

## DIFFERENZIERUNGSMATRIZEN

Werkzeuge für einen inklusiven Chemieunterricht?

Thema: Säuren und Basen



Friedrich-Schiller-Universität Jena  
Arbeitsgruppe Chemiedidaktik  
August-Bebel-Straße 2  
07743 Jena

Volker Woest  
Philipp Engelmann

Kontakt:



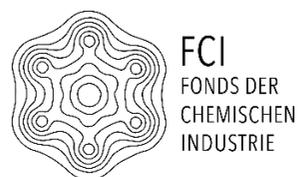
03641/9 48 49-5 oder -0



philipp.engelmann@uni-jena.de  
volker.woest@uni-jena.de



www.chemiedidaktik.uni-jena.de



## **Vorwort**

Das vorliegende Material ist eine Handreichung für alle Lehrerinnen und Lehrer, Studentinnen/Studenten sowie LAA des naturwissenschaftlichen Sekundarbereichs. Die hier enthaltenen Kopiervorlagen zum Thema *Säuren und Basen* sind für Chemieunterricht des Thüringer Lehrplans (2012) zusammengestellt und einzeln erprobt worden. Es handelt sich hierbei um die Darstellung in einer Differenzierungsmatrix. Wir freuen uns daher über Ihre Anregungen und Erfahrung zum unterrichtlichen Einsatz sowie über Änderungswünsche und Kritik an diesem Material.

Im ersten Teil der Handreichung finden Sie die Grundlagen zum inklusiven, naturwissenschaftlichen Unterricht und welche Umsetzungsstrategien eines solchen Unterrichts durch eine Differenzierungsmatrix erreicht werden können. Dieser Teil basiert auf der Staatsexamensarbeit

### ***Inklusion im Chemieunterricht mit Hilfe von Unterrichtsmatrizen zum Themenkomplex Erdöl und Erdgas***

Von Tina Schäfer (2018).

Im zweiten Teil finden Sie die Kopiervorlagen zu den einzelnen Experimenten und Lernstationen vor. Das Thema *Säuren und Basen* wurde gewählt, weil es exemplarisch für den Einsatz einer Differenzierungsmatrix im Chemieunterricht stehen kann und gleichzeitig zu den wichtigsten Grundlagen des Chemieunterrichts gehört. Die Matrix setzt sich aus fünf Themenschwerpunkten zusammen, wobei das letzte Thema (Organische Säuren) als Zusatz anzusehen ist, falls die Matrix sich nicht nur auf die anorganischen Säuren und Basen beziehen soll.

Die Differenzierungsmatrix zum Thema *Säuren und Basen* wurde mit Studierenden des 8. Fachsemesters erstellt. Besonderer Dank gilt daher neben Tina Schäfer den folgenden Personen:

Christoph Bley, Lennart Eßer, Martin Funk, Lucas Geitel, Tom Hetke, Corinna Marina Keil, Philip Kriegel, Lucas Krüger, Andreas Mauth, Laura Melcher, Melanie Müller-Schwefel, Willy Pfau, Hartmut Preuß, Erik Reinhold, Anna-Charlott Rinder, Isabell Sang, Julia Schmidt, Dennis Seifert, Franziska Steinau, Jonas Werker, Isabell Zöhke



## Inhalt

1 Einleitung .....	7
2 Grundlagen der Inklusion .....	8
2.1 Entstehung des Inklusionsbegriffs .....	8
2.2 Definition des Inklusionsbegriffs .....	9
2.3 Umsetzung der Inklusion in Deutschland .....	11
2.4 Probleme bei der Umsetzung der Inklusion .....	13
3 Inklusiver chemischer Unterricht.....	15
3.1 Inklusiver fächerunspezifischer Unterricht.....	17
3.2 Besonderheiten eines inklusiven Chemieunterrichts.....	19
4 Differenzierungsmatrizen.....	24
4.1 Didaktisch-methodische Grundlagen .....	26
4.1.1 Entwicklungslogische Didaktik nach Feuser .....	26
4.1.2 Lernstrukturgitter nach Kutzer .....	29
4.1.3 Weiterentwicklung des Lernstrukturgitters zur Differenzierungsmatrix.....	33
4.2 Anwendung in der Praxis .....	35
4.2.1 Kriterien für die Gestaltung.....	35
4.2.2 Vor- und Nachteile der Differenzierungsmatrix .....	38
Literaturverzeichnis .....	40



# 1 Einleitung

Seit dem Inkrafttreten der UN-Behindertenrechtskonvention (UN-BRK) im März 2009 ist der Begriff der Inklusion im öffentlichen und wissenschaftlichen Diskurs zum deutschen Schulsystem ein wichtiges Thema.<sup>1</sup> Dadurch sind die Bundesländer gesetzlich verpflichtet, ein inklusives Bildungssystem zu realisieren. Jedoch gestaltet sich die Umsetzung in der Unterrichtspraxis als schwierig, da in den Schulen bislang kaum Veränderungen stattfanden. So lassen die personellen (zusätzliches Personal durch Sonderpädagogen), materiellen (barrierefreie Zugänge und inklusive Unterrichtsmaterialien) sowie organisatorischen (Umstrukturierung des Arbeitsalltags) Rahmenbedingungen zu wünschen übrig. Außerdem gibt es kaum Weiter- bzw. Fortbildungen, so dass bei den Lehrern<sup>2</sup> durch das geringe Wissen über die Durchführung inklusiven Unterrichts Überforderung herrscht.

Dies allerdings liegt auch daran, dass kaum Konzepte und Methoden der Fachdidaktiken für inklusiven Unterricht vorhanden sind. Dies bestätigen Simone Abels und Silvija Markic auch im Jahr 2017 in ihrer Erhebung des Forschungsstandes für den Chemieunterricht:

*„Universelle Rezepte für einen inklusiven Chemieunterricht gibt es nicht, wohl aber einige wenige, zunehmend mehr praxiserprobte Ansätze, Methoden und Materialien für die Sekundarstufe, die Lehrpersonen Anregungen und Unterstützung bei der Umsetzung von bzw. Annäherung an Inklusion bieten können.“<sup>3</sup>*

Einer dieser Ansätze stellt das Konzept der Differenzierungsmatrix dar, bei dem ein Lerninhalt nach seiner thematischen und kognitiven Komplexität in Form einer Matrix dargestellt wird. Die entstehenden Felder entsprechen Aufgaben mit den zugehörigen Komplexitäten. Das Ziel der Matrizen ist eine alltagsnahe und herausfordernde Aufbereitung eines Lerngegenstandes durch Ausdifferenzierung aus unterschiedlichen

---

<sup>1</sup> Vgl. Böttinger, Traugott: Inklusion. Gesellschaftliche Leitidee und schulische Aufgabe, Stuttgart 2016, S. 18, auch Löser, Jessica M./Werning, Rolf: Inklusion: aktuelle Diskussionslinien, Widersprüche und Perspektiven, in: DDS - Die deutsche Schule 102 (2010), 2, S. 103-114.

<sup>2</sup> Um einen besseren Lesefluss zu garantieren, wird im Text nur die männliche Form für die Bezeichnung von Personen aufgeführt. Dennoch werden damit beide Geschlechtergruppen angesprochen. Für Schüler, Studenten und andere Personengruppen gilt dieses Vorgehen ebenfalls.

<sup>3</sup> Abels, Simone/Markic, Silvija: Inklusion – aber wie? Methoden und Materialien aus der Praxis für die Praxis, in: NiU-C 28 (2017), 162, S. 8-11, S. 8.

Perspektiven.<sup>4</sup> Die Möglichkeiten eines inklusiven Chemieunterrichts durch den Einsatz von Differenzierungsmatrizen soll nachfolgend beleuchtet werden.

## 2 Grundlagen der Inklusion

Inklusion stellt seit 1994 das wichtigste Ziel der internationalen Bildungspolitik dar.<sup>5</sup> Die PISA-Studie von 2003 und deren Ergebnisse, dass nicht alle Schüler unabhängig von ihrer sozialen Herkunft gleiche Chancen für ihren Schulabschluss besitzen, aktualisierte das Thema erneut.<sup>6</sup> Aber erst seit dem Inkrafttreten der UN-BRK 2009 ist das Ziel der Inklusion gesetzlich festgelegt. Da die Thematik in vielen Bereichen, wie z. B. Behinderten-, Migrations- und Flüchtlingspolitik sowie Soziologie oder Pädagogik, vertreten ist, wird der Begriff je nach Kontext und Ausrichtung verschieden verwendet und interpretiert.<sup>7</sup> So kann Inklusion als Prozess und Ziel, aber auch als Methode, Konzept oder pädagogische Implikation wahrgenommen werden.<sup>8</sup>

### 2.1 Entstehung des Inklusionsbegriffs

Seinen Ursprung besitzt der Begriff Inklusion in der Soziologie als Gegenbegriff zur Exklusion. Die Bezeichnung der Exklusion wurde wiederum in Frankreich in den 1980er Jahren in der politischen und wissenschaftlichen Debatte aufgrund der steigenden Arbeitslosigkeit, Armut und Einkommensungleichheit geprägt und verkörpert somit die soziale Ausgrenzung von gesellschaftlichen Randgruppen.<sup>9</sup> Exklusion und Inklusion stellen daher die gegensätzlichen Extrempunkte eines gemeinsamen Kontinuums dar. Seinen Weg ins Schulsystem fand der Begriff 1978 durch den britischen Warnock-Report. In diesem wurde der Ausdruck „handicap“ – Behinderung – durch „special

---

<sup>4</sup> Vgl. Sasse, Ada: Unterrichtsvorbereitung und Leistungseinschätzung im Gemeinsamen Unterricht, in: Peters, Susanne/ Widmer-Rockstroh, Ulla (Hrsg.): Gemeinsam unterwegs zur inklusiven Schule, Frankfurt 2014, S. 118-137.

<sup>5</sup> Vgl. UNESCO: Die Salamanca Erklärung und der Aktionsrahmen zur Pädagogik für besondere Bedürfnisse. Stand: 10. Juni 1994. URL: <https://www.unesco.de/fileadmin/medien/Dokumente/Bibliothek/salamanca-erklaerung.pdf> (abgerufen am 10.02.2018).

<sup>6</sup> Vgl. PISA-Konsortium Deutschland: PISA 2003: Kurzzusammenfassung der Ergebnisse. Stand: 2004. URL: [http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2004/Zusammenfassung\\_PISA\\_5.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2004/Zusammenfassung_PISA_5.pdf) (abgerufen am 19.02.2018).

<sup>7</sup> Vgl. Böttinger 2016, S. 18.

<sup>8</sup> Vgl. Böttinger 2016, S. 19.

<sup>9</sup> Vgl. Kronauer, Martin: Inklusion – Exklusion. Eine historische und begriffliche Annäherung an die soziale Frage der Gegenwart, in: Kronauer, Martin (Hrsg.): Inklusion und Weiterbildung. Reflexionen zur gesellschaftlichen Teilhabe in der Gegenwart, Bielefeld 2010, S. 24-58.



education need“<sup>10</sup> – besondere Förderbedürfnisse – ersetzt. Zu dieser Gruppe gehören neben den Schülern mit Förderbedarf ebenfalls Schüler mit anderen Schwierigkeiten im Alltag, wie z. B. Lernschwierigkeiten, Schwierigkeiten im Bereich der Sprache oder der emotionalen und sozialen Entwicklung.

2006 verabschiedete die Generalversammlung der Vereinten Nationen das „Übereinkommen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen“<sup>11</sup> (UN-BRK), welches Menschen mit Behinderungen als selbstbestimmte Individuum akzeptiert und geeignete Gesetzgebungs- sowie Verwaltungsmaßnahmen zur Umsetzung der Rechte von Menschen mit Behinderungen beinhaltet. Artikel 24 Abschnitt (1) bezieht sich dabei speziell auf Bildung und einem gemeinsamen Unterricht aller Schüler:

*„Die Vertragsstaaten anerkennen das Recht von Menschen mit Behinderungen auf Bildung. Um dieses Recht ohne Diskriminierung und auf der Grundlage der Chancengleichheit zu verwirklichen, gewährleisten die Vertragsstaaten ein integratives Bildungssystem auf allen Ebenen [...]“<sup>12</sup>*

Mit der UN-BRK verpflichtete sich somit auch Deutschland, eine „Schule für alle“ in jedem Bundesland zu garantieren. Aus diesem Grund ist die Thematik einer inklusiven Schule spätestens seit 2009 fester Bestandteil der deutschen Bildungspolitik.

## 2.2 Definition des Inklusionsbegriffs

Um die Begriffsbestimmung von Inklusion in dieser Arbeit zu verstehen, wird Inklusion zunächst aus politischer und soziologischer Perspektive betrachtet. Diese Betrachtungsweise stellt auch den Hauptgrund für den Inklusionsgedanken dar. Im politischen Sinne bezieht sich Inklusion auf das Grundgesetz, wonach alle Menschen vor dem Gesetz gleich sind und niemand aufgrund seiner Behinderung benachteiligt werden darf.<sup>13</sup> Deshalb bedeutet Inklusion für das Institut für Menschenrechte, „dass kein Mensch ausgeschlossen, ausgegrenzt oder an den Rand gedrängt werden darf.“<sup>14</sup>

---

<sup>10</sup> Committee of Enquiry into the Education of Handicapped Children and Young People: The Warnock Report. Special Educational Needs, London 1978, S. 36-49, S. 37.

<sup>11</sup> UN-Generalversammlung: Übereinkommen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen. Stand: 13. Dezember 2006. URL: [https://www.institut-fuer-menschenrechte.de/fileadmin/user\\_upload/PDF-Dateien/Pakte\\_Konventionen/CRPD\\_behindertenrechtskonvention/crpd\\_b\\_de.pdf](https://www.institut-fuer-menschenrechte.de/fileadmin/user_upload/PDF-Dateien/Pakte_Konventionen/CRPD_behindertenrechtskonvention/crpd_b_de.pdf) (abgerufen am 10.02.2018).

<sup>12</sup> UN-Generalversammlung 2006, S. 15.

<sup>13</sup> Vgl. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland. Stand: 13. Januar 2017. URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/gg/GG.pdf> (abgerufen am 09.02.2018).

<sup>14</sup> Deutsches Institut für Menschenrechte: Online-Handbuch Inklusion als Menschenrecht, Stand: 2018. URL: <http://www.inklusion-als-menschenrecht.de/> (abgerufen am 09.02.2018).



Soziologisch gesehen wird der Begriff auf die Gesellschaft bezogen und als „verschiedene Partizipationsmöglichkeiten und -schwierigkeiten des Individuums in der modernen, funktional differenzierten Gesellschaft“<sup>15</sup> formuliert. Diese Bezeichnung spricht damit auch den Gedanken der Differenzierung an, welcher für inklusiven Unterricht sehr wichtig ist.

Beide Definitionen bilden die Grundlage für die pädagogische Begriffsbestimmung von Inklusion, indem der Gedanke der Teilhabe und somit auch der fehlenden Ausgrenzung auf die Institution Schule bezogen werden. Aus Sicht der Pädagogik bedeutet Inklusion „Veränderung und einen nicht endenden Prozess von gesteigertem Lernen und zunehmender Teilhabe aller SchülerInnen“<sup>16</sup> oder auch, dass „allen Menschen das gleiche volle Recht auf individuelle Entwicklung und soziale Teilhabe ungeachtet ihrer persönlichen Unterstützungsbedürfnisse zugesichert [wird]“<sup>17</sup>.

Manche Autoren beziehen sich in ihrer Definition auch direkt auf die Abgrenzung zur Integration. So bezeichnet Sander Inklusion als eine „rückbesinnende, von Fehlformen bereinigte, optimierte Integration“<sup>18</sup>. Sander beschreibt beispielhaft die Unterschiede zwischen Integration und Inklusion anhand der schulischen Handhabung:

*„Integration: Behinderte Kinder können mit sonderpädagogischer Unterstützung Allgemeine Schulen besuchen. Inklusion: Alle behinderten Kinder besuchen wie alle anderen Kinder mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen Allgemeine Schulen, welche die Heterogenität ihrer Schülerinnen und Schüler schätzen und im Unterricht fruchtbar machen“<sup>19</sup>*

Dabei betont Sander als speziellen Unterschied zwischen Integration und Inklusion die Akzeptanz der Heterogenität der Schüler, welche neben den Förderschwerpunkten z. B. auch Unterschiede in der Herkunft, Religion oder dem Geschlecht beinhalten. Trotz der Aufhebung räumlicher Trennung herrscht bei der Integration eine 2-Gruppen-Theorie durch die Einteilung in förderbedürftige und nicht förderbedürftige Schüler vor.<sup>20</sup> Das bedeutet, dass die Mehrheit der Gesellschaft homogen ist und so muss sich das

---

<sup>15</sup> Speck, Otto: Schulische Inklusion aus heilpädagogischer Sicht. Rhetorik und Praxis, München 2010, S. 60.

<sup>16</sup> Boban, Ines/Hinz, Andreas: Index für Inklusion. Lernen und Teilhabe in der Schule der Vielfalt entwickeln. Stand: 2003. URL: [https://fgds.saarland.de/dokumente/thema\\_bildung/Index\\_fuer\\_Inklusion.pdf](https://fgds.saarland.de/dokumente/thema_bildung/Index_fuer_Inklusion.pdf) (abgerufen am 09.02.2018), S. 10.

<sup>17</sup> Hinz, Andreas: Inklusion, in: Antor, Georg/Bleidick, Ulrich (Hrsg.): Handlexikon der Behindertenpädagogik, Stuttgart 2006a, S. 97–99, S. 98.

<sup>18</sup> Sander, Alfred: Konzepte einer Inklusiven Pädagogik, in: Zeitschrift für Heilpädagogik (2004), 5, S. 240-244, S. 242.

<sup>19</sup> Sander 2004, S. 243.

<sup>20</sup> Vgl. Tiemann, Heike: Inklusion, in: Schmidt, Werner u. a. (Hrsg.): Dritter Deutscher Kinder- und Jugendsportbericht. Kinder- und Jugendsport im Umbruch, Schorndorf 2015.



Individuum an das System anpassen. Bei der Inklusion hingegen passen sich System und Umwelt an das Individuum an, da die Akzeptanz einer heterogenen Gesellschaft besteht. Jedes Individuum stellt somit ein Teil des Ganzen dar, sodass die Auffassung einer 1-Gruppen-Theorie vertreten wird.

### 2.3 Umsetzung der Inklusion in Deutschland

Durch die föderalistische Organisation des Bildungswesens in Deutschland herrscht ein breites Kontinuum der Umsetzung und des Verständnisses von Inklusion in den einzelnen Bundesländern und Schulen. So werden Förderschwerpunkte nach unterschiedlichen Merkmalen diagnostiziert und die Relevanz des gemeinsamen Unterrichts besitzt eine unterschiedliche Gewichtung.<sup>21</sup>

Die Bertelsmann Stiftung veröffentlichte 2015 jedoch einen Versuch des Vergleichs der Umsetzung von Inklusion in deutschen Schulen aufgrund der erhobenen Daten aus den Veröffentlichungen der Kultusministerkonferenz des Schuljahres 2013/14.<sup>22</sup> Die wichtigsten Erhebungen sind in Abbildung 1 zusammengefasst.

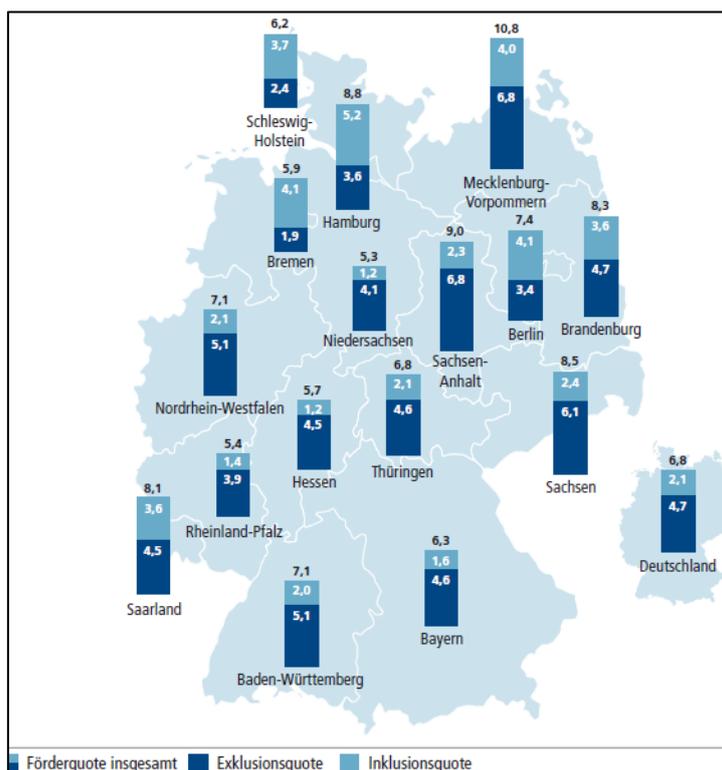


Abb. 1: Daten der Bertelsmann Stiftung 2015 zur Umsetzung der Inklusion in Deutschland (Klemm 2015, S. 31)

<sup>21</sup> Vgl. Böttinger 2016, S. 95.

<sup>22</sup> Vgl. Klemm, Prof. Dr. phil. Klaus: Inklusion in Deutschland. Daten und Fakten, Gütersloh 2015.

Es stellte sich heraus, dass der Anteil an Schülern mit Förderbedarf im Verhältnis zur Gesamtzahl der Schüler aller deutschen Schulen bis zur 10. Klasse (Förderquote) seit dem Schuljahr 2008/09 kontinuierlich steigt, da immer öfter sonderpädagogischer Förderbedarf diagnostiziert wird.<sup>23</sup> So betrug der Anteil im Schuljahr 2008/09 6,0 %, während er bis zum Schuljahr 2013/14 auf 6,8 % marginal angestiegen ist. Diese Daten sollten jedoch kritisch betrachtet werden, da ein Anstieg von 0,8 % in sechs Jahren sehr gering und kaum aussagekräftig ist. Eine weitere Erhebung findet in Form des Inklusionsanteils statt. Er beschreibt das Verhältnis der Schüler mit Förderbedarf an allgemeinen Schulen zu denen an Förderschulen. Es werden demzufolge in Deutschland 31,4 % aller Schüler mit Förderbedarf an allgemeinen Schulen unterrichtet. Dabei fiel auf, dass in den Bundesländern im Norden von Deutschland mehr förderbedürftige Schüler an allgemeinen Schulen unterrichtet werden als in den südlichen Bundesländern. Auch ist anzumerken, dass die inklusive Beschulung an allgemeinen Schulen vom jeweiligen Förderschwerpunkt abhängt. So besitzen z. B. 50,2 % der inklusiv unterrichteten Schüler den Förderschwerpunkt emotionale und soziale Entwicklung, während nur 7,9 % dieser Schüler unter den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung fallen.<sup>24</sup>

Die wichtigste Erhebung für die Umsetzung der Inklusion ist die Exklusionsquote. Sie gibt den Anteil der Schüler an Förderschulen im Vergleich zu allen deutschen Schülern an. Dieses Verhältnis soll laut der UN-BRK möglichst geringgehalten werden bzw. gegen Null tendieren, da so das angestrebte Ziel eines gemeinsamen Unterrichts aller Schüler aufgezeigt würde. Die Exklusionsquote betrug jedoch im Schuljahr 2013/14 4,7 % und ist im Gegensatz zu 2008/09 nur um 0,2 % gesunken. Es werden demzufolge immer noch knapp 5 % aller Schüler an Förderschulen exklusiv unterrichtet. Dieser geringe Unterschied ist jedoch durch die vermehrte Diagnostik von sonderpädagogischen Förderbedarf und der damit steigenden Anzahl an Schülern mit Förderbedarf begründet. Die Studie zeigt weiterhin deutliche Unterschiede zwischen einzelnen Bundesländern. So besitzt Bremen z. B. eine Exklusionsquote von 1,9 %, während in Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt eine Quote von 6,8 % ermittelt wurde. Über die Bildungsstufen hinweg ist auffällig, dass der Inklusionsanteil mit zunehmender Bildungsstufe abnimmt. So gehen zwei Drittel aller Kinder mit Förderbedarf in eine

---

<sup>23</sup> Vgl. Klemm 2015, S. 37.

<sup>24</sup> Vgl. Klemm 2015, S. 28-30.

allgemeine früh- bzw. vorschulpädagogische Einrichtung, während in Sekundarstufe I nur noch 22 % in allgemeinen Schulen unterrichtet werden.<sup>25</sup>

Zusammenfassend ist anzumerken, dass die statistischen Daten nicht vollständig aussagekräftig sind. Gemeinsame Beschulung bedeutet nicht unbedingt inklusiver Unterricht. Sie können ebenfalls lediglich integrativ, wie es z. B. in speziellen Inklusionsklassen der Fall ist, unterrichtet werden. Mit diesen Erhebungen wird lediglich die Quantität und nicht, die für einen erfolgreichen inklusiven Unterricht erforderliche und allen Schülern bereichernde, Qualität beschrieben.<sup>26</sup> Weiterhin ist es nicht gesetzlich vorgeschrieben, einen Förderschwerpunkt festzustellen, sodass viele Eltern in den ersten Schuljahren auf die Feststellung verzichten, um ihren Kindern eine Aussonderung zu ersparen.<sup>27</sup>

## 2.4 Probleme bei der Umsetzung der Inklusion

Inklusive Entwicklungen sind immer abhängig von „strukturellen Vorgaben und historisch-gesellschaftlichen Bedingungen in nationalen bzw. regionalen Kontexten“<sup>28</sup>. Dies bedeutet für Deutschland strukturelle Selektivität in Form des dreigliedrigen Schulsystems und die damit verbundene Einteilung in homogenere Lerngruppen.<sup>29</sup> Diese Struktur entspricht dem Gegenteil gemeinsamer Beschulung. Schleicher stellt fest, dass aus diesem Grund in keinem anderen Land „die Variabilität der Schulleistungen so groß wie in Deutschland ist“<sup>30</sup>.

Die Leistung an sich stellt in Deutschland einen zentralen gesellschaftlichen Bezugspunkt dar, der eine Verteilung von Macht und Gütern nach individuell erbrachter Leistung impliziert. In solch einer Leistungsgesellschaft führt höhere Leistung zu einer höheren gesellschaftlichen Position bzw. zu mehr ökonomischen Möglichkeiten. Dieser teilweise problematische Gedanke ist auch im Schulsystem verankert: Wer mehr Leistung vollbringt, erreicht einen höheren Bildungsgang mit dem entsprechenden Abschluss und besitzt somit andere Möglichkeiten.<sup>31</sup> Aufgrund dieses Drucks

---

<sup>25</sup> Vgl. Böttinger 2016, S. 105.

<sup>26</sup> Vgl. Ahrbeck, Bernd: Inklusion. Eine Kritik, Stuttgart 2016.

<sup>27</sup> Vgl. Klemm 2015, S. 29.

<sup>28</sup> Werning, Rolf: Inklusion, in: Horn, Klaus-Peter u. a. (Hrsg.): Klinkhardt Lexikon Erziehungswissenschaft, Bad Heilbrunn 2012, S. 84-85, S. 85.

<sup>29</sup> Vgl. Löser/Werning 2010, S. 106.

<sup>30</sup> Schleicher, Andreas: Anforderungen an ein zukunftsfähiges Bildungssystem aus internationaler Sicht, in: DDS - Die deutsche Schule 100 (2008), 1, S. 43-55, S. 44.

<sup>31</sup> Vgl. Sturm, Tanja: Inklusion: Kritik und Herausforderung des schulischen Leistungsprinzips. URL: <http://www.budrich-journals.de/index.php/ew/article/viewFile/24363/21233> (abgerufen am 11.02.2018).

wiederholen viele Schüler in Deutschland Klassen oder wechseln Schulformen.<sup>32</sup> Jedoch ist schulischer Erfolg nicht allein von individueller Leistung abhängig, sondern auch von anderen Faktoren, wie z. B. Motivation und Interesse oder auch dem sozio-ökonomischen Hintergrund. Demzufolge ist diese Auffassung unvollkommen.

Soll allerdings in diesem dreigliedrigen Schulsystem der deutschen Leistungsgesellschaft gemeinsamer Unterricht durchgeführt werden, erleichtern einige Rahmenbedingungen die Umsetzung. Da es keine grundlegenden pädagogischen Handlungsmodelle für inklusiven Unterricht gibt, sollte jede Schule individuelle Konzepte zur Durchführung inklusiven Unterrichts entwickeln. Oftmals werden deshalb andere aktuelle Modelle, wie fächerübergreifender Unterricht oder Freiarbeit, übernommen, was jedoch problematisch werden kann. Für eine erfolgreiche inklusive Nutzung stellen sie lediglich Anregungen dar, die eine Weiterentwicklung benötigen.<sup>33</sup> Für die Absprache und den Austausch individueller Konzepte und Erfahrungen im gemeinsamen Unterricht mit den Kollegen eignen sich bestimmte Zeiten während der Arbeitszeit. Weiterhin stellen große Lerngruppen ein Hindernis für einen inklusiven Unterricht dar. Demzufolge hilft die Minimierung der Klassengröße. Allerdings benötigt diese Maßnahme genügend Personal und finanzielle Ressourcen, welche in vielen Schulen nicht gegeben sind. Da die heutigen Lehrer meist für annähernd homogene Lerngruppen ausgebildet wurden, sind sie häufig von der Planung eines gemeinsamen Unterrichts aufgrund des geringen Wissens über Inklusion überfordert. Aus diesem Grund stellen Fort- und Weiterbildungen zur Umsetzung inklusiven Unterrichts eine wichtige Voraussetzung dar. Außerdem gibt es keine gemeinsamen Lehrpläne für heterogene Gruppen, sodass die Lernziele für die jeweiligen Schüler unklar sind bzw. aus den Lehrplänen für die jeweiligen Förderschwerpunkte sowie den jeweiligen Schulformen herausgesucht werden müssen.<sup>34</sup> Damit auch Schüler mit körperlichen Beeinträchtigungen jeden Ort der Schule problemlos erreichen können, sollte ein barrierefreier Zugang zur Schule und allen Klassenzimmern ermöglicht werden. Alternativ müssen Änderungen in der Planung des Unterrichts vollzogen werden. Um die vollständige Teilhabe aller Schüler am Unterricht zu gewährleisten, werden in einigen Fällen angepasste Materialien in Form von Unterstützungsgeräten oder speziellen Büchern und Aufgabenstellungen

---

<sup>32</sup> Vgl. Löser/Werning 2010, S. 106.

<sup>33</sup> Vgl. Sasse 2014, S. 122.

<sup>34</sup> Vgl. Becker, Hans-Jürgen/Brauckschulze, Lisa/Fechner, Sabine: Trendbericht. Chemiedidaktik 2015, in: Nachrichten aus der Chemie 64 (2016), S. 352-358.

benötigt. Diese erfordern jedoch finanzielle Mittel, welche oftmals nicht vorhanden sind.<sup>35</sup>

Wie jedoch beispielsweise Stellbrink und Vernooij feststellen, sind die Grundeinstellung von Lehrern gegenüber einer heterogenen Schülerschaft sowie das Schul- und Klassenklima am bedeutsamsten für die Realisierung erfolgreichen inklusiven Unterrichts.<sup>36</sup> Wenn Lehrer jedoch Heterogenität nicht als Bereicherung für den Unterricht wahrnehmen, können selbst gut ausgestattete Schulen keinen erfolgreichen inklusiven Unterricht durchführen.

### 3 Inklusiver chemischer Unterricht

Die Thematik der Inklusion erreichte erst in den letzten Jahren den Chemieunterricht. Denn chemische und naturwissenschaftliche Inhalte galten früher in den Lehrplänen von Schülern mit Förderbedarf als zu abstrakt und demzufolge zu schwierig. Vor allem für Schüler aus dem Förderbereich geistige Entwicklung enthalten bis heute entsprechende Lehrpläne kaum naturwissenschaftliche oder chemische Inhalte.<sup>37</sup> Dies ist durch die anfängliche Orientierung der Geistigbehindertenpädagogik an der Kleinkinder- und Kindergartenpädagogik begründet.<sup>38</sup> Deren Ziele beinhalten Lebenserfülltheit und Lebenstüchtigkeit, welche durch Anschaulichkeit, Konkretheit, Lebens- und Realitätsnähe verinnerlicht werden sollten.<sup>39</sup> Naturwissenschaftliche Bildung dagegen war nach damaliger Auffassung eher lebensfremd. Nichtsdestotrotz kann naturwissenschaftliche Bildung auf allen Lern- und Entwicklungsstufen erfolgen. Auch jüngere Kinder können begrifflich denken, wenn auch nur domänenspezifisch und

---

<sup>35</sup> Vgl. Fachleiter für Chemie: Wie inklusiver Chemieunterricht mit Schülerexperimenten gelingen kann, in: CHEMKON 24 (2017), 2, S. 96-97.

<sup>36</sup> Vgl. Stellbrink, Mareike: Inklusion als Herausforderung für die Entwicklung von Unterricht, Schule und Lehrerbildung, in: Fürstenau, Sara (Hrsg.): Interkulturelle Pädagogik und Sprachliche Bildung. Herausforderungen für die Lehrerbildung, Wiesbaden 2012, S. 83-99 und Vernooij, Monika A.: Möglichkeiten und Grenzen der Inklusion von Kindern mit Lern- und/oder Verhaltensbeeinträchtigungen, in: Jantowski, Andreas (Hrsg.): Thillm. 2013 – Gemeinsam leben. Miteinander lernen, Bad Berka 2013, S. 23-43.

<sup>37</sup> Vgl. Hoffmann, Thomas/Menthe, Jürgen: Sonderpädagogische Aspekte inklusiven Chemieunterrichts in der Sekundarstufe, in: Riegert, Judith/Musenbergl, Oliver (Hrsg.): Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe, Stuttgart 2015, S. 141-158.

<sup>38</sup> Vgl. Bach, Heins: Geistigbehindertenpädagogik, Berlin 1968, S. 12.

<sup>39</sup> Vgl. Bach 1968, S. 25.

kontextabhängig.<sup>40</sup> Diese Aussage sollte ebenfalls größtenteils auf Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung zutreffen.

Chemische Inhalte gehören zur naturwissenschaftlichen Grundbildung. Der Begriff besitzt seinen Ursprung im englischen Sprachgebrauch („Scientific Literacy“<sup>41</sup>) und wurde erstmals von James Bryant Cohen im Jahr 1952 verwendet. Die OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development) begründet die Relevanz naturwissenschaftlicher Grundbildung wie folgt:

*„Naturwissenschaftliches Wissen und Wissen über Naturwissenschaften sind heute wichtiger denn je. Wir alle benötigen Naturwissenschaften in unserem Leben, und naturwissenschaftliches Verständnis ist ein entscheidendes Instrument für die Verwirklichung unserer Ziele.“<sup>42</sup>*

Aus diesem Grund ist naturwissenschaftliche Bildung für alle Schüler ein wichtiger Inhalt in der schulischen Ausbildung. Die KMK (Kultusministerkonferenz) bemerkt weiterhin folgende Ziele:

*„Ziel naturwissenschaftlicher Grundbildung ist es, Phänomene erfahrbar zu machen, die Sprache und Historie der Naturwissenschaften zu verstehen, ihre Ergebnisse zu kommunizieren sowie sich mit ihren spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinander zu setzen.“<sup>43</sup>*

Allerdings ist eine speziell inklusive Fachdidaktik bisher selten zu finden, da sie erst in den letzten Jahren thematisiert und gefordert wurde. Es gibt lediglich Ansätze zur Umsetzung von inklusivem chemischen Unterricht, die im folgenden Kapitel beschrieben werden. Dies trifft auch für die Chemiedidaktik zu. Es existieren keine festen inklusiven Konzepte innerhalb der Chemiedidaktik und auch kaum angepasste Materialien für inklusiven Chemieunterricht. Darüber hinaus mangelt es an Grundlagenforschung zu Perspektiven, Zugangsweisen und Schülerfehlvorstellungen von Schülern mit Förderbedarf im Bereich der Naturwissenschaftlichen.<sup>44</sup>

---

<sup>40</sup> Vgl. Sodian, Beate: Entwicklung begrifflichen Wissens, in: Montada, Leo/Oerter, Ralf (Hrsg.): Entwicklungspsychologie, Basel 2002, S. 443-468.

<sup>41</sup> Gräber, Wolfgang/Nentwig, Peter: Scientific Literacy – Naturwissenschaftlichen Grundbildung in der Diskussion, in: Gräber, Wolfgang u. a. (Hrsg): Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung, Opladen 2002, S. 7-20, S. 10.

<sup>42</sup> OECD: PISA 2006. Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von morgen. Kurzzusammenfassung. Stand: 2007. URL: <http://www.oecd.org/berlin/39715718.pdf> (abgerufen am 14.02.2018), S. 13.

<sup>43</sup> Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland: Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10), München 2005, S. 6.

<sup>44</sup> Vgl. Hoffmann/Menthe 2015, S. 142.

Die inklusive Umsetzung der Theorie im Unterrichtsalltag gestaltet sich demzufolge schwierig. Wie soll ein einzelner Lehrer jeden einzelnen Schüler einer heterogenen Klasse von ca. 25 bis 30 Personen individuell fördern, ohne dabei den vorgegebenen Schulstoff zu vernachlässigen? Da viele Merkmale inklusiven Unterrichts ebenfalls für inklusiven chemischen Unterricht gelten, beschäftigt sich das folgende Kapitel mit dieser fächerunspezifischen Inklusion. Anschließend wird auf die Besonderheiten eines inklusiven Chemieunterrichts und die damit verbundenen Vor- und Nachteile eingegangen.

### 3.1 Inklusiver fächerunspezifischer Unterricht

Inklusive Lerngruppen unterscheiden sich in ihrer Heterogenität neben der Diagnose von Förderbedarf ebenfalls in vielen anderen Bereichen, wie Alter, Kulturen, Religionen oder sozioökonomischem Hintergrund.<sup>45</sup> Diese Heterogenität wirkt sich gleichsam auf einzelne Fähigkeiten und Vorlieben der Schüler aus, wie zum Beispiel Leistung, Vorwissen, Sprachkompetenz, Interesse oder Motivation.<sup>46</sup>

Die KMK hat deshalb Richtlinien über die „Inklusive Bildung von Kindern und Jugendlichen mit Behinderungen in Schulen“<sup>47</sup> erlassen. Demnach soll die Individualität jedes Kindes mit Stärken, Neigungen, Kompetenzen und Ressourcen wahrgenommen und an diesen Möglichkeiten gemessen werden. Die Eigenaktivität jedes Kindes ist zudem mit in den Unterricht einzubeziehen, sodass die Kinder „Gestalter“<sup>48</sup> ihres eigenen Lernens sind. Die Schüler sollen in der Schule Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten, ein realistisches Selbstwertgefühl und Selbstbewusstsein sowie individuelle Leistungsbereitschaft und -fähigkeit erfahren. Weiterhin besteht das Ziel im Erlernen von gewaltfreiem, verantwortungsvollem Handeln. Am Ende sollen alle Schüler einen anerkannten Teil der Gemeinschaft darstellen und ihren eigenen Bildungsprozess mitgestalten können.<sup>49</sup> Aus diesen Richtlinien ist klar abzuleiten, dass ein Wechsel von zielgleichem zu zieldifferentem Unterricht stattfinden muss. Das bedeutet, dass nicht mehr alle

<sup>45</sup> Vgl. Krell, Gertraude u. a.: Einleitung – Diversity Studies als integrierende Forschungsrichtung, in: Krell, Gertraude u. a. (Hrsg.): Diversity Studies. Grundlagen und disziplinäre Ansätze, Frankfurt am Main/New York 2007, S. 7-16.

<sup>46</sup> Vgl. Bohl, Thorsten u. a.: Binnendifferenzierung. Teil 1: Didaktische Grundlagen und Forschungsergebnisse zur Binnendifferenzierung im Unterricht, Immenhausen 2012.

<sup>47</sup> Kultusministerkonferenz: Inklusive Bildung von Kindern und Jugendlichen mit Behinderungen in Schulen. Stand: 20. Oktober 2011. URL: [http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2011/2011\\_10\\_20-Inklusive-Bildung.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2011/2011_10_20-Inklusive-Bildung.pdf) (abgerufen am 01. Dezember 2017), S. 1.

<sup>48</sup> KMK 2011, S. 5.

<sup>49</sup> Vgl. KMK 2011, S. 5.

Schüler auf das gleiche vorgeschriebene Ziel und somit auf einen Lehrplan hinarbeiten, sondern, dass jeder Schüler nach seinen eigenen Fähigkeiten individuelle Ziele verfolgt.<sup>50</sup>

Es gibt nach Black-Hawkins und Florian zwei Möglichkeiten, um mit Heterogenität von Schülern umzugehen: Der Unterricht kann entweder offen gestaltet werden und so die Teilhabe und Selbstbestimmung aller Schüler ohne vorherige Kategorisierung gewährleisten, oder er beinhaltet die Orientierung am Durchschnittsschüler mit zusätzlicher Differenzierung und Individualisierung für abweichende Schüler, was jedoch einer Kategorisierung und Defizitbestimmung entspräche und somit nicht dem Gedanken der Inklusion.<sup>51</sup> Der Begriff Differenzierung besitzt seinen Ursprung im Lateinischen „differentia“<sup>52</sup>, was „Verschiedenheit“ bedeutet. Im schulischen Kontext meint Differenzierung die „(organisatorische) Einteilung von Schülern oder Schülergruppen [...], die darauf abzielt, die individuellen Leistungen, die lern- und entwicklungsbedingten Fähigkeiten und/oder die persönlichen Interessen von Schülern zu fördern und zu fordern“<sup>53</sup>. Differenzierung wird dabei in äußere und innere unterschieden.<sup>54</sup> Äußere Differenzierung bezieht sich auf die Ebene der Institution Schule in Form von unterschiedlichen Schulformen, Unterscheidung in Grund- bzw. Leistungskurs oder schulischen Schwerpunkten. Mit innerer Differenzierung bedeutet dagegen Verschiedenheit auf der Ebene des Unterrichts mit Hilfe der Bereitstellung von verschiedenen, an die Schüler angepassten, Aufgabenangeboten. Demzufolge entspricht nur die innere Differenzierung dem Inklusionsgedanken, da die Schüler individuell gefördert werden sollen. Bei der äußeren Differenzierung dagegen werden Schüler nach ihren Fähigkeiten in Gruppen eingeteilt, was dem Gegenteil von Inklusion entspricht. In dieser Arbeit meint der Begriff Differenzierung demzufolge immer innere Differenzierung.

---

<sup>50</sup> Vgl. Sasse, Ada/Schulzeck, Ursula: Differenzierungsmatrizen als Modell der Planung und Reflexion inklusiven Unterrichts – zum Zwischenstand in einem Schulversuch, in: Jantowski, Andreas (Hrsg.): Thillm. 2013 – Gemeinsam leben. Miteinander lernen, Bad Berka 2013, S. 13-22.

<sup>51</sup> Vgl. Black-Hawkins, Kristine/Florian, Lani: Exploring inclusiv pedagogy, in: British Educational Research Journal, 37 (2011), 5, S. 813-828.

<sup>52</sup> Riedl, Alfred: Innere Differenzierung – Herausforderung für modernen Unterricht, in: Föderale Ausbildungsagentur, Staatliche Technische Uraler Universität: Wirtschaft und Linguistik: Wege einer Wechselwirkung. Eine Sammlung von Materialien einer internationalen wissenschaftlich-praktischen Konferenz von Studierenden und Doktoranden, Jekaterinburg 2008, S. 122-128, S. 122.

<sup>53</sup> Groß, Katharina: Individuelle Förderung im Chemieunterricht, in: Reiners, Christiane S.: Chemie vermitteln. Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen, Berlin Heidelberg 2017, S. 148-167. S. 156.

<sup>54</sup> Vgl. Groß 2017, S. 156.

Um individuell angepasste Aufgaben erstellen zu können, ist es wichtig, Lernvoraussetzungen und Fähigkeiten der Schüler vorab zu diagnostizieren.<sup>55</sup> Dabei sollten Lernstärken und Lernschwächen, Lernstile, Lernergebnisse sowie die Rolle in der Klasse, Motivation und Interessen beobachtet werden.<sup>56</sup>

Menthe und Scheidel befragten 2014 verschiedene Lehrer und eine Sonderpädagogin an Hamburger Schulen nach den „Gelingensbedingungen“<sup>57</sup> für einen inklusiven Unterricht. Dabei stellen sie fest, dass viele Probleme fächerübergreifend auftreten. Die Befragten gaben als Hindernisse an, dass sie oftmals allein unterrichten mussten und viel Zeit für die Bearbeitung sozialer Probleme verloren ginge. Dies ist, neben den unterschiedlichen Lerntempi der Schüler, der Hauptgrund für die Herabsetzung ihrer Ansprüche an den Unterricht und die Schüler. Weiterhin benötigten die Lehrer zur Unterrichtsvorbereitung mehr Zeit und es kam kaum zu einem kooperativen Austausch mit Kollegen, womit die Bearbeitungszeit hätte minimiert werden können. Dies lag auch an einem fehlenden Wandel der Arbeitszeitstruktur, die keinen Raum für Absprachen bot. Die Fachkräfte schlugen feste, für alle geltende Rituale, Abfolgen und allgemeine Regeln innerhalb des Unterrichts vor, um den Schülern mit Förderbedarf das Lernen zu erleichtern. Weiterhin merkten sie an, dass oftmals Informationen über die Beeinträchtigungen der Schüler fehlten und es so teilweise zu einer ungünstigen Zusammenstellung der Klassen kam.

Resultierend bietet es sich für einen inklusiven Unterricht an, eine zweite Lehrkraft als Unterstützung zu erhalten. Weiterhin ist die Kooperation der Lehrer untereinander und mit Sonderpädagogen unabdingbar. Die Bereitstellung zusätzlicher Räumlichkeiten oder eine flexible Umgestaltung dieser, z. B. mit Raumteilern, ist ebenfalls eine „Gelingensbedingung“, da dies den Schülern hilft, zur Ruhe zu kommen und sich zu entspannen.

### 3.2 Besonderheiten eines inklusiven Chemieunterrichts

Der Chemieunterricht besitzt für eine inklusive Umsetzung aufgrund seiner naturwissenschaftlichen Besonderheiten verschiedene Vorteile, aber auch Herausforderungen. Diese sind in einer Übersicht in Tabelle 1 zusammengefasst.

<sup>55</sup> Vgl. Sliwka, Anne/Wellensiek, Anneliese: Unterschiedlichkeit als Chance. Kompetenzorientierte Unterrichtsplanung mit dem Ziel der Inklusion, in: NiU-C 24 (2013), 135, S. 7-9.

<sup>56</sup> Vgl. Groß 2017, S. 149.

<sup>57</sup> Menthe, Jürgen/Scheidel, Jan Hauke: Inklusiver Chemieunterricht. Herausforderungen und Lösungsansätze, in: Bernholt, Sascha (Hrsg.): Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Bremen 2014, Kiel 2015, S. 47.



Der Unterricht findet in speziellen, Sicherheitsrichtlinien (u. a. Aufsichtspflicht) unterliegenden Fachräumen statt. Auch innerhalb des Unterrichts müssen bei der Durchführung von Experimenten Sicherheitsvorkehrungen eingehalten werden. Experimente, vor allem Schülerexperimente, stellen eine Besonderheit dar. Durch die Arbeit mit dem Bunsenbrenner oder ätzenden Chemikalien besteht ein gewisses Sicherheitsrisiko, weshalb der Lehrer den Schülern und ihrem Handeln vertrauen muss. Aus diesen Gründen ist gerade im Chemieunterricht ein zusätzlicher Pädagoge, der die Schüler mit Förderbedarf unterstützt bzw. begleiten kann, notwendig.<sup>58</sup>

Experimente stellen jedoch auch eine Chance für eine heterogene Lerngruppe dar, da sie reale, anschauliche und verblüffende Phänomene, wie Explosionen oder Farbumschläge, aufzeigen. Diese handlungsorientierte Erarbeitung des Lernstoffes kann durch die Alltagsbezogenheit und selbstbestimmtes Arbeiten die Schüler motivieren sowie ihr Interesse fördern. Wie bereits Reiners und Sabarowski formulieren, bietet der Chemieunterricht ein „abwechslungsreiches Repertoire an Möglichkeiten“.<sup>59</sup>

Tab. 1: Vorteile und Herausforderungen des Chemieunterrichts (eigene Darstellung)

Vorteile	Herausforderungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• reale und anschauliche Phänomene aus dem Alltag</li> <li>• selbstständiges handelndes Arbeiten</li> <li>• verschiedene Herangehensweisen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fachräume mit besonderen Sicherheitsrichtlinien</li> <li>• Schülerexperimente</li> <li>• häufiger Wechsel der Betrachtungsebenen</li> <li>• hohe Komplexität des Inhaltes</li> <li>• Fachsprache Chemie</li> </ul>

Eine weitere Eigenschaft des Chemieunterrichts stellen die chemischen Theorien mit Molekül- oder Teilchenmodellen dar. Sie besitzen, wie viele chemische Grundkonzepte, hohe Komplexität und Abstraktheit.<sup>60</sup> Mit Hilfe von Anschauungsmodellen, wie dem Modellbaukasten oder dreidimensionalen Computerprogrammen, können jedoch auch

<sup>58</sup> Vgl. Hoffmann, Thomas/Menthe, Jürgen: Inklusiver Chemieunterricht: Chance und Herausforderung, in: Musenberg, Oliver/Riegert, Judith (Hrsg.): Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe, Stuttgart 2015, S. 131-141.

<sup>59</sup> Reiners, Christiane S./Sabarowski, Jörg: Auf dem Weg zum Chemieunterricht, in: Reiners, Christiane S.: Chemie vermitteln. Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen, Berlin Heidelberg 2017, S. 91-146. S. 142.

<sup>60</sup> Vgl. Hoffmann, Thomas/Menthe, Jürgen: Inklusiver Chemieunterricht. Ausgewählte Konzepte und Praxisbeispiele aus Sonderpädagogik und Fachdidaktik, in: Menthe, Jürgen u.a. (Hrsg.): Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe. Beiträge der fachdidaktischen Forschung, Münster 2016, S. 351-360.

chemische Theorien verbildlicht werden.<sup>61</sup> Dabei besitzen Computerprogramme zusätzlich den Vorteil der Aktualität und Alltagsnähe, sodass Motivation und Interesse geweckt werden können.

Neben Modellvorstellungen und Experimenten stellt die Fachsprache der Chemie im Gegensatz zu anderen Fächern eine weitere Besonderheit dar. Sie ist „Voraussetzung für das Verstehen fachbezogener Kommunikation“<sup>62</sup> und somit Ziel aller Schüler. Zur Fachsprache gehören neue Vokabeln, wie Namen der Laborgeräte sowie Symbolsprache in Form von Elementen, Molekülformeln und beim Aufstellen von Reaktionsgleichungen. Außerdem haben viele Wörter aus dem Alltag der Schüler in der Fachsprache eine andere Bedeutung, wie z. B. Stoff, Lösung oder Element, was eine Herausforderung beim Erlernen darstellt. Weiterhin besitzt die Fachsprache, wie jede Sprache, morphologische und syntaktische Besonderheiten sowie eine hohe Informationsfülle in den Sätzen. Dies führt häufig zu einem erschwerten Verständnis der Schüler beim Lesen der Lehrbuchtexte.<sup>63</sup>

Um das Erlernen der Fachsprache zu erleichtern, bieten sich Glossare mit Fachbegriffen, visuelle Assoziationen und Wortbeschreibungen sowie Bildfolgen an. Begriffe aus dem Alltag sollten gegenüber den chemischen deutlich abgegrenzt und Mehrfachbedeutungen erklärt werden. Weiterhin sollte der Lehrer in seiner Sprache nicht zu viel Fachvokabular verwenden, um das Verständnis der Schüler zu gewährleisten.<sup>64</sup> Für das Verfassen von Protokollen bieten sich Satzanfänge oder Entscheidungsmöglichkeiten an.<sup>65</sup>

Weitere Schwierigkeiten stellen sowohl die parallele Verwendung als auch der häufige Wechsel zwischen der makroskopischen (stofflich, beobachtbar), der submikroskopischen (theoretische Konzepte) und der symbolischen Ebene (Reaktionsgleichungen) dar. Diese Ebenen verdeutlichen, vorteilhafterweise, unterschiedliche Perspektiven auf einen bestimmten Sachverhalt.<sup>66</sup> So werden durch verschiedene Herangehensweisen an einen Lerngegenstand unterschiedliche Interessen und Fähigkeiten der Schüler

---

<sup>61</sup> Vgl. Abels, Simone/Markic, Silvija: Umgang mit Vielfalt – neue Perspektiven im Chemieunterricht, in: NiU-C 24 (2013a), S. 2-6.

<sup>62</sup> Abels, Simone/Markic, Silvija: Die Fachsprache der Chemie. Ein gemeinsames Anliegen von heterogenen Klassen, in: NiU-C 24 (2013b), S. 10-14, S. 10.

<sup>63</sup> Vgl. Abels/Markic 2013b, S. 10f.

<sup>64</sup> Vgl. Abels/Markic 2013a, S. 6.

<sup>65</sup> Vgl. Koliander, Brigitte/Puddu, Sandra: Diversität beim Forschenden Lernen. Berücksichtigung von Migration und Alter im Chemieunterricht, in: NiU-C 24 (2013), 135, S. 26-30.

<sup>66</sup> Vgl. Reiners, Christiane S.: Wissensvermittlung als Bildungsauftrag, in: Reiners, Christiane S.: Chemie vermitteln. Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen, Berlin Heidelberg 2017, S. 21-32.

angesprochen. Johnstone hat das Verhältnis der drei Dimensionen festgehalten<sup>67</sup> (Abb. 2).

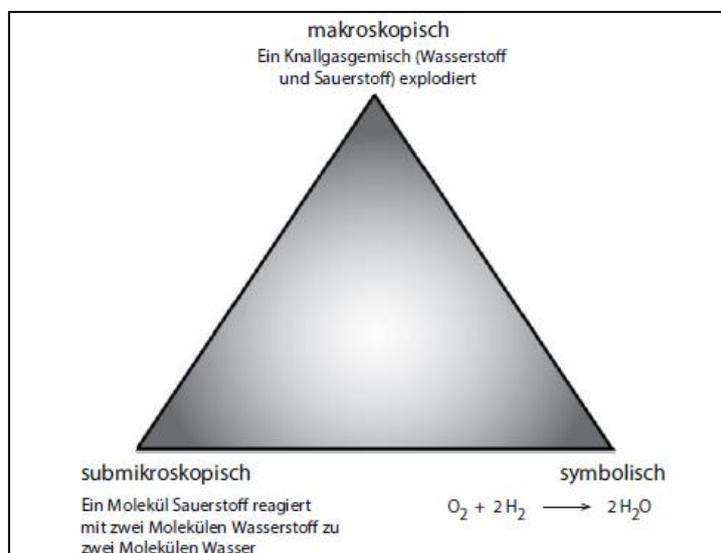


Abb. 2: Johnstone-Dreieck mit einem konkreten Sachverhalt (Reiners 2017, S. 27)

Aufgrund dieser vielfältigen Herausforderungen haben Adamina und Möller sechs grundlegende Prinzipien zur Ausrichtung von Unterrichtssequenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht formuliert (Abbildung 3).



Abb. 3: Prinzipien zur Ausrichtung von Unterrichtssequenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht (Adamina/Möller 2010, S. 105)

<sup>67</sup> Vgl. Johnstone, Alex H.: Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem, in: Journal of Computer Assisted Learning 7 (1991), 2, S. 75-83.

Die Schüler sollen dem Lerngegenstand möglichst direkt und authentisch mit allen Sinnen begegnen können, indem sie diesen selbstständig erfahren und erkunden. Als weiteres Prinzip benennen die Autoren den Erfahrungsbezug, welcher die Verbindung zu eigenen Vorstellungen und Vorwissen beinhaltet. Wie bereits als Vorteil des Chemieunterrichts benannt, erarbeiteten sie ebenfalls eigenständiges und selbstbestimmtes Handeln als wichtigen Zugang zum naturwissenschaftlichen Unterricht. Überdies sind die Strukturierung von Teilinhalten und das Herstellen von Zusammenhängen wichtige Vorgehensweisen. Als letztes Prinzip benennen Adamina und Möller die Fragen- und Problemorientierung als Ausgangspunkt für Lernprozesse.<sup>68</sup>

Abels und Markic äußern sich ebenfalls dazu, wie die Vorteile des Fachs Chemie bei der inklusiven Umsetzung genutzt und die Herausforderungen bewältigt werden können. Sie benennen Methodenvarianz und -vielfalt in Form verschiedener Experimente, Präsentationsformen und Gruppenarbeiten als wichtige Strategie. Wie auch schon Adamina und Möller thematisieren sie die Variation der Lernzugänge durch verschiedene Sinne mit Hilfe von z. B. Anschauungsmodellen oder Aufgaben als Bildfolgen. Langfristige Gruppen- oder Projektarbeiten mit individueller Niveau- und Umfangbestimmung stellen sie ebenfalls als kompensatorische Strategie dar. Dies könne in Form eines Aufgabenpools mit Pflicht- und Wahlaufgaben geschehen. Für die Umsetzung inklusiven Chemieunterrichts empfehlen sie weiterhin kurze Unterrichtsphasen zur individuellen Verarbeitung des Lernstoffs sowie individuell abgestimmte Lernhilfen und Zusatzaufgaben für leistungsstärkere Schüler („Schnelldenkerkarten“<sup>69</sup>). Als fächerunspezifische Prinzipien nannten sie die Kompetenz- und Schülerorientierung, einen handlungsorientierten Unterricht sowie den allgemeinen Umgang der Lehrer mit Heterogenität.<sup>70</sup>

Im Ergebnis ist anzumerken, dass für die Betreuung der Experimente und die räumlichen Besonderheiten eine zweite Fachkraft für inklusiven Chemieunterricht notwendig ist. Abgesehen von dieser Notwendigkeit bietet der Chemieunterricht mit seinen Eigenschaften eher Chancen für eine inklusive Umsetzung. Die Herausforderungen können mit einem lebensweltlichen Zugang, der Anknüpfung an das Vorwissen der Schüler und verschiedenen Prinzipien, wie sie von Adamina und Möller oder Abels und Markic

<sup>68</sup> Vgl. Adamina, Marco/Möller, Kornelia: Zugänge zum naturwissenschaftlichen Lernen öffnen, in: Labudde, Peter (Hrsg.): Fachdidaktik Naturwissenschaft. 1.-9. Schuljahr, Berne 2010, S. 103-116.

<sup>69</sup> Groß 2017, S. 158.

<sup>70</sup> Vgl. Abels/Markic 2013a, S. 6.

vorgestellt wurden, gut und verständlich bewältigt werden. Weiterhin treffen viele Hinweise für einen fächerunspezifischen inklusiven Unterricht ebenfalls auf den Chemieunterricht zu. So ist auch im Fach Chemie die Einstellung der Lehrkraft gegenüber Heterogenität und die Kooperation der Lehrer untereinander sowie mit Sonderpädagogen sinnvoll.

## 4 Differenzierungsmatrizen

Wie aus den vorherigen Kapiteln erkenntlich, gibt es keine klaren schulaufsichtlichen Vorgaben oder empirisch belegte Modelle, wie inklusiver Unterricht durchgeführt werden sollte. Lediglich das allgemeine Recht der Schüler auf individuelle und sonderpädagogische Förderung wird erwähnt. Aus diesem Grund müssen Schulen eigene Konzepte entwickeln, um inklusive Lerngruppen mit wenigen Ressourcen zu unterrichten. Michael Schwager erläutert drei verschiedene Arten des Lernens, die an den Schulen umgesetzt werden: Das *soziale Lernen*, das *selbstgesteuerte Lernen* in Form von individueller Freiarbeit und das *kooperative Lernen*.<sup>71</sup>

*Soziales Lernen* ist immer auf andere bezogen, wird von deren Verhalten geprägt und wirkt sich auf das Verhalten anderer aus.<sup>72</sup> Dabei werden Verhaltensregeln und Normen der Gemeinschaft übernommen. Im *selbstgesteuerten Lernen* regulieren und steuern die Schüler aktiv „das eigene Lernverhalten unter Einsatz von verschiedenen Strategien“.<sup>73</sup> Dazu gehört die kognitive Komponente der Informationsverarbeitung, die Motivation und metakognitive Komponenten in Form von Planung, Selbstbeobachtung, Reflexion und adaptive Anpassung des Lernverhaltens.<sup>74</sup> Selbststeuerung ist die Grundvoraussetzung, um sich sowohl alltägliche als auch schulische Ziele zu setzen und zu erreichen. Das *kooperative Lernen* bezeichnet „die Zusammenarbeit von Lernenden in Kleingruppen, um Lernaufgaben zu bewältigen“<sup>75</sup>. Dabei soll eine „aktivere

---

<sup>71</sup> Vgl. Schwager, Michael: Zusammen Gemeinsam Lernen – ein Versuch, die Orientierung an Inklusion als Unterricht zu denken, in: Wocken, Hans: Beim Haus der inklusiven Schule. Praktiken – Kontroversen – Statistiken, Hamburg 2017.

<sup>72</sup> Vgl. Schröder, Hartwig: Lernen-Lehren-Unterricht. Lernpsychologische und didaktische Grundlagen, München/Wien 2002.

<sup>73</sup> Renkl, Alexander: Wissenserwerb, in: Möller, Jens/Wild, Elke: Pädagogische Psychologie, Berlin Heidelberg 2015, S. 46.

<sup>74</sup> Vgl. Renkl 2015, S. 46.

<sup>75</sup> Renkl 2015, S. 20.

Verarbeitung des Lernstoffs“<sup>76</sup> induziert werden, indem die Schüler neue Inhalte mit ihrem Vorwissen in Verbindung bringen können.

Alle Formen besitzen jedoch ebenso unterschiedliche Nachteile. Beim *sozialen Lernen* kann durch die Fokusverschiebung auf das Miteinander das fachliche Lernen vernachlässigt werden. Das *selbstgesteuerte Lernen* wird oft nur in Einzelarbeit mit individuellen Aufgaben durchgeführt, ohne Bezug der Schüler untereinander. Dies fördert zwar die Fähigkeiten jedes einzelnen Schülers, allerdings wird der inklusive Aspekt durch fehlende Durchlässigkeit der Bildungsgänge sowie der Festschreibung der Leistungsgruppen übergangen. Da der Mensch von Natur aus ein soziales Wesen ist, eignet sich das *kooperative Lernen* auch für die Schule. Jedoch ist das Verhältnis von fachlichem und sozialem Lernen, wie beim *sozialen Lernen* auch, oft ungeklärt und es kann zur Überforderung durch die hohen sozialen Anforderungen und große Verantwortung für die eigenständige Gruppenarbeit führen.<sup>77</sup>

Insgesamt eignen sich weder bloße Individualisierung noch alleinige Kooperation für inklusiven Unterricht. Die Differenzierungsmatrix hingegen stellt mit einer Verbindung aus kooperativen Lernen mit differenzierten Aufgabenstellungen eine sinnvolle Möglichkeit dar. Im Thüringer Schulversuch wurden solche Differenzierungsmatrizen von August 2009 bis Juli 2015 mit Unterstützung der Thüringer Forschungs- und Arbeitsstelle für den Gemeinsamen Unterricht/Inklusion im Schulalltag entwickelt und durchgeführt.<sup>78</sup> Durch die Veröffentlichung dieser Matrizen auf der Internetseite der Thüringer Forschungs- und Arbeitsstelle für Gemeinsamen Unterricht/Inklusion wurde die Methode bundesweit bekannt, sodass mehrere innerschulische und schulübergreifende Arbeitsgruppen in den unterschiedlichen Bundesländern entstanden.<sup>79,80</sup>

In den folgenden Kapiteln wird die Struktur der Differenzierungsmatrix erläutert und die didaktisch-methodischen Grundlagen zur Methode der Differenzierungsmatrix aus entwicklungslogischer Sicht sowie die Basis für die Idee der Unterrichtsmatrizen in

---

<sup>76</sup> Renkl 2015, S. 20.

<sup>77</sup> Vgl. Schwager 2017, S. 2-6.

<sup>78</sup> Vgl. Thüringer Kultusministerium: Organisation des Schulversuchs. URL: <http://www.gu-thue.de/material/sversuch/Organisationsverfuegung.pdf> (abgerufen am 30.01.2018).

<sup>79</sup> Vgl. Thüringer Forschungs- und Arbeitsstelle für den Gemeinsamen Unterricht/Inklusion: Differenzierungsmatrix – ein Modell zur Planung von Unterricht in heterogenen Lerngruppen. URL: <http://www.gu-thue.de/matrix.htm> (abgerufen am 31.01.2018).

<sup>80</sup> Vgl. Sasse, Ada/Schulzeck, Ursula: Zentrale Ergebnisse des Thüringer Schulversuchs „Unterrichtung von Schüler mit sonderpädagogischem Förderbedarf im Lernen im gemeinsamen Unterricht nach den Lehrplänen der Grund- und Regelschule“. Stand: 01. August 2017. URL: [http://www.gu-thue.de/material/sversuch/Schulversuch\\_01082017\\_gesamt.pdf](http://www.gu-thue.de/material/sversuch/Schulversuch_01082017_gesamt.pdf) (abgerufen am: 01.02.2018).



Form des Lernstrukturgitters von Kutzer für den Mathematikunterricht erklärt. Weiterhin werden Kriterien zur Gestaltung sowie Vor- und Nachteile des Konzepts benannt.

#### 4.1 Didaktisch-methodische Grundlagen

Der Begriff der Didaktik kommt aus dem griechischen „didaskhein“<sup>81</sup>, was so viel bedeutet wie lehren, zeigen, unterrichten und in der passiven Form lernen. Es ist im Bezug auf den Unterricht in der Schule die „Allgemeine[...] Theorie des Lehrens und Lernens“<sup>82</sup>. Die Methodik als Teil der allgemeinen Didaktik bezeichnet die „Theorie und Praxis der Verfahrensweisen des Lehrens und Lernens“<sup>83</sup>. Dieses Kapitel bezieht sich demzufolge auf die Grundlagen der Theorie sowie der Theorie und Praxis der Verfahrensweisen des Lehrens und Lernens bezogen auf die Methode der Differenzierungsmatrizen. Um den Aufbau von Gitter und zu verstehen, werden in den folgenden Unterkapiteln die didaktisch-methodischen Grundlagen aufgezeigt. Eine dieser Grundlagen hat Feuser, als einer der ersten allgemeinen Pädagogen bzw. Sonderpädagogen, mit der entwicklungslogischen Didaktik als Teil einer allgemeinen Pädagogik geschaffen. Sie begründet die Methode und den Aufbau der Matrix theoretisch. Weiterhin wird die Orientierungsgrundlage der praktischen Ausübung dieser Theorie in Form des Lernstrukturgitters von Kutzer erläutert. Anschließend folgt ein Kapitel über die Weiterentwicklung des Lernstrukturgitters zur Differenzierungsmatrix.

##### 4.1.1 Entwicklungslogische Didaktik nach Feuser

Der Begriff „entwicklungslogische Didaktik“<sup>84</sup> ist synthetisch und attribuiert dabei nicht die Didaktik in Form eines Unterbereiches, sondern beschreibt das didaktische Fundament einer allgemeinen Pädagogik. Kutzer begründete diese Theorie mit dem dazugehörigen didaktischen Fundament der Kooperation am gemeinsamen Gegenstand mit einer inneren Differenzierung, welche durch entwicklungsniveau-bezogene, biografische Individualisierung durchgeführt wird.<sup>85</sup> Demzufolge spielen, lernen und arbeiten in einer allgemeinen Pädagogik „alle Kinder in Kooperation miteinander auf ihrem jeweiligen Entwicklungsniveau nach Maßgabe ihrer momentanen Wahrnehmungs-

---

<sup>81</sup> Tenorth, Heinz-Elmar/Tippelt, Rudolf: Beltz Lexikon Pädagogik, Darmstadt 2007, S. 158.

<sup>82</sup> Tenorth/Tippelt 2007, S. 159.

<sup>83</sup> Tenorth/Tippelt 2007, S. 158.

<sup>84</sup> Feuser, Georg: Entwicklungslogische Didaktik, in: Kaiser, Astrid u. a. (Hrsg.): Didaktik und Unterricht, Stuttgart 2011, S. 86-100, S. 86.

<sup>85</sup> Vgl. Feuser, Georg: Allgemeine integrative Pädagogik und entwicklungslogische Didaktik, in: Behindertenpädagogik 28 (1989), 2, S. 4-48.

Denk- und Handlungskompetenzen in Orientierung auf die „nächste Zone der Entwicklung“ an und mit einem sogenannten „Gemeinsamen Gegenstand“.<sup>86</sup> Feuser bezog sich in seiner entwicklungslogischen Sicht zum Lernen auf Piaget, der die Abhängigkeit des Entwicklungsniveaus auf die menschlichen Aneignungsprozesse der Adaption und Organisation erklärte.<sup>87</sup> Aus diesem Grund sollten Lernen und Unterrichten nach Feuser auf Basis menschlicher Entwicklung und Persönlichkeitstheorie sowie Entwicklungspsychologie geschehen.<sup>88</sup>

Den Begriff der „Zone der nächsten Entwicklung“ betitelte Vygotskij 1987 als „Differenz zwischen dem Niveau, auf dem die Aufgaben unter Anleitung, unter Mithilfe der Erwachsenen gelöst werden, und dem Niveau, auf dem das Kind Aufgaben selbständig löst“<sup>89</sup>. Vygotskij konnte jedoch seine Arbeiten über die Zone der nächsten Entwicklung durch seinen frühen Tod nicht vollenden, sodass es in seinen Werken unterschiedliche Definitionen gibt, welche von Psychologen im Nachhinein verschieden gedeutet wurden.<sup>90</sup> Fest steht jedoch, dass die Zone einem Bereich entspricht, an dem sich psychische Prozesse und Strukturen neu entwickeln. Grundlage der Theorie von Vygotskij ist die Interiorisation der Lerntheorie, was einer „Ausbildung von Vorstellungen und Begriffen durch die Verinnerlichung gegenständlicher Handlungen“<sup>91</sup> entspricht. Konkret bedeutet dies, dass alle höheren psychischen Funktionen eines Menschen das Resultat von Aneignungsprozessen darstellen und zunächst interpsychisch im sozialen Verkehr und in der Kommunikation mit anderen existieren, ehe sie sich im Prozess der gesellschaftlichen Praxis nach innen zu intrapsychischen Funktionen verlagern.<sup>92</sup> Jede Funktion tritt demzufolge in der geistigen Entwicklung zwei Mal auf: einmal sozial und interpsychisch und anschließend individuell und intrapsychisch. Aus diesem Grund

---

<sup>86</sup> Feuser, Georg: Momente entwicklungslogischer Didaktik einer Allgemeinen (integrativen) Pädagogik, in: Eberwein, Hans/Knauer, Sabine (Hrsg.): Handbuch Integrationspädagogik. Kinder mit und ohne Beeinträchtigung lernen gemeinsam, Weinheim 2009, S. 280-294, S. 283.

<sup>87</sup> Vgl. Piaget, Jean: Das Erwachen der Intelligenz beim Kinde, Stuttgart 1969.

<sup>88</sup> Vgl. Feuser 2009, S. 286.

<sup>89</sup> Vygotskij, Lev Semjonowitsch: Ausgewählte Schriften. Band 2, Köln 1987, S. 300.

<sup>90</sup> Vgl. Chaiklin, Seth: Die Zone der nächsten Entwicklung, in: Kaiser, Astrid u. a. (Hrsg.): Bildung und Erziehung, Stuttgart 2010, S. 78-87.

<sup>91</sup> Rodina, Katarina/Siebert, Birger: Interiorisation in der Zone der nächsten Entwicklung, in: Feuser, Georg/Kutscher, Joachim (Hrsg.): Entwicklung und Lernen, Stuttgart 2013, S. 230-234, S. 230.

<sup>92</sup> Vgl. Jantzen, Wolfgang: Auf dem Weg zu einem Neuverständnis der „Zone der nächsten Entwicklung“, in: Siebert, Birger (Hrsg.): Integrative Pädagogik und die Kulturhistorische Theorie, Frankfurt am Main 2010, S. 97-104.



kann nur ein der Entwicklung vorausweisender Unterricht die geistigen Bedürfnisse Heranwachsender befriedigen.<sup>93</sup>

Der gemeinsame Gegenstand, an dem in einer allgemeinen Pädagogik von Feuser gearbeitet wird, stellt nicht den Inhalt dar, welchen die Schüler erlernen, sondern kennzeichnet „Erlebensweisen und Erkenntnisse, die durch das Zusammenwirken von Menschen unterschiedlichster Entwicklungsniveaus [...] in der Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Sachverhalten in vergleichbarer Weise gewonnen werden können“<sup>94</sup>. Er bezeichnet demzufolge den zentralen Prozess der hinter den beobachtbaren Erscheinungen abläuft und für diese verantwortlich ist.<sup>95</sup> Die allgemeine Pädagogik besitzt nach Feuser eine dreidimensionale didaktische Struktur (Abbildung 4).

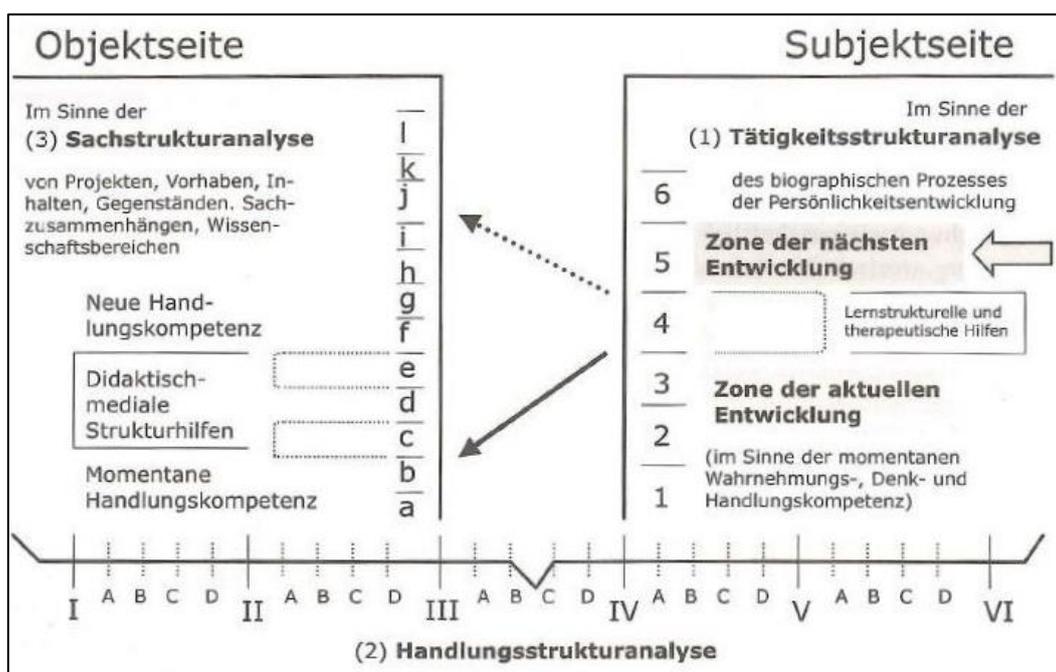


Abb. 4: Dreidimensionale didaktische Struktur einer allgemeinen Pädagogik (Feuser 2011, S. 94)

Die erste Dimension stellt die *Objektseite* dar, welche durch eine Sachstrukturanalyse (systematische Aufgliederung des Inhalts) ermittelt wird. Die *Subjektseite*, welche mit Hilfe der Tätigkeitsanalyse die aktuelle und nächste Entwicklungsstufe diagnostiziert, entspricht einer weiteren Dimension. Sie sollte aufgrund der Selbstorganisation

<sup>93</sup> Vgl. Zimpel, André Frank: Zone der nächsten Entwicklung, in: Horn, Klaus-Peter u. a. (Hrsg.): Klinkhardt Lexikon Erziehungswissenschaft. Phänomenologische Pädagogik – Zypern, Bad Heilbrunn 2012, S. 446.

<sup>94</sup> Feuser, Georg: Die „Kooperation am Gemeinsamen Gegenstand“ – ein Entwicklung induzierendes Lernen, in: Feuser, Georg/Kutscher, Joachim (Hrsg.): Entwicklung und Lernen, Stuttgart 2013, S. 282-293, S. 285.

<sup>95</sup> Vgl. Feuser, Georg: Behinderte Kinder und Jugendliche. Zwischen Integration und Aussonderung, Darmstadt 1995.

lebendiger Systeme und der menschlichen Entwicklung beachtet werden. Die dritte Dimension verkörpert die *Tätigkeit* durch die Handlungsstrukturanalyse. Durch die Anwendung der Struktur in einem didaktischen Feld werden inklusive und soziale Räume im Sinne von Lernhandlungsfeldern und Lernmöglichkeiten zwischen Menschen mit unterschiedlichen Biografien und Entwicklungsniveaus geöffnet, sodass jeder in der Zone der nächsten Entwicklung lernen kann. So können Kinder mit unterschiedlichen Voraussetzungen in Kooperation miteinander an einem gemeinsamen Gegenstand lernen und es werden für das Lernen optimale Bedingungen geschaffen.<sup>96</sup>

Feuser bemerkte somit schon 1989, bevor die internationale Inklusions-Debatte begann, die Bedeutung des gemeinsamen Unterrichts von Kindern und den Perspektivwechsel von der *Objekt-* zur *Subjektseite* und somit zu den Schülern mit ihren Interessen, Grenzen und individuellen Fähigkeiten. Jedoch entwickelte er die Theorie zum gemeinsamen Unterricht sehr allgemein, sodass er keine Möglichkeiten zur Umsetzung in der Praxis diskutierte. Aus diesem Grund wird im nächsten Kapitel solch eine Umsetzungsmöglichkeit für den Mathematikunterricht mit Hilfe des Lernstrukturgitters von Kutzer erläutert.

#### 4.1.2 Lernstrukturgitter nach Kutzer

Kutzer stellte mit Hilfe von nicht näher spezifizierten „umfangreiche[n] Untersuchungen“<sup>97</sup> empirisch fest, dass Lernversagen und Lernschwierigkeiten von Kindern häufig durch didaktische Fehlentscheidungen bedingt sind.<sup>98</sup> Da Inhalte, Anforderungen und Methoden zu wenig auf die Lernvoraussetzungen der Schüler bezogen wurden, kam es zu einer Über- bzw. Unterforderung.<sup>99</sup> Dies geschah jedoch nicht primär aufgrund der Nachlässigkeit der Lehrer, sondern auf Basis des rückschrittlichen lernpsychischen und didaktischen Forschungsstandes.<sup>100</sup> Deshalb entwickelte er die „Struktur-Niveau-Theorie schulischen Lernens“<sup>101</sup> bzw. die Konzepte struktur- und

---

<sup>96</sup> Vgl. Feuser 2011, S. 94.

<sup>97</sup> Kutzer, Reinhard: Mathematik entdecken und verstehen. Kommentarband 1, Frankfurt am Main 2008, S. 4.

<sup>98</sup> Vgl. Kutzer, Reinhard: Zur Kritik gegenwärtiger Didaktik der Schule für Lernbehinderte – aufgezeigt an den Befunden der empirischen Überprüfung rechendidaktischer Entscheidungen, Marburg/Lahn 1976.

<sup>99</sup> Vgl. Kutzer 1976, S. 22f., auch Kutzer, Reinhard: Mathematik entdecken und verstehen. Kommentarband 1, Frankfurt am Main 1998.

<sup>100</sup> Vgl. Kutzer, Reinhard: Überlegungen zur Unterrichtsorganisation im Sinne strukturorientierten Lernens, in: Probst, Holger (Hrsg.): Mit Behinderungen muss gerechnet werden: der Marburger Beitrag zur lernprozessorientierten Diagnostik, Beratung und Förderung, Solms 1999, S. 15-69.

<sup>101</sup> Kutzer, Reinhard: Anmerkungen zum Struktur- und Niveauorientierten Unterricht, in: Probst, Holger: Kritische Behindertenpädagogik in Theorie und Praxis. Beiträge zum gleichnamigen Studentenkongress der Fachgruppe Sonderpädagogik in Marburg 1978, Solms-Oberbiel 1982, S. 29-62, S.38.



niveauorientierten Lernens. Die Theorie basiert auf der Erkenntnis des mehrdimensionalen Aufbaus von Lernprozessen.<sup>102</sup> Kutzer benannte dafür die drei eng miteinander verbundenen Lerndimensionen: *Komplexität des Lerngegenstandes/-situation*, *Niveau des Lernens* und *Lernart*.<sup>103</sup> Nur unter Berücksichtigung dieser Dimensionen könne eine kind-, sachstruktur- und lernstrukturgemäße Lernstandsdiagnose erfolgen, mit deren Kenntnis Lernförderung möglich ist.

Die Dimension der *Komplexität* entspricht dabei der Kenntnis der strukturellen Anforderungen des Gegenstandes bzw. Ziels. Da Lehrpläne jedoch selten strukturorientiert aufgebaut sind, sollten die Lehrkräfte selbstständig eine Sachstrukturanalyse durchführen. Die Dimension des *Niveaus des Denkens*, auch Aneignungsniveau genannt, stellt die „stufenweise subjektive Verinnerlichung objektiv gegebener „Sachverhalte“ [...], die Konstruktion von Zusammenhängen zwischen diesen „Sachverhalten“, die Ableitungen des Allgemeinen“<sup>104</sup> dar. Da Lernen unterschiedliche Prozesse und Ziele besitzt, kann die dritte Dimension – *Lernart* – nur in Abhängigkeit der Zielsetzung gewählt werden. Sie besitzt zudem in den verschiedenen Stadien des Lernprozesses unterschiedliche Bedeutungen. Aufgrund dieser theoretischen Grundaussagen fordert Kutzer, dass Unterrichtsinhalte vom Entwicklungsstand der Fähigkeiten der Schüler bestimmt werden sollten und nicht umgekehrt, sodass Schüler den Lernprozess auf ihrer Niveaustufe beginnen können.<sup>105</sup>

Aufgrund dieser Basis und als „Beziehungsgefüge zwischen den Dimensionen *Komplexität* und *Niveau*“<sup>106</sup> entwickelte Kutzer das Lernstrukturgitter. Er verweist jedoch gleichzeitig auf die Unvollständigkeit seiner Darstellung, da die Dimension der *Komplexität* in sich mehrere Strukturebenen besitzt, welche im Gitter nicht beachtet werden.<sup>107</sup> Eigentlich müsste ein mehrdimensionales Darstellungsmodell entwickelt werden, was jedoch unübersichtlich wäre. Aus diesem Grund entschied sich Kutzer für den zweidimensionalen Aufbau des Lernstrukturgitters, da es so trotzdem eine Grundlage für die Feindiagnose und Förderung auf dem jeweiligen Entwicklungsstand der Schüler darstellt. Das Lernstrukturgitter ist in folgender Abbildung zu sehen.

---

<sup>102</sup> Vgl. Kutzer, Reinhard: Mathematik entdecken und verstehen. Kommentarband 2, Hünfeld 2002.

<sup>103</sup> Vgl. Kutzer 2002, S. 7.

<sup>104</sup> Kutzer 1999, S. 21.

<sup>105</sup> Vgl. Kutzer 1976, S. 27.

<sup>106</sup> Kutzer 1999, S. 25.

<sup>107</sup> Vgl. Kutzer 1999, S. 63.

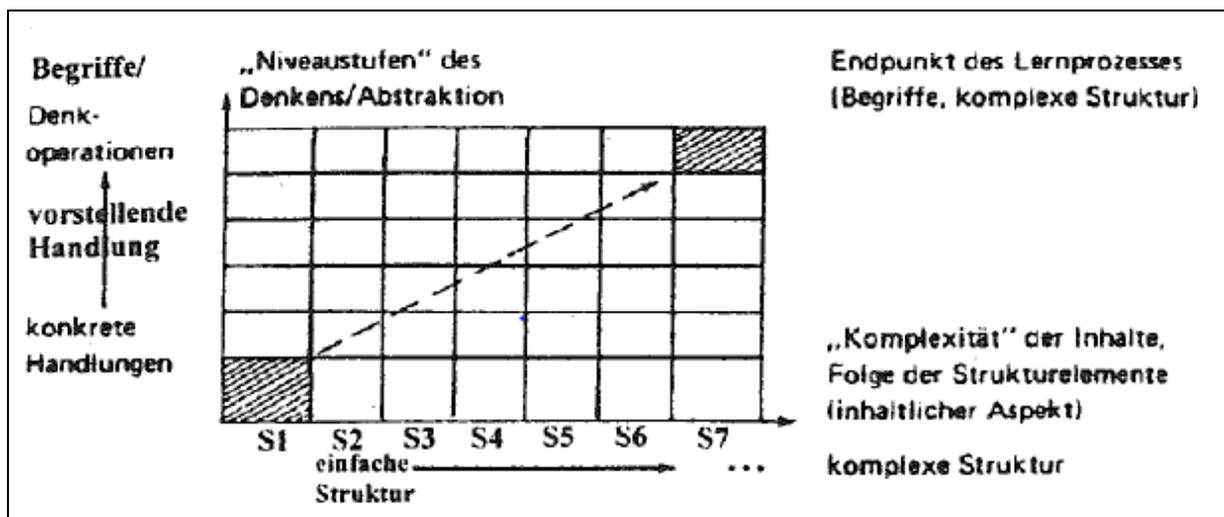


Abb. 5: Lernstrukturgitter von Kutzer (Kutzer 1999, S. 26)

Im Gitter ist die Dimension *Komplexität* auf der horizontalen und die *Niveaustufen des Denkens* auf der vertikalen Achse untergebracht. Die entstehenden Felder stellen dynamische Handlungssituationen dar. Die Komplexität steigt jeweils von links nach rechts und von unten nach oben, sodass am Achsenkreuz die niedrigste und rechts oben die höchste Anforderung erreicht wird. Kutzer merkt jedoch an, dass bei der inhaltlichen *Komplexität* „kein Schritt ausgelassen und kein späterer Schritt vor dem vorhergehenden eingeordnet wird“<sup>108</sup>, denn die *Komplexität* des Inhalts der Mathematik besitzt eine logische Reihenfolge. So wird z. B. erst die Addition im Bereich der Zahlen bis 10 gelernt, ehe die Addition von Zahlen bis 100 thematisiert wird. Bei der Einteilung der Niveaustufen orientiert sich Kutzer 1998 an den „dominierenden Tätigkeiten“<sup>109</sup> von Leontjew und den drei Repräsentationsebenen enaktiv, ikonisch und symbolisch des „E-I-S-Prinzip“<sup>110</sup> von Bruner. Kutzer ergänzte Bruners drei Repräsentationsebenen um eine Vierte, die basal-perzeptive Ebene. Basal-Perzeptiv bedeutet dabei grundlegende Aneignungsformen der menschlichen Wahrnehmung. Somit beinhaltet diese Ebene Lernarbeiten im Bezug zur Welt und zum eigenen Körper, vor allem auf dem sensomotorischen Weg. Kutzer teilt demzufolge die Stufen in steigender Reihenfolge nach basal-perzeptiv, konkret-handelnd (enaktiv), anschaulich-bildhaft (ikonisch) und symbolisch-abstrakt (symbolisch) ein:

<sup>108</sup> Kutzer 1999, S. 25.

<sup>109</sup> Leontjew, Alexei Nikolajewitsch: Probleme der Entwicklung des Psychischen, Frankfurt am Main 1973, S. 402.

<sup>110</sup> Bruner, Jerome Seymour: Entwurf einer Unterrichtstheorie, Berlin 1974, S. 12.

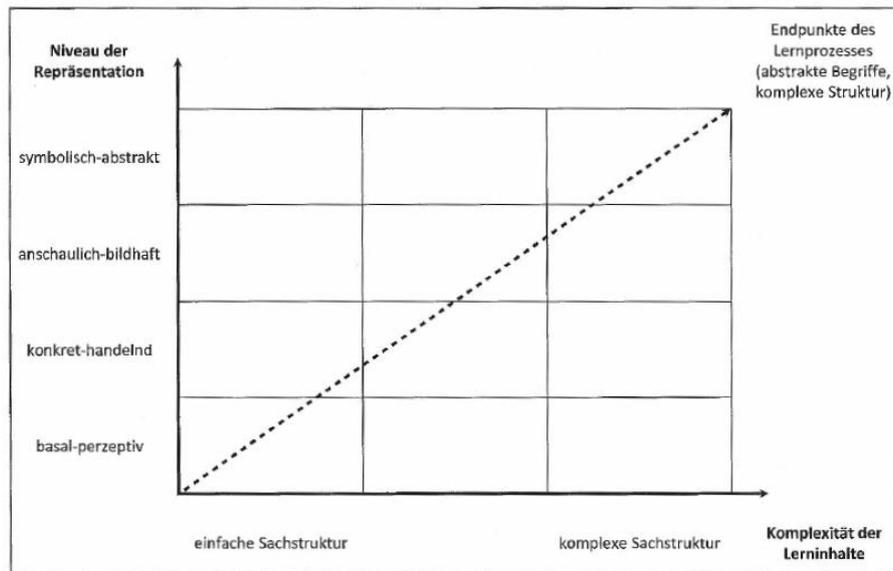


Abb. 6: Lernstrukturgitter von Kutzer mit detaillierter Einteilung der Niveaus der Repräsentation (Kutzer 1998, S. 6)

Das Lernstrukturgitter stellt entsprechend einen Versuch dar, die Beziehung zwischen den beiden Lerndimensionen *Komplexität* und *Niveau* aufzuzeigen und folgerichtig anzuordnen. Mit dieser Hilfe kann der aktuelle Lernstand diagnostiziert sowie individuelle Lernwege erfasst bzw. berücksichtigt werden und somit ein mehrdimensionales Erfassen der „Zone der nächsten Entwicklung“ nach Vygotskij stattfinden.<sup>111</sup> Grundsätzlich sollte jedoch bedacht werden, dass das Lernstrukturgitter, aufgrund der fehlenden Strukturebenen innerhalb der Dimension *Komplexität*, lediglich eine unvollkommene Darstellung ist.

Das Lernstrukturgitter stellt eine mögliche Umsetzung von Feusers entwicklungslogischer Didaktik und allgemeiner Pädagogik für die Praxis der Schule dar. Die Schüler arbeiten mit Hilfe des Lernstrukturgitters an einem gemeinsamen Gegenstand, welcher durch die Dimension *Komplexität* ausdifferenziert wird und abhängig von den Lernvoraussetzungen sowie des *Niveaus* unterschiedliche Lernwege und -ziele ermöglicht. Innerhalb der Dimension *Komplexität* findet eine Sachstrukturanalyse statt, die Tätigkeitsstrukturanalyse geschieht durch die Einteilung des *Niveaus* und die verschiedenen Felder entsprechen den verschiedenen Lernwegen durch die Handlungsstrukturanalyse. Die wechselseitige Beziehung zwischen Subjekt, Objekt und Tätigkeit wird demzufolge im Lernstrukturgitter beachtet.

<sup>111</sup> Vgl. Vygotskij 1987, S. 300, auch Kutzer 2002, S. 7.

#### 4.1.3 Weiterentwicklung des Lernstrukturgitters zur Differenzierungsmatrix

Differenzierungsmatrizen stellen laut der Internetseite der Thüringer Forschungs- und Arbeitsstelle „ein Modell zur Planung von Unterricht in heterogenen Lerngruppen“<sup>112</sup> dar. Die Planung von inklusivem Unterricht ist aufgrund der Heterogenität sehr wichtig, um komplexe Unterrichtsvorhaben sowie Lern- und Entwicklungsziele bestimmen zu können.<sup>113</sup> Sie geschieht in diesem Fall für alle Schüler gleich, ohne zieldifferenten Unterricht, denn die Schüler arbeiten dabei an einem gemeinsamen Gegenstand und jeder zugleich auf seinem individuellen Lernstand. Dabei erfüllt sie das Modell doppelter Anschlussfähigkeit, welches die Berücksichtigung der individuellen Lernausgangslage des einzelnen Schülers sowie den Bezug zum Lehrplan der Klassenstufe beinhaltet.<sup>114</sup>

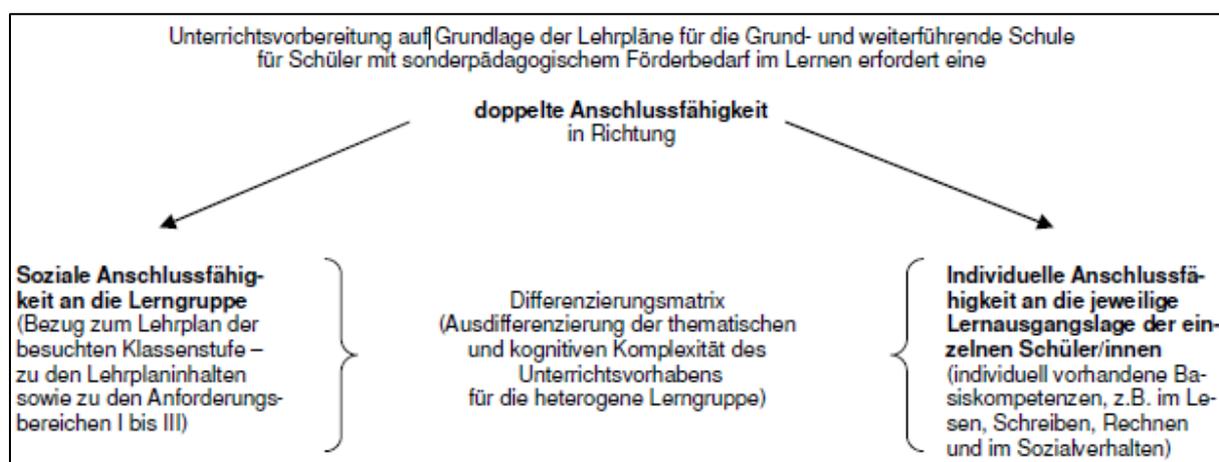


Abb. 7: Doppelte Anschlussfähigkeit der Differenzierungsmatrix (Sasse 2014, S. 133)

Die Matrix stellt einen Orientierungsrahmen zur Analyse der Bildungsinhalte dar, damit alle Schüler passende Lerngelegenheiten sowie einen Zugang zum Thema erhalten. Ziel der Matrizen ist alltagsnahe, herausfordernde Aufbereitung eines Lerngegenstandes aus unterschiedlichen Perspektiven.<sup>115</sup> Dafür sollte der Inhalt auf zeitliche, räumliche, materielle und soziale Rahmenbedingungen abgestimmt sein. Unterrichtsmatrizen eignen sich für längere Unterrichtssequenzen mit mehreren Unterrichtsstunden.

<sup>112</sup> Thüringer Forschungs- und Arbeitsstelle für den Gemeinsamen Unterricht/Inklusion.

<sup>113</sup> Vgl. Sasse, Ada/Schulzeck, Ursula (2014): Von der Schülerleistung zur Leistungsbewertung im Gemeinsamen Unterricht – erneuter Zwischenstand in einem Schulversuch, in: Jantowski, Andreas/Möllers, Rigobert (Hrsg.): Unterricht im Spannungsfeld zwischen Kompetenz- und Standardorientierung, Bad Berka 2014, S. 38-57.

<sup>114</sup> Vgl. Sasse 2014, S. 133.

<sup>115</sup> Vgl. Sasse 2014, S. 126.

Der Lehrende übernimmt dabei eine adaptiv-unterstützende, beratende sowie insgesamt begleitende Rolle.<sup>116</sup>

Die Grundstruktur der Matrizen wurde Kutzers Lernstrukturgitter übernommen. So bestehen Differenzierungsmatrizen ebenfalls aus einem Diagramm, welches die *Komplexität der Lerninhalte* horizontal und das *Niveau des Denkens* vertikal darstellt. Jedoch wird die Komplexität der Lerninhalte als „*thematische Komplexität*“ und das Niveau des Denkens als „*kognitive Komplexität*“ bezeichnet, wie es in Abbildung 8 zu sehen ist.

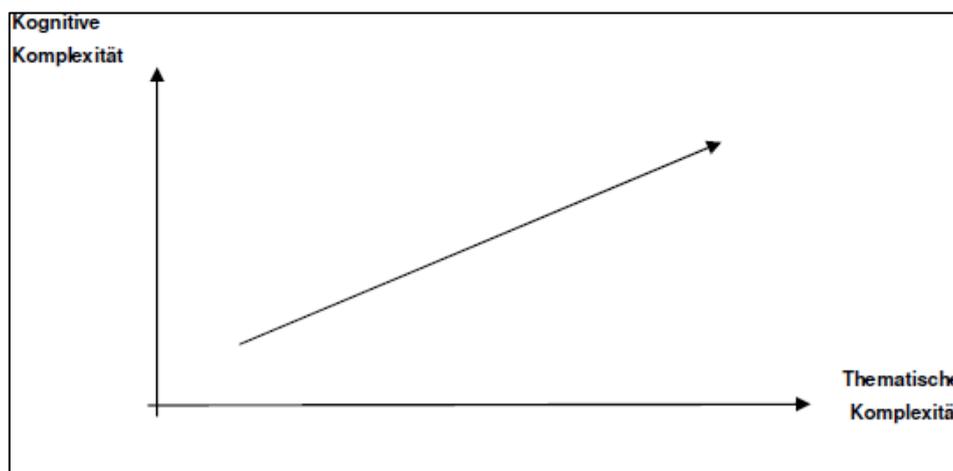


Abb. 8: Differenzierungsmatrix (Sasse 2014, S. 126)

Die Komplexität steigert sich jeweils von links nach rechts bzw. von unten nach oben.<sup>117</sup> Links unten beginnen die Komplexitäten mit der Elementarisierung des Lerngegenstandes und dem grundlegenden Verständnis des Themas, bis es rechts oben zur völligen Verinnerlichung und tiefem Verständnis eines komplexen, abstrakten Themas kommt. Die Elementarisierung entspricht einem Vorgang, bei dem das Wesentliche herausgearbeitet wird. Sie stellt somit die Auswahl solcher Sachverhalte dar, die für das Fach und die Lernenden elementar, beispielhaft und grundlegend sind sowie bedeutsam für den Bildungsprozess der Schüler erscheinen.<sup>118</sup> Dabei werden komplexe Phänomene in elementare Sinneinheiten zerlegt. Die Elementarisierung stellt ein Grundproblem der Didaktik dar, da wissenschaftliche Sachverhalte für den Unterricht vereinfacht werden müssen. Sie kann im Sinne der didaktischen Reduktion auf zwei

<sup>116</sup> Vgl. Greiner, Franziska/Kracke, Bärbel: Heterogenitätssensible Hochschullehre – Einsatz einer Differenzierungsmatrix, Jena 2018.

<sup>117</sup> Vgl. Sasse/Schulzeck 2013, S. 19.

<sup>118</sup> Vgl. Lehner, Martin: Didaktische Reduktion, Berne 2012.

Arten geschehen: sektoral und strukturell. Bei der sektoralen Reduktion wird der Inhaltsumfang verringert, bei der strukturellen Reduktion bleibt der Inhalt erhalten und die Aussage wird vermittlungstechnisch unter Berücksichtigung der Lernvoraussetzungen erarbeitet.<sup>119</sup>

Da es für andere Fächer außer Mathematik weder eine logische, aufeinander aufbauende Struktur der fachlichen Inhalte noch entwicklungspsychologisch basierte Modelle gibt, ist eine entwicklungspsychologische Zuordnung der Inhalte nach Kutzer kaum möglich.<sup>120</sup> Die Themenschwerpunkte werden stattdessen in Folge didaktischer Entscheidungen der Lehrkräfte in die Matrix einsortiert und besitzen eher einen sich ergänzenden Charakter, der zu einem komplexeren Bild des Themenkomplexes führt.<sup>121</sup> Aus diesem Grund stellen Differenzierungsmatrizen lediglich individuelle Erarbeitungen mit pädagogischen Begründungen dar, die jedoch nicht unveränderlich sind.

## 4.2 Anwendung in der Praxis

Um die theoretischen Grundlagen in die Unterrichtspraxis umzusetzen, bedarf es einiger Gestaltungskriterien der Matrix und der dazugehörigen Materialien. Diese werden im Folgenden dargelegt. Dazu gehören sowohl die Vorgehensweise bei der Erstellung als auch die Möglichkeit der Dokumentation des Lernwegs der Schüler, indem diese ebenfalls eine Matrix für ihre Mappe als Deckblatt erhalten. Im Anschluss wird die Methode der Differenzierungsmatrix auf Vor- und Nachteile analysiert.

### 4.2.1 Kriterien für die Gestaltung

Für die Erstellung der Matrix schlägt Sasse folgenden Ablauf vor: Zuerst ist der zu bearbeitende Lerngegenstand in Verbindung mit dem zugehörigen Fach sowie der zeitliche Umfang festzulegen. Anschließend soll ein Brainstorming zum Lerngegenstand stattfinden. Der nächste Schritt sieht die Auswahl thematischer Komplexitäten der Matrix vor. Diese können vollständig vom Lehrer ausgewählt werden und unterliegen keinen anderen Vorgaben. Die Bezeichnung der kognitiven Ebenen kann entweder von Kutzers Lernstrukturgitter übernommen oder selbstständig formuliert werden. Der nächste Schritt sieht die Zuordnung der ausdifferenzierten Schwerpunkte aus dem

---

<sup>119</sup> Vgl. Weber, Heinrich E.: Das Problem der didaktischen Reduktion im Biologieunterricht, in: Biologieunterricht 12 (1976), 3, S. 4-26.

<sup>120</sup> Vgl. Kutzer 1999, S. 25, auch Sasse/Schulzeck 2013, S. 18.

<sup>121</sup> Vgl. Sasse 2014, S. 123.

Brainstorming zu den entsprechenden Feldern der Matrix vor. Im letzten Schritt sollen die Sozialformen und das dazugehörige Material pro Feld notiert werden.<sup>122</sup>

Es bietet sich an, das Brainstorming im Team durchzuführen, da die Ausdifferenzierung von Inhalten eine komplexe Aufgabe ist. Dazu eigneten sich im Thüringer Schulversuch drei bis vier Personen mit unterschiedlich zu unterrichtenden Fächern, da so thematische Routinen aufgebrochen und ein fächerübergreifender Zugang erarbeitet werden konnte. Weiterhin erwies sich im Schulversuch eine Matrix von fünf Spalten und fünf Zeilen als ausreichend bezüglich der Differenzierungsmöglichkeiten für eine Schulklasse. Die Anzahl der Zeilen und Spalten ist jedoch variabel und sollte der Lerngruppe und Struktur des Lerngegenstandes angepasst werden.<sup>123</sup>

Bei der Zuordnung der ausdifferenzierten Schwerpunkte war auf die Steigerung der thematischen bzw. kognitiven Komplexität von links nach rechts bzw. von unten nach oben zu achten.<sup>124</sup> Für die Zuordnung im Team bietet sich eine begehbare, beidseitig beschriftete Matrix aus Karteikarten an, auf deren Vorderseite die ausdifferenzierten Schwerpunkte und auf der Rückseite die Sozialform und Materialien notiert werden. Weiterhin besteht keine Pflicht, jedes Feld der Matrix auszufüllen. Die Gitterstruktur stellt nur eine Strukturierungshilfe und kein starr einzuhaltendes Schema dar. Am Ende sollten alle Materialien der Matrix sowie die Matrix selbst in einer Schachtel untergebracht werden, sodass verschiedene Lehrkräfte auf die Materialien zugreifen können und keine Arbeitsblätter verloren gehen.<sup>125</sup>

Nach Erstellung der Matrix wird die Erarbeitung und Verantwortung der Aufgaben im Unterricht auf die beaufsichtigenden Kollegen eindeutig aufgeteilt. Dabei sollte allen bewusst sein, dass es keine spezielle Zuordnung der Verantwortung der Schüler mit sonderpädagogischen Förderbedarf zu den Sonderpädagogen gibt, sondern jeder Erwachsene für jeden Schüler Verantwortung trägt. Falls Lernstandserhebungen oder Leistungseinschätzungen von Materialien der Matrix durchgeführt werden, müssen diese vorher festgehalten werden. Dafür eignet sich die Einteilung der Felder der Matrix in Pflicht- und Wahlaufgaben. Im Schulversuch hat sich die Matrix als Deckblatt der Projektmappe der Schüler als nützlich erwiesen, da diese so einen Überblick über die Materialien erhalten und ihre eigene Arbeit sinnvoll strukturieren können<sup>126</sup>. In dieser

---

<sup>122</sup> Vgl. Sasse 2014, S. 126 f.

<sup>123</sup> Vgl. Sasse, 2014, S. 124.

<sup>124</sup> Vgl. Sasse/Schulzeck 2013, S. 19.

<sup>125</sup> Vgl. Sasse, 2014, S. 129.

<sup>126</sup> Vgl. Sasse, 2014, S. 130.

Form können auch die Lernprozesse der Schüler nachvollzogen werden, indem jeder in seine eigene Matrix einträgt, welche Aufgabe er an welchem Tag gelöst hat. Dies kann wie folgt aussehen:

<b>Abstrakt</b>				23.01.2018	
<b>Symbolisch</b>					30.01.2018
<b>Vollständig vorstellende Handlung</b>		11.01.2018			
<b>Teilweise vorstellende Handlung</b>			18.01.2018		
<b>Anschaulich/ Praktisch</b>	08.01.2018				
	<b>Themenfeld 1</b>	<b>Themenfeld 2</b>	<b>Themenfeld 3</b>	<b>Themenfeld 4</b>	<b>Themenfeld 5</b>

Abb. 9: Dokumentation des Lernwegs auf der Schülermatrix (eigene Darstellung)

Die Aufgaben sollten so gestaltet werden, dass unterschiedliche Bearbeitungswege und Lösungsniveaus ermöglicht werden. Es ist darauf zu achten, dass verschiedene Potenziale der Schüler genutzt werden können, sodass wechselseitige Unterstützung und Ergänzung unter den Schülern zustande kommen. Dies wird z. B. in Form von verschiedenen Methoden ermöglicht. Zu beachten ist außerdem ein ausgewogenes Verhältnis zwischen individuellen und Aufgaben für die gesamte Lerngruppe. Wichtig für die Materialgestaltung ist die anregende und motivierende Gestaltung sowie die Erfüllung allgemeingültiger Kriterien. Dazu zählt ein lebensnaher und aktueller Kontext, um das Interesse der Schüler zu wecken und gegebenenfalls das Wissen im Alltag anwenden zu können.<sup>127</sup> Auch eine verständlich, klar und präzise formulierte Aufgabenstellung zählt zu den allgemeingültigen Kriterien guten Unterrichts sowie als zusätzliche Voraussetzung für das eigenständige Arbeiten von Schülern.<sup>128</sup>

<sup>127</sup> Vgl. Tepner, Oliver: Effektivität von Aufgaben im Chemieunterricht der Sekundarstufe I, Berlin 2008.

<sup>128</sup> Vgl. Stäudel, Lutz: Guter Unterricht mit guten Aufgaben. Beispiele aus den naturwissenschaftlichen Fächern, in: Friedrich Jahresheft (2007), S. 47-49.



#### 4.2.2 Vor- und Nachteile der Differenzierungsmatrix

Differenzierungsmatrizen besitzen aufgrund der Arbeit am Aufgabenpool eines einheitlichen Themas für alle Schüler den Vorteil der Durchlässigkeit einzelner Bildungsgänge, wie er für einen inklusiven Unterricht gefordert wird.<sup>129</sup> Durch den Aufgabenpool der differenzierten Herangehensweise des Lerngegenstands finden alle Schüler aufgrund ihrer Interessen und Stärken Zugang zum Thema.<sup>130</sup> Dies konnte auch in früheren Abschlussarbeiten nachgewiesen werden.<sup>131</sup> Der Arbeitsaufwand für die Erstellung eines solchen Aufgabenpools ist jedoch sehr hoch, was auch bei der Erstellung der Materialien für diese Arbeit festgestellt wurde. Vorhandene Materialien konnten nicht übernommen werden, da sie nicht inklusiv aufgearbeitet waren, sodass sie überarbeitet oder vollständig neu entworfen werden mussten. Wurden die Materialien jedoch einmal erstellt, können sie erneut verwendet und auch an andere Lehrer weitergegeben werden. Ebenfalls können einzelne Aufgaben verändert und so mit geringen Aufwand an die jeweilige Klasse angepasst werden.<sup>132</sup> Das vorhandene Material der Schule kann auf diese Weise strukturiert und für alle Kollegen übersichtlich aufbereitet werden.<sup>133</sup> Dies und die gemeinsame Erarbeitung der Matrizen unterstützt die Kooperation und die Teamarbeit der Kollegen untereinander und sorgt für ein besseres Schulklima.<sup>134</sup> Durch die Schülermatrix erhalten die Schüler einen Überblick über das Lernangebot, ihre Lernumgebung wird strukturiert. Weiterhin bildet die Dokumentation des Lernweges auf der Schülermatrix eine gute Grundlage für die Leistungseinschätzung, welche z. B. bei Eltern-Lehrer-Gesprächen die Aussagen der Lehrkraft unterstützen.<sup>135</sup> Durch die selbstständige Arbeit der Schüler erhalten Lehrer zusätzliche Zeit für individualisierte Instruktionen und Interaktionen, wovon Schüler mit und ohne sonderpädagogischem Förderbedarf profitieren.<sup>136</sup> Außerdem sollte diese Methode die Motivation der Schüler steigern, da die drei psychologischen Grundbedürfnisse Autonomie,

---

<sup>129</sup> Vgl. Schwager 2017, S. 11.

<sup>130</sup> Vgl. Sasse/Schulzeck 2013, S. 19.

<sup>131</sup> Vgl. Wiebe, Antje: Masterarbeit im Lernbereich Allgemeine Grundschulpädagogik zum Thema Möglichkeiten der Inneren Differenzierung im Gemeinsamen Unterricht mit Hilfe von Differenzierungsmatrizen als Planungsgrundlage am Beispiel des Lernfeldes Zeit. Stand: 2013. URL: [http://www.gu-thue.de/material/Masterarbeit\\_mit\\_Anhang\\_gekuerzt.pdf](http://www.gu-thue.de/material/Masterarbeit_mit_Anhang_gekuerzt.pdf) (abgerufen am 02.02.2018).

<sup>132</sup> Vgl. Thies, Wiltrud: Inklusion jetzt!: Kompass zur Schul- und Selbstentwicklung in der Grundschule, Hamburg 2016.

<sup>133</sup> Vgl. Sasse/Schulzeck 2014, S. 50.

<sup>134</sup> Vgl. Sasse 2014, S. 131, auch Sasse/Schulzeck 2014, S. 50.

<sup>135</sup> Vgl. Thies 2016 [keine Seitenzahlen vorhanden], auch Sasse/Schulzeck 2013, S. 21.

<sup>136</sup> Vgl. Klieme, Eckhard/Warwas, Jasmin: Konzepte der individuellen Förderung, in: Zeitschrift für Pädagogik 57 (2011), 6, S. 805-818.

Kompetenzerleben und soziale Bezogenheit, welche die Grundlage für das Auftreten von intrinsischer Motivation darstellen, vollständig erfüllt sind.<sup>137</sup>

Die Aufgaben sind weiterhin individualisiert und an die jeweiligen Voraussetzungen bzw. Fähigkeiten der Schüler einer Klasse angepasst, sodass es zu einem Kompetenzerleben kommt. Es kann jedoch auch sein, dass Schüler ihre eigenen Fähigkeiten überschätzen und von der Wahl der Aufgaben überfordert sind, sodass sie Aufgaben herausuchen, die sie nicht lösen können. Dann sind gegebenenfalls Frustration und Leistungsverweigerung die Folge.<sup>138</sup> Jedoch sind die eigene Leistungseinschätzung und der Umgang mit Schwächen und Niederlagen ebenfalls wichtige Fähigkeiten, die Schüler für ihr weiteres Leben erlernen sollten.

Der einzig bedeutsame Nachteil der Methode der Differenzierungsmatrizen zeigt sich in der Reduktion der Differenzierung des Unterrichtsgeschehens auf die kognitive Komplexität.<sup>139</sup> Es gibt jedoch noch weitere Aspekte, wie z. B. sprachliche und soziale Vielfalt sowie unterschiedliche Verhaltensweisen, welche in der Differenzierungsmatrix von Sasse nicht beachtet wurden. Klafki und Stöcker haben schon 1976 die Aspekte der Differenzierung von Unterricht neben den kognitiven Ebenen auf Stoffumfang/Zeitaufwand, Komplexitätsgrad, Anzahl der notwendigen Durchgänge, Notwendigkeit direkter Hilfe/Grad der Selbstständigkeit, Art der inhaltlichen oder methodischen Zugänge/Vorerfahrungen und Kooperationsfähigkeit erweitert.<sup>140</sup>

Insgesamt stellt die Methode der Differenzierungsmatrix von Sasse gleichwohl ein gutes Modell für die Verbindung von kooperativen und individualisierten Unterrichtsmodellen hinsichtlich kognitiver Differenzierung und eine gute Planungsgrundlage für inklusiven Unterricht dar. Jedoch kann Differenzierung nicht nur kognitiv geschehen, weshalb weitere Aspekte in die Matrix mit einbezogen werden müssten. Dies könnte z. B. in Form von mehreren, nebeneinander existierenden Matrizen oder durch von Matrizen mit mehreren Ebenen, welche in Computerprogrammen erstellt wurden, geschehen.<sup>141</sup>

---

<sup>137</sup> Vgl. Schaffner, Ellen/Schiefele, Ulrich: Motivation, in: Möller, Jens/Wild, Elke (Hrsg.): Pädagogische Psychologie, Berlin Heidelberg 2015.

<sup>138</sup> Vgl. Schwager 2017, S. 12.

<sup>139</sup> Vgl. Schwager 2017, S. 12.

<sup>140</sup> Vgl. Klafki, Wolfgang/Stöcker, Hermann: Innere Differenzierung des Unterrichts, in: Zeitschrift für Pädagogik 22 (1976), 4, S. 497-523.

<sup>141</sup> Vgl. Schwager 2017, S. 14.

## Literaturverzeichnis

### Bücher und Zeitschriften

Abels, Simone/Markic, Silvija: Umgang mit Vielfalt – neue Perspektiven im Chemieunterricht, in: NiU-C 24 (2013a), 135, S. 2-6.

Abels, Simone/Markic, Silvija: Die Fachsprache der Chemie. Ein gemeinsames Anliegen von heterogenen Klassen, in: NiU-C 24 (2013b), 135, S. 10-14.

Abels, Simone/Markic, Silvija: Inklusion – aber wie? Methoden und Materialien aus der Praxis für die Praxis, in: NiU-C 28 (2017), 162, S. 8-11.

Adamina, Marco/Möller, Kornelia: Zugänge zum naturwissenschaftlichen Lernen öffnen, in: Labudde, Peter (Hrsg.): Fachdidaktik Naturwissenschaft. 1.-9. Schuljahr, Berne 2010, S. 103-116.

Ahrbeck, Bernd: Inklusion. Eine Kritik, Stuttgart 2016.

Bach, Heins: Geistigbehindertenpädagogik, Berlin 1968.

Becker, Hans-Jürgen/Brauckschulze, Lisa/Fechner, Sabine: Trendbericht. Chemiedidaktik 2015, in: Nachrichten aus der Chemie 64 (2016), S. 352-358.

Black-Hawkins, Kristine/Florian, Lani: Exploring inclusiv pedagogy, in: British Educational Research Journal, 37 (2011), 5, S. 813-828.

Bohl, Thorsten u. a.: Binnendifferenzierung. Teil 1: Didaktische Grundlagen und Forschungsergebnisse zur Binnendifferenzierung im Unterricht, Immenhausen 2012.

Böttinger, Traugott: Inklusion. Gesellschaftliche Leitidee und schulische Aufgabe, Stuttgart 2016.

Bruner, Jerome Seymour: Entwurf einer Unterrichtstheorie, Berlin 1974.

Chaiklin, Seth: Die Zone der nächsten Entwicklung, in: Kaiser, Astrid u. a. (Hrsg.): Bildung und Erziehung, Stuttgart 2010, S. 78-87.

Committee of Enquiry into the Education of Handicapped Children and Young People: The Warnock Report. Special Educational Needs, London 1978.

Fachleiter für Chemie: Wie inklusiver Chemieunterricht mit Schülerexperimenten gelingen kann, in: CHEMKON 24 (2017), 2, S. 96-97.

Feuser, Georg: Allgemeine integrative Pädagogik und entwicklungslogische Didaktik, in: Behindertenpädagogik 28 (1989), 2, S. 4-48.

Feuser, Georg: Behinderte Kinder und Jugendliche. Zwischen Integration und Aussonderung, Darmstadt 1995.



Feuser, Georg: Momente entwicklungslogischer Didaktik einer Allgemeinen (integrativen) Pädagogik, in: Eberwein, Hans/Knauer, Sabine (Hrsg.): Handbuch Integrationspädagogik. Kinder mit und ohne Beeinträchtigung lernen gemeinsam, Weinheim 2009, S. 280-294.

Feuser, Georg: Entwicklungslogische Didaktik, in: Kaiser, Astrid u. a. (Hrsg.): Didaktik und Unterricht, Stuttgart 2011, S. 86-100.

Feuser, Georg: Die „Kooperation am Gemeinsamen Gegenstand“ – ein Entwicklung induzierendes Lernen, in: Feuser, Georg/Kutscher, Joachim (Hrsg.): Entwicklung und Lernen, Stuttgart 2013, S. 282-293.

Gräber, Wolfgang/Nentwig, Peter: Scientific Literacy – Naturwissenschaftlichen Grundbildung in der Diskussion, in: Gräber, Wolfgang u. a. (Hrsg.): Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung, Opladen 2002, S. 7-20.

Greiner, Franziska/Kracke, Bärbel: Heterogenitätssensible Hochschullehre – Einsatz einer Differenzierungsmatrix, Jena 2018.

Groß, Katharina: Individuelle Förderung im Chemieunterricht, in: Reiners, Christiane S.: Chemie vermitteln. Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen, Berlin Heidelberg 2017, S. 148-167.

Hinz, Andreas: Inklusion, in: Antor, Georg/Bleidick, Ulrich (Hrsg.): Handlexikon der Behindertenpädagogik, Stuttgart 2006a, S. 97–99.

Hoffmann, Thomas/Menthe, Jürgen: Inklusiver Chemieunterricht: Chance und Herausforderung, in: Musenberg, Oliver/Riegert, Judith (Hrsg.): Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe, Stuttgart 2015a, S. 131-141.

Hoffmann, Thomas/Menthe, Jürgen: Sonderpädagogische Aspekte inklusiven Chemieunterrichts in der Sekundarstufe, in: Riegert, Judith/Musenber, Oliver (Hrsg.): Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe, Stuttgart 2015b, S. 141-158.

Hoffmann, Thomas/Menthe, Jürgen: Inklusiver Chemieunterricht. Ausgewählte Konzepte und Praxisbeispiele aus Sonderpädagogik und Fachdidaktik, in: Menthe, Jürgen u.a. (Hrsg.): Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe. Beiträge der fachdidaktischen Forschung, Münster 2016, S. 351-360.

Jantzen, Wolfgang: Auf dem Weg zu einem Neuverständnis der „Zone der nächsten Entwicklung“, in: Siebert, Birger (Hrsg.): Integrative Pädagogik und die Kulturhistorische Theorie, Frankfurt am Main 2010, S. 97-104.

Johnstone, Alex H.: Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem, in: Journal of Computer Assisted Learning 7 (1991), 2, S. 75-83.

Klafki, Wolfgang/Stöcker, Hermann: Innere Differenzierung des Unterrichts, in: Zeitschrift für Pädagogik 22 (1976), 4, S. 497-523.

Klemm, Prof. Dr. phil. Klaus: Inklusion in Deutschland. Daten und Fakten, Gütersloh 2015.

Klieme, Eckhard/Warwas, Jasmin: Konzepte der individuellen Förderung, in: Zeitschrift für Pädagogik 57 (2011), 6, S. 805-818.



Koliander, Brigitte/Puddu, Sandra: Diversität beim Forschenden Lernen. Berücksichtigung von Migration und Alter im Chemieunterricht, in: NiU-C 24 (2013), 135, S. 26-30.

Krell, Gertraude u. a.: Einleitung – Diversity Studies als integrierende Forschungsrichtung, in: Krell, Gertraude u. a. (Hrsg.): Diversity Studies. Grundlagen und disziplinäre Ansätze, Frankfurt am Main/New York 2007, S. 7-16.

Kronauer, Martin: Inklusion – Exklusion. Eine historische und begriffliche Annäherung an die soziale Frage der Gegenwart, in: Kronauer, Martin (Hrsg.): Inklusion und Weiterbildung. Reflexionen zur gesellschaftlichen Teilhabe in der Gegenwart, Bielefeld 2010, S. 24-58.

Kutzer, Reinhard: Zur Kritik gegenwärtiger Didaktik der Schule für Lernbehinderte – aufgezeigt an den Befunden der empirischen Überprüfung rechendidaktischer Entscheidungen, Marburg/Lahn 1976.

Kutzer, Reinhard: Anmerkungen zum Struktur- und Niveauorientierten Unterricht, in: Probst, Holger: Kritische Behindertenpädagogik in Theorie und Praxis. Beiträge zum gleichnamigen Studentenkongress der Fachgruppe Sonderpädagogik in Marburg 1978, Solms-Oberbiel 1982, S. 29-62.

Kutzer, Reinhard: Mathematik entdecken und verstehen. Kommentarband 1, Frankfurt am Main 1998.

Kutzer, Reinhard: Überlegungen zur Unterrichtsorganisation im Sinne strukturorientierten Lernens, in: Probst, Holger (Hrsg.): Mit Behinderungen muss gerechnet werden: der Marburger Beitrag zur lernprozessorientierten Diagnostik, Beratung und Förderung, Solms 1999, S. 15-69.

Kutzer, Reinhard: Mathematik entdecken und verstehen. Kommentarband 2, Hünfeld 2002.

Kutzer, Reinhard: Mathematik entdecken und verstehen. Kommentarband 1, Frankfurt am Main 2008.

Lehner, Martin: Didaktische Reduktion, Berne 2012.

Leontjew, Alexei Nikolajewitsch: Probleme der Entwicklung des Psychischen, Frankfurt am Main 1973.

Löser, Jessica M./Werning, Rolf: Inklusion: aktuelle Diskussionen, Widersprüche und Perspektiven, in: DDS - Die deutsche Schule 102 (2010), 2, S. 103-114.

Menthe, Jürgen/Scheidel, Jan Hauke: Inklusiver Chemieunterricht. Herausforderungen und Lösungsansätze, in: Bernholt, Sascha (Hrsg.): Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Bremen 2014, Kiel 2015, S. 46-48.

Piaget, Jean: Das Erwachen der Intelligenz beim Kinde, Stuttgart 1969.

Reiners, Christiane S.: Wissensvermittlung als Bildungsauftrag, in: Reiners, Christiane S.: Chemie vermitteln. Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen, Berlin Heidelberg 2017, S. 21-32.

Reiners, Christiane S./Sabarowski, Jörg: Auf dem Weg zum Chemieunterricht, in: Reiners, Christiane S.: Chemie vermitteln. Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen, Berlin Heidelberg 2017, S. 91-146.

Renkl, Alexander: Wissenserwerb, in: Möller, Jens/Wild, Elke: Pädagogische Psychologie, Berlin Heidelberg 2015.

Riedl, Alfred: Innere Differenzierung – Herausforderung für modernen Unterricht, in: Föderale Ausbildungsagentur, Staatliche Technische Uraler Universität: Wirtschaft und Linguistik: Wege einer Wechselwirkung. Eine Sammlung von Materialien einer internationalen wissenschaftlich-praktischen Konferenz von Studierenden und Doktoranden, Jekaterinburg 2008, S. 122-128.

Rodina, Katarina/Siebert, Birger: Interiorisation in der Zone der nächsten Entwicklung, in: Feuer, Georg/Kutscher, Joachim (Hrsg.): Entwicklung und Lernen, Stuttgart 2013, S. 230-234.

Sander, Alfred: Konzepte einer Inklusiven Pädagogik, in: Zeitschrift für Heilpädagogik (2004), 5, S. 240-244.

Sasse, Ada: Unterrichtsvorbereitung und Leistungseinschätzung im Gemeinsamen Unterricht, in: Peters, Susanne/ Widmer-Rockstroh, Ulla (Hrsg.): Gemeinsam unterwegs zur inklusiven Schule, Frankfurt 2014, S. 118-137.

Sasse, Ada/Schulzeck, Ursula: Differenzierungsmatrizen als Modell der Planung und Reflexion inklusiven Unterrichts – zum Zwischenstand in einem Schulversuch, in: Jantowski, Andreas (Hrsg.): Thillm. 2013 – Gemeinsam leben. Miteinander lernen, Bad Berka 2013, S. 13-22.

Sasse, Ada/Schulzeck, Ursula (2014): Von der Schülerleistung zur Leistungsbewertung im Gemeinsamen Unterricht – erneuter Zwischenstand in einem Schulversuch, in: Jantowski, Andreas/Möllers, Rigobert (Hrsg.): Unterricht im Spannungsfeld zwischen Kompetenz- und Standardorientierung, Bad Berka 2014, S. 38-57.

Schaffner, Ellen/Schiefele, Ulrich: Motivation, in: Möller, Jens/Wild, Elke (Hrsg.): Pädagogische Psychologie, Berlin Heidelberg 2015.

Schröder, Hartwig: Lernen-Lehren-Unterricht. Lernpsychologische und didaktische Grundlagen, München/Wien 2002.

Schleicher, Andreas: Anforderungen an ein zukunftsfähiges Bildungssystem aus internationaler Sicht, in: DDS - Die deutsche Schule 100 (2008), 1, S. 43-55.

Schwager, Michael: Zusammen Gemeinsam Lernen – ein Versuch, die Orientierung an Inklusion als Unterricht zu denken, in: Wocken, Hans: Beim Haus der inklusiven Schule. Praktiken – Kontroversen – Statistiken, Hamburg 2017.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland: Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10), München 2005.

Sliwka, Anne/Wellensiek, Anneliese: Unterschiedlichkeit als Chance. Kompetenzorientierte Unterrichtsplanung mit dem Ziel der Inklusion, in: NiU-C 24 (2013), 135, S. 7-9.

Sodian, Beate: Entwicklung begrifflichen Wissens, in: Montada, Leo/Oerter, Ralf (Hrsg.): Entwicklungspsychologie, Basel 2002, S. 443-468.

Speck, Otto: Schulische Inklusion aus heilpädagogischer Sicht. Rhetorik und Praxis, München 2010.

Stäudel, Lutz: Guter Unterricht mit guten Aufgaben. Beispiele aus den naturwissenschaftlichen Fächern, in: Friedrich Jahresheft (2007), S. 47-49.

Stellbrink, Mareike: Inklusion als Herausforderung für die Entwicklung von Unterricht, Schule und Lehrerbildung, in: Fürstenau, Sara (Hrsg.): Interkulturelle Pädagogik und Sprachliche Bildung. Herausforderungen für die Lehrerbildung, Wiesbaden 2012, S. 83-99.

Tenorth, Heinz-Elmar/Tippelt, Rudolf: Beltz Lexikon Pädagogik, Darmstadt 2007.

Tepner, Oliver: Effektivität von Aufgaben im Chemieunterricht der Sekundarstufe I, Berlin 2008.

Thies, Wiltrud: Inklusion jetzt!: Kompass zur Schul- und Selbstentwicklung in der Grundschule, Hamburg 2016.

Tiemann, Heike: Inklusion, in: Schmidt, Werner u. a. (Hrsg.): Dritter Deutscher Kinder- und Jugend-sportbericht. Kinder- und Jugendsport im Umbruch, Schorndorf 2015.

Vernooij, Monika A.: Möglichkeiten und Grenzen der Inklusion von Kindern mit Lern- und/oder Verhaltensbeeinträchtigungen, in: Jantowski, Andreas (Hrsg.): Thillm. 2013 – Gemeinsam leben. Miteinander lernen, Bad Berka 2013, S. 23-43.

Vygotskij, Lev Semjonowitsch: Ausgewählte Schriften. Band 2, Köln 1987.

Weber, Heinrich E.: Das Problem der didaktischen Reduktion im Biologieunterricht, in: Biologieunterricht 12 (1976), 3, S. 4-26.

Werning, Rolf: Inklusion, in: Horn, Klaus-Peter u. a. (Hrsg.): Klinkhardt Lexikon Erziehungswissenschaft, Bad Heilbrunn 2012, S. 84-85.

Zimpel, André Frank: Zone der nächsten Entwicklung, in: Horn, Klaus-Peter u. a. (Hrsg.): Klinkhardt Lexikon Erziehungswissenschaft. Phänomenologische Pädagogik – Zypern, Bad Heilbrunn 2012.

## Internetquellen

Boban, Ines/Hinz, Andreas: Index für Inklusion. Lernen und Teilhabe in der Schule der Vielfalt entwickeln. Stand: 2003. URL: [https://fgds.saarland.de/dokumente/thema\\_bildung/Index\\_fuer\\_Inklusion.pdf](https://fgds.saarland.de/dokumente/thema_bildung/Index_fuer_Inklusion.pdf) (abgerufen am 09.02.2018).

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland. Stand: 13. Januar 2017. URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/gg/GG.pdf> (abgerufen am 09.02.2018).

Deutsches Institut für Menschenrechte: Online-Handbuch Inklusion als Menschenrecht, Stand: 2018. URL: <http://www.inklusion-als-menschenrecht.de/> (abgerufen am 09.02.2018).



Kultusministerkonferenz: Inklusive Bildung von Kindern und Jugendlichen mit Behinderungen in Schulen. Stand: 20. Oktober 2011. URL: [http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2011/2011\\_10\\_20-Inklusive-Bildung.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2011/2011_10_20-Inklusive-Bildung.pdf) (abgerufen am 01. Dezember 2017).

OECD: PISA 2006. Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von morgen. Kurzzusammenfassung. Stand: 2007. URL: <http://www.oecd.org/berlin/39715718.pdf> (abgerufen am 14.02.2018).

PISA-Konsortium Deutschland: PISA 2003: Kurzzusammenfassung der Ergebnisse. Stand: 2004. URL: [http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2004/Zusammenfassung\\_PISA\\_5.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2004/Zusammenfassung_PISA_5.pdf) (abgerufen am 19.02.2018).

Sasse, Ada/Schulzeck, Ursula: Zentrale Ergebnisse des Thüringer Schulversuchs „Unterrichtung von Schüler mit sonderpädagogischem Förderbedarf im Lernen im gemeinsamen Unterricht nach den Lehrplänen der Grund- und Regelschule“. Stand: 01. August 2017. URL: [http://www.gu-thue.de/material/sversuch/Schulversuch\\_01082017\\_gesamt.pdf](http://www.gu-thue.de/material/sversuch/Schulversuch_01082017_gesamt.pdf) (abgerufen am: 01.02.2018).

Sturm, Tanja: Inklusion: Kritik und Herausforderung des schulischen Leistungsprinzips. URL: <http://www.budrich-journals.de/index.php/ew/article/viewFile/24363/21233> (abgerufen am 11.02.2018).

Thüringer Forschungs- und Arbeitsstelle für den Gemeinsamen Unterricht/Inklusion: Differenzierungs-matrix – ein Modell zur Planung von Unterricht in heterogenen Lerngruppen. URL: <http://www.gu-thue.de/matrix.htm> (abgerufen am 31.01.2018).

Thüringer Kultusministerium: Organisation des Schulversuchs. URL: <http://www.gu-thue.de/material/sversuch/Organisationsverfuegung.pdf> (abgerufen am 30.01.2018).

UN-Generalversammlung: Übereinkommen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen. Stand: 13. Dezember 2006. URL: [https://www.institut-fuer-menschenrechte.de/fileadmin/user\\_upload/PDF-Dateien/Pakte\\_Konventionen/CRPD\\_behindertenrechtskonvention/crpd\\_b\\_de.pdf](https://www.institut-fuer-menschenrechte.de/fileadmin/user_upload/PDF-Dateien/Pakte_Konventionen/CRPD_behindertenrechtskonvention/crpd_b_de.pdf) (abgerufen am 10.02.2018).

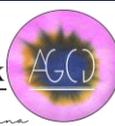
UNESCO: Die Salamanca Erklärung und der Aktionsrahmen zur Pädagogik für besondere Bedürfnisse. Stand: 10. Juni 1994. URL: <https://www.unesco.de/fileadmin/medien/Dokumente/Bibliothek/salamanca-erklaerung.pdf> (abgerufen am 10.02.2018).

Wiebe, Antje: Masterarbeit im Lernbereich Allgemeine Grundschulpädagogik zum Thema Möglichkeiten der Inneren Differenzierung im Gemeinsamen Unterricht mit Hilfe von Differenzierungsmatrizen als Planungsgrundlage am Beispiel des Lernfeldes Zeit. Stand: 2013. URL: [http://www.gu-thue.de/material/Masterarbeit\\_mit\\_Anhang\\_gekuerzt.pdf](http://www.gu-thue.de/material/Masterarbeit_mit_Anhang_gekuerzt.pdf) (abgerufen am 02.02.2018).



Differenzierungsmatrix zum Thema

# Säuren und Basen



Kognitive Komplexität ↑

<b>Synthese/ Evaluieren/ Kreieren</b>	<b>Saurer Regen</b> SF: PA Methode: Experiment	<b>Lösungen identifizieren</b> SF: PA Methode: Forscherauftrag/ Experiment	<b>Herstellung von Phosphorsäure</b> SF: PA Methode: Experiment	<b>Redoxreaktionen von Säuren</b> SF: EA oder PA Methode: Übung/ Lernen am Video	<b>Brenztraubensäure und Milchsäure</b> SF: EA Methode: Textarbeit/ Strukturvergleich
<b>Analysieren</b>	<b>Rot- oder Blaukraut</b> SF: PA Methode: Forscherauftrag/ Experiment	<b>Rohre frei! Teste den Rohrreiniger</b> SF: PA Methode: Experiment/ Forscherauftrag	<b>Die Ammoniaksynthese</b> SF: EA Methode: Textarbeit	<b>Salzbildungsreaktionen</b> SF: PA/GA Methode: Memory/ Think-Pair-Share	<b>Reaktionen der Carbon-säuren II</b> SF: PA Methode: Experiment
<b>Anwenden</b>	<b>Sodbrennen und Antisodbrennmittel</b> SF: PA Methode: Textarbeit	<b>Elektrische Leitfähigkeit</b> SF: PA oder GA Methode: Gedankenexperiment	<b>Atemluft in Indikatorlösung pusten</b> SF: PA Methode: Experiment	<b>Die Neutralisation</b> SF: EA oder PA Methode: Experiment	<b>Reaktionen der Carbon-säuren I</b> SF: PA Methode: Experiment
<b>Verstehen</b>	<b>Die Essigsäure</b> SF: EA Methode: Fallstudie	<b>Säure-Base-Indikatoren</b> SF: EA und PA Methode: Experiment/ Textarbeit	<b>Lösen von Branntkalk in Wasser</b> SF: PA Methode: Experiment	<b>pH-Wert und Indikatoren</b> SF: GA Methode: Experiment	<b>Die Carboxylgruppe</b> SF: EA Methode: Textarbeit/ Modellbau
<b>Wissen/ Erinnern</b>	<b>Säuren und Basen im Alltag</b> SF: PA Methode: Forscherauftrag	<b>Säuren- und Basen-Quartett</b> SF: GA Methode: Quartett-Spiel	<b>Puzzle - Herstellung von Säuren und Basen</b> SF: EA Methode: Puzzle	<b>Dissoziation</b> SF: GA Methode: Thesenbar	<b>Organische Säuren in Lebensmitteln</b> SF: GA Methode: Recherche
(Einteilung der kognitiven Komplexität nach Bloom/ Anderson/ Krathwohl)	<b>Säuren &amp; Basen im Alltag</b>	<b>Eigenschaften von Säuren &amp; Basen</b>	<b>Herstellung von Säuren &amp; Basen</b>	<b>Reaktionsverhalten von Säuren &amp; Basen</b>	<b>Zusatzoption: Organische Säuren</b>

→ Thematische Komplexität



Kognitive Komplexität ↑

(Hinweis: Mit \* markierte Stationen enthalten zusätzliche Möglichkeiten zur Binnendifferenzierung)

<b>Synthese/ Evaluieren/ Kreieren</b>	<b>A5*</b> Saurer Regen Differenzierung mit Lernhilfen	<b>B5*</b> Lösungen identifizieren Differenzierung nach Schwierigkeitsgrad	<b>C5</b> Herstellung von Phosphorsäure Keine Differenzierung	<b>D5*</b> Redoxreaktionen von Säuren Differenzierung mit Lernhilfen	<b>E5*</b> Brenztraubensäure und Milchsäure Differenzierung mit Lernhilfen
<b>Analysieren</b>	<b>A4*</b> Rot- oder Blaukraut Differenzierung nach Experimentierkompetenz	<b>B4</b> Rohre frei! Teste den Rohreiniger Keine Differenzierung	<b>C4*</b> Die Ammoniaksynthese Differenzierung nach Schwierigkeitsgrad	<b>D4*</b> Salzbildungsreaktionen Differenzierung nach didaktischem Einsatz	<b>E4</b> Reaktionen der Carbonsäuren II Keine Differenzierung
<b>Anwenden</b>	<b>A3</b> Sodbrennen und Antisodbrennmittel Keine Differenzierung	<b>B3</b> Elektrische Leitfähigkeit Keine Differenzierung	<b>C3</b> Atemluft in Indikatorlösung pusten Keine Differenzierung	<b>D3*</b> Die Neutralisation Differenzierung mit Lernhilfen	<b>E3*</b> Reaktionen der Carbonsäuren I Differenzierung mit Lernhilfen
<b>Verstehen</b>	<b>A2</b> Die Essigsäure Keine Differenzierung	<b>B2*</b> Säure-Base-Indikatoren Differenzierung mit Lernhilfen	<b>C2</b> Lösen von Branntkalk in Wasser Keine Differenzierung	<b>D2</b> pH-Wert und Indikatoren Keine Differenzierung	<b>E2</b> Die Carboxylgruppe Keine Differenzierung
<b>Wissen/ Erinnern</b>	<b>A1</b> Säuren und Basen im Alltag Keine Differenzierung	<b>B1</b> Säuren- und Basen-Quartett Keine Differenzierung	<b>C1*</b> Puzzle – Herstellung Säuren & Basen Differenzierung nach Schwierigkeitsgrad	<b>D1</b> Dissoziation Keine Differenzierung	<b>E1</b> Organische Säuren in Lebensmitteln Keine Differenzierung
(Einteilung der kognitiven Komplexität nach Bloom/Anderson/ Krathwohl)	<b>Säuren &amp; Basen im Alltag</b>	<b>Eigenschaften von Säuren &amp; Basen</b>	<b>Herstellung von Säuren &amp; Basen</b>	<b>Reaktionsverhalten von Säuren &amp; Basen</b>	<b>Zusatzoption: Organische Säuren</b>

Thematische Komplexität →



FRIEDRICH-SCHILLER-  
UNIVERSITÄT  
JENA

Differenzierungsmatrix  
- Säuren & Basen -

Chemiedidaktik





**Sozialform:** Partnerarbeit

**Methode:** Forscherauftrag

---

Informationen:



Im Alltag laufen uns immer wieder Säuren und Basen über den Weg. Oftmals nutzen wir diese Produkte allerdings ohne zu wissen, dass sie Säuren und Basen sind.

Aufgabe:

Lest die Listen mit Inhaltsstoffen aller beiliegenden Produkte sorgfältig durch und erstelle eine Übersicht über alle Produkte, in denen Säuren und Basen enthalten sind. Unterstreiche alle Säuren in deiner Übersicht mit **rot** und alle Basen mit **blau**.

**Hinweis:** Die Worte Hydroxid oder Lauge signalisieren, dass es sich um eine Base handelt.



## Musterlösung für die Station A1: Säuren und Basen im Alltag

Produkt	Inhaltstoff
Mineralwasser	Kohlensäure
Cola	Kohlensäure, Phosphorsäure, Zitronensäure
Maaloxan (Antisodbrennmittel)	Magnesiumhydroxid, Aluminiumhydroxid
Rohrreiniger	Natriumhydroxid
WC-Entkalker	Essigsäure
Leberwurst	Ascorbinsäure
Laugengebäck	Natronlauge
Vollmilch	Milchsäure
Vollkornbrot	Sorbinsäure
Rhabarbersaft	Oxalsäure





**Sozialform:** Einzelarbeit

**Methode:** Fallstudie

Informationen:



Im Haushalt findet man Essigsäure in verschiedenen Formen. So enthalten beispielweise Apfelessig und Essigessenz beide mit Wasser verdünnte Essigsäure, werden aber für verschiedene Dinge genutzt. Während Apfelessig zum Verfeinern von Salaten oder zum Kochen von Rotkohl genutzt wird, findet Essigessenz Anwendung beim Putzen und sollte nicht als Lebensmittel benutzt werden.

Aufgabe:

Erkläre warum beide Stoffe trotz gleicher Inhaltsstoffe unterschiedlich gehandhabt werden.

Brauchst du Hilfe?

Auf dem Tisch findest du Essigsäure in verschiedenen Formen. Vergleiche beide Etiketten und finde Gemeinsamkeiten und Unterschiede beider Produkte.



## Musterlösung für die Station A2: Die Essigsäure

Die Schüler\*innen erkennen durch Recherche, Vorwissen oder Vergleich beider Etiketten, dass beide Stoffe verschiedene Mengen Essigsäure enthalten und demzufolge unterschiedlich stark sauer sind. Je nach Lernstand der Schüler\*innen kann an dieser Stelle auch mit dem Konzentrationsbegