschlag für eine Verlaufsplanung

Einheit 1: Säure-Base-Reaktionen

Unterrichtsphase	Inhalt	Schüler:innen-Aktivität	Aktivität Lehrperson	Sozialform / Methode	Material / Medien
Einstiegsphase	Arten von Teilchen	MindMap: Beispiele für „Säuren“ und „Basen“ im Alltag, Unterschiede zwischen „Säuren“ und „Basen“ im Alltag und im Chemieunterricht erarbeiten	MindMap ergänzen, gemeinsame MindMap produzieren, auf Unterschiede Stoff-Teilchen hinarbeiten	Think – Pair – Share, Plenum	Arbeitsblatt 1.1
	Arten von Teilchen, Darstellungsformen von Teilchen	verschiedene Darstellungsformen von Teilchen erarbeiten		Unterrichtsgespräch, Plenum	Folie 1-2
Arbeitsphase	Säure-Base-Reaktion definieren	Animation der Säure-Base-Reaktion ansehen		Einzelarbeit ODER Plenum	Folie 3-12
		Text überfliegen, lesen, diskutieren und zusammenfassen		5-Schritte-Lesemethode	Arbeitsblatt 1.2 Folie 3-12
	Säure-Base-Reaktion definieren	Definition formulieren			
	Säure-Base-Reaktionen mittels LEGO® darstellen	LEGO®-„Legende“ erarbeiten: Was ist die Säure? Was ist die Base? Noppen der Steine für Valenzelektronen? Platten zur Ausbildung von Bindungen?		Plenum	2X4 LEGO® Steine, 1X2 LEGO® Platte mit 2 Noppen, 1X1 LEGO® Stein
Säure-Base-Reaktionen mit LEGO® bauen und fotografieren			Einzelarbeit / Partnerarbeit		
Abschlussphase			gemeinsame „Reaktionsgleichung“ mit LEGO® bauen	Plenum	

Einheit 2: Säure & Base

Unterrichtsphase	Inhalt	Schüler:innen-Aktivität	Aktivität Lehrperson	Sozialform / Methode	Material / Medien
Einstiegsphase	Säure-Base-Reaktion mit EPF	Reaktionsgleichung analysieren		Zweiergruppen	Arbeitsblatt 2.1 Folie 13
Arbeitsphase	Säure und Base definieren	Text überfliegen, lesen und zusammenfassen		5-Schritte-Lesemethode	
		Definition formulieren			
	Beispiele für Säure-Base-Reaktionen	Reaktionsgleichungen aufstellen, Elektronenpaare etc. in Farbe darstellen	unterstützen, Hilfekärtchen zur Verfügung stellen	Zweiergruppen	Arbeitsblatt 2.2 Hilfekärtchen
	Vergleichen und Ergebnisse diskutieren	Moderation (keine richtigen Antworten geben!)	Zweiergruppen, Plenum		
Abschlussphase			Zusammenfassung / Ausblick		

Einheit 3: Reversible Reaktionen

Unterrichtsphase	Inhalt	Schüler:innen-Aktivität	Aktivität Lehrperson	Sozialform / Methode	Material / Medien
Einstiegsphase	Reversibilität von Reaktionen	diskutieren, Wortbedeutung klären	Fragestellung aufwerfen: Was bedeutet reversibel ?	Plenum, Partnerarbeit	
Arbeitsphase	Modellversuch chemisches Gleichgewicht	Koordinatensystem zeichnen		Einzelarbeit / Zweiergruppen	Arbeitsblatt 3.1 Folie 14-15 Bechergläser Wasser Lebensmittelfarbe Glasrohre (verschiedene Durchmesser)
		Versuche durchführen			
		Lösungen diskutieren		Zweiergruppen, Plenum	
	Chemisches Gleichgewicht	lesen, Lückentext ausfüllen		Einzelarbeit	Arbeitsblatt 3.2 Herleitung MWG
		vergleichen		Plenum	
	MWG, Gleichgewichtskonstante K		MWG aufstellen / wiederholen		
		K Werte und Graphen zuordnen		Einzelarbeit / Zweiergruppen	Arbeitsblatt 3.3 Folie 16-17
vergleichen		Unterrichtsgespräch, Plenum			
Reversibilität von S-B-Reaktionen		S-B-Reaktionen als reversibel einführen / Reversibilität mittels Pfeildarstellung erklären	Unterrichtsgespräch, Plenum	Folie 18-21	
Abschlussphase	Darstellungsformen von Teilchen		Becherglasmodell als Voraussetzung für die Darstellung reversibler Reaktionen einführen	Unterrichtsgespräch, Plenum	Folie 22

Einheit 4: Säurestärke, Basenstärke

Unter-richts-phase	Inhalt	Schüler:innen-Aktivität	Aktivität Lehrperson	Sozialform / Methode	Material / Medien	
Einstiegs-phase	Darstellungsformen von Teilchen		Becherglasmodell als Voraussetzung für die Darstellung reversibler Reaktionen einführen	Plenum	Folie 22	
Arbeits-phase	Becherglasmodelle starker und schwacher S & B	Legende für die in den Becherglasmodellen vorhandenen Teilchen erstellen		Einzelarbeit	Folie 23-26 Arbeitsblatt 5.1	
Arbeits-phase Ab-schluss-phase	Becherglasmodelle starker und schwacher S & B Säurekonstante, Basenkonstante	diskutieren, analysieren, vergleichen	Becherglasmodelle vorstellen, Präsentation zur Verfügung stellen	Plenum, Partnerarbeit	Folien 27-43	
		Text überfliegen, lesen und absatzweise zusammenfassen		5-Schritte-Lesemethode	Arbeitsblatt 5.1	
		Definitionen vergleichen		5-Schritte-Lesemethode	Arbeitsblatt 5.1	
		Aufgaben zu I ⁻ und HBr lösen			Plenum	Arbeitsblatt 5.1
		Aufgaben diskutieren und vergleichen			Plenum	Folie 44-45
		MWG für Säurestärke und Basenstärke herleiten, K _a und K _b definieren			Plenum	Arbeitsblatt 5.2 Herleitung K _a /K _b
	Säurekonstante, Basenkonstante Säurekonstante, Basenkonstante	Lückentext zur pK _a -Tabelle ausfüllen			Einzelarbeit	Arbeitsblatt 5.2 pK _a -Tabelle
		vergleichen			Unterrichtsgespräch, Plenum	Arbeitsblatt 5.2 Arbeitsblatt 5.3 Folien 45-47
		pK _a -Tabelle als Hilfsmittel zum Aufstellen von Säure-Base-Reaktionsgleichungen vorstellen nützlich, um Becherglasmodelle zu interpretieren (Folie 19-20, siehe Notizen zu den Folien) und S-B-Reaktionen aufzustellen		Unterrichtsgespräch, Plenum		

	S-B-Reaktionen und pK_a -Tabelle	Ergebnisse mit Arbeitsblatt 2.2 vergleichen		Zweiergruppen	Arbeitsblatt 2.2 Arbeitsblatt 5.3 pK_a -Tabelle Folie 47
		Ergebnisse diskutieren, $NH_3 + H_2O$ und $HCl + H_2O$ auflösen		Unterrichtsgespräch, Plenum	
		Ergebnisse diskutieren, $NH_3 + H_2O$ und $HCl + H_2O$ auflösen		Plenum	

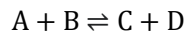
Einheit 5: Leitfähigkeit 1 – Phet Simulation

Unterrichtsphase	Inhalt	Schüler:innen-Aktivität	Aktivität Lehrperson	Sozialform / Methode	Material / Medien
Einstiegsphase	Phet Simulation saurer und basischer Lösungen		Simulation + Tools vorstellen	Plenum	https://phet.colorado.edu/sims/html/acid-base-solutions/latest/acid-base-solutions_de.html
Arbeitsphase		Simulationen durchführen, Tabelle ausfüllen		Einzelarbeit / Zweiergruppen	Arbeitsblatt 6.1 Lösung
		Ergebnisse diskutieren		Zweiergruppen	
		vergleichen		Zweiergruppen / Plenum	
Abschlussphase			Zusammenfassung: Welche Ionen? Wann wie viele? Warum leuchtet die Lampe?	Unterrichtsgespräch, Plenum	

Einheit 6: Leitfähigkeit 2 – Versuch

Unterrichtsphase	Inhalt	Schüler:innen-Aktivität	Aktivität Lehrperson	Sozialform / Methode	Material / Medien
Einstiegsphase	Versuchsaufbau		Versuchsaufbau vorstellen, Material ausgeben	Unterrichtsgespräch, Plenum	Folie 48 Versuchsmaterial (3 Bechergläser mit Wasser, Salzsäure, Hydrogencarbonat-Lösung, Kabel, Krokodilklemmen, Elektroden, 9-Volt-Blockbatterie, Diode)
Arbeitsphase	Versuchsdurchführung	Vermutungen zu den Lösungen aufstellen → kein Unterschied mit bloßem Auge erkennbar		Zweiergruppen	Arbeitsblatt 6.2 Versuchsmaterial
		Leitfähigkeit der 3 Lösungen mittels Diode bestimmen, Tabelle/Protokoll ausfüllen			
		Ergebnisse diskutieren			
		vergleichen		Unterrichtsgespräch, Plenum	Arbeitsblatt 6.2 Lösung
Abschlussphase			Zusammenfassung: Welche Ionen? Wann wie viele? Warum leuchtet die Lampe?	Unterrichtsgespräch, Plenum	

7.2 Herleitung des Massenwirkungsgesetzes



Reaktionsgeschwindigkeit der Hinreaktion: $v_{\text{hin}} = c(A) * c(B) * k_{\text{hin}}$

Reaktionsgeschwindigkeit der Rückreaktion: $v_{\text{rück}} = c(C) * c(D) * k_{\text{rück}}$

$c(A), c(B), c(C), c(D)$... Stoffmengenkonzentrationen von A, B, C und D

$$c(B) = \frac{n(B)}{V}, c(C) = \frac{n(C)}{V}, c(D) = \frac{n(D)}{V}, c(A) = \frac{n(A)}{V}$$

$n(A), n(B), n(C), n(D)$... Stoffmengen von A, B, C und D

V ... Gesamtvolumen

$k_{\text{hin}}, k_{\text{rück}}$... Geschwindigkeitskonstanten der Hin – und Rückreaktion

Im Gleichgewicht gilt:

$$v_{\text{hin}} = v_{\text{rück}}$$

$$c(A) * c(B) * k_{\text{hin}} = c(C) * c(D) * k_{\text{rück}} \quad | \div k_{\text{rück}}$$

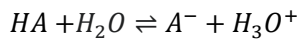
$$c(A) * c(B) * \frac{k_{\text{hin}}}{k_{\text{rück}}} = c(C) * c(D) \quad | \div c(A) * c(B)$$

$$\frac{k_{\text{hin}}}{k_{\text{rück}}} = \frac{c(C)*c(D)}{c(A)*c(B)}, \quad \frac{k_{\text{hin}}}{k_{\text{rück}}} = K$$

MWG: $K = \frac{c(C)*c(D)}{c(A)*c(B)}$

7.3 Herleitung der Säurekonstante K_a , der Basenkonstante K_b und dem Ionenprodukt des Wassers

Für Säuren gilt:



Massenwirkungsgesetz wird angewendet: $K = \frac{c(H_3O^+) \cdot c(A^-)}{c(HA) \cdot c(H_2O)}$

Annahme: Konzentration der Wassermoleküle bleibt konstant!

$$K_a = K \cdot c(H_2O) = \frac{c(H_3O^+) \cdot c(A^-)}{c(HA)}$$

$$pK_a = -\log_{10} \left(K_a \cdot 1 \frac{L}{mol} \right) = -\log_{10} \left(\frac{c(H_3O^+) \cdot c(A^-)}{c(HA)} \cdot 1 \frac{L}{mol} \right)$$

Für **starke** Säuren gilt: $c(H_3O^+) = c(A^-)$

$$pK_a = -\log_{10} \left(\frac{c(H_3O^+)^2}{c(HA)} \cdot 1 \frac{L}{mol} \right)$$

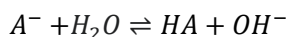
Für **schwache** Säuren gilt: $c(HA) \approx c_0(HA)$

$$pK_a = -\log_{10} \left(\frac{c(H_3O^+)^2}{c_0(HA)} \cdot 1 \frac{L}{mol} \right)$$

Für **mittelstarke** Säuren gilt: $c(HA) = c_0(HA) - c(H_3O^+)$

$$pK_a = -\log_{10} \left(\frac{c(H_3O^+)^2}{c_0(HA) - c(H_3O^+)} \cdot 1 \frac{L}{mol} \right)$$

Für Basen gilt:



Massenwirkungsgesetz wird angewendet: $K = \frac{c(HA) \cdot c(OH^-)}{c(A^-) \cdot c(H_2O)}$

Annahme: Konzentration der Wassermoleküle bleibt konstant!

$$K_b = K \cdot c(H_2O) = \frac{c(HA) \cdot c(OH^-)}{c(A^-)}$$

$$pK_b = -\log_{10} \left(K_b \cdot 1 \frac{L}{mol} \right) = -\log_{10} \left(\frac{c(HA) \cdot c(OH^-)}{c(A^-)} \cdot 1 \frac{L}{mol} \right)$$

Zusammenhang zwischen Säurestärke und Basenstärke über das Ionenprodukt des Wassers:

$$K_a * K_b = \frac{c(H_3O^+) * c(A^-)}{c(HA)} * \frac{c(HA) * c(OH^-)}{c(A^-)} = c(H_3O^+) * c(OH^-)$$

Nach IUPAC⁹ gilt bei 25°C für reines Wasser:

$$K_a * K_b = K_w = c(H_3O^+) * c(OH^-) = 1.0 * 10^{-7} \frac{mol}{L} * 1.0 * 10^{-7} \frac{mol}{L} = 1.0 * 10^{-14} \frac{mol^2}{L^2}$$




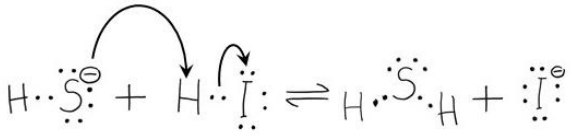

Ionenprodukt des Wassers: $K_w = 1.0 * 10^{-14} \frac{mol^2}{L^2}$

$$pK_w = -\log_{10}\left(1.0 * 10^{-14} \frac{mol^2}{L^2} * 1 \frac{L^2}{mol^2}\right)$$

Zusammenhang zwischen Säurestärke und Basenstärke: $pK_w = pK_a + pK_b = 14$

⁹ Quelle: IUPAC. (2006/2019). Autoprotolysis constant. *IUPAC Compendium of Chemical Terminology* (3. Auflage, Onlineversion 3.0.1). <https://doi.org/10.1351/goldbook.A00532>

7.4 Hilfekarten

<p>1. Iodwasserstoff-Molekül HI und Hydrogensulfid-Ion HS⁻</p> <p>Abbildung 2 kann als Beispiel für das Aufstellen von Säure-Base-Reaktionen verwendet werden.</p>	
<p>1. Iodwasserstoff-Molekül HI und Hydrogensulfid-Ion HS⁻</p> <p>Der Anfang der Reaktionsgleichung sieht so aus:</p> $\text{HI} + \text{HS}^- \rightleftharpoons$	
<p>1. Iodwasserstoff-Molekül HI und Hydrogensulfid-Ion HS⁻</p> <p>Die Reaktionsgleichung ohne eingezeichnete Elektronen sieht so aus:</p> $\text{HI} + \text{HS}^- \rightleftharpoons \text{I}^- + \text{H}_2\text{S}$	
<p>1. Iodwasserstoff-Molekül HI und Hydrogensulfid-Ion HS⁻</p> 	

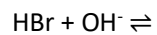
2. Bromwasserstoff-Molekül HBr und Hydroxid-Ion OH⁻

Abbildung 2 kann als Beispiel für das Aufstellen von Säure-Base-Reaktionen verwendet werden.



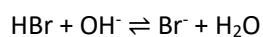
2. Bromwasserstoff-Molekül HBr und Hydroxid-Ion OH⁻

Der Anfang der Reaktionsgleichung sieht so aus:

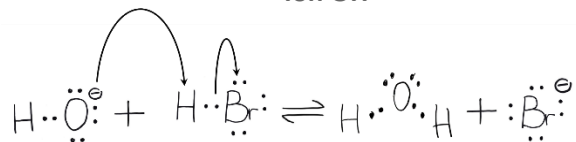


2. Bromwasserstoff-Molekül HBr und Hydroxid-Ion OH⁻

Die Reaktionsgleichung ohne eingezeichnete Elektronen sieht so aus:



2. Bromwasserstoff-Molekül HBr und Hydroxid-Ion OH⁻



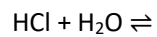
3. Chlorwasserstoff-Molekül HCl und Wassermolekül H₂O

Abbildung 2 kann als Beispiel für das Aufstellen von Säure-Base-Reaktionen verwendet werden.



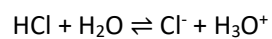
3. Chlorwasserstoff-Molekül HCl und Wassermolekül H₂O

Der Anfang der Reaktionsgleichung sieht so aus:

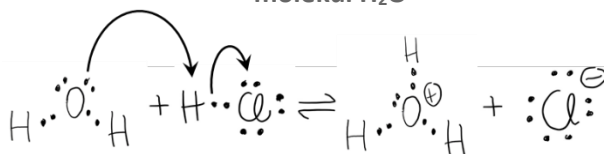






3. Chlorwasserstoff-Molekül HCl und Wassermolekül H₂O

Die Reaktionsgleichung ohne eingezeichnete Elektronen sieht so aus:



3. Chlorwasserstoff-Molekül HCl und Wassermolekül H₂O



<p>4. Ammoniak-Molekül NH₃ und Wassermolekül H₂O</p> <p>Abbildung 2 kann als Beispiel für das Aufstellen von Säure-Base-Reaktionen verwendet werden.</p>	
<p>4. Ammoniak-Molekül NH₃ und Wassermolekül H₂O</p> <p>Der Anfang der Reaktionsgleichung sieht so aus:</p> $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons$	
<p>4. Ammoniak-Molekül NH₃ und Wassermolekül H₂O</p> <p>Die Reaktionsgleichung ohne eingezeichnete Elektronen könnte so aussehen:</p> $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ <p>Oder so:</p> $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_2^- + \text{H}_3\text{O}^+$	
<p>4. Ammoniak-Molekül NH₃ und Wassermolekül H₂O</p> <p>Diese Reaktionsgleichung können wir mit aktuellem Wissensstand noch nicht genau lösen. Aber keine Sorge: Die Informationen folgen!</p>	

7.5 Benötigtes Material

Säure-Base-Reaktionen auf der Teilchenebene

- Arbeitsblätter 1.1 und 1.2
- Folien 1-12
- LEGO®: 2X4 Steine, 1X1 Steine, 1X2 Platten zur Darstellung von Säure, Base und Valenzelektronen

Säure & Base definieren

- Arbeitsblätter 2.1 und 2.2
- Hilfekärtchen
- Folie 13

Wiederholung reversibler Reaktionen

- Arbeitsblatt 3.1 + Folie 14-15
- Arbeitsblatt 3.2
- Arbeitsblatt 3.3 + Folie 16-17
- Herleitung MWG
- Bechergläser, Wasser, Glasrohre, evtl. Lebensmittelfarbe zum Einfärben von Wasser

Säure-Base-Reaktionen als reversible Reaktionen

- Folie 18-21

Starke & schwache Säuren & Basen

- Arbeitsblatt 5.1 und 5.2
- Herleitung K_a/K_b
- pK_a -Tabelle (Folie 47)
- Folie 27-43 zum Darstellen der Säure- und Basenstärke
- Folie 44-46 als Transferaufgabe

Säurestärke, Basenstärke & Leitfähigkeit

- PhET Simulation https://phet.colorado.edu/sims/html/acid-base-solutions/latest/acid-base-solutions_en.html
- Arbeitsblätter 6.1 und 6.2
- Folie 22-26
- Versuchsmaterial:
 - Bechergläser mit Lösungen: Wasser, Salzsäure, Hydrogencarbonat-Lösung
 - Kabel
 - Krokodilklemmen
 - Elektroden (z. B. Zirkelminen, Bleistiftminen)

- 9-Volt-Blockbatterie oder 4,5-Volt-Blockbatterie
- Diode, evtl. mit Vorwiderstand
- Folie 48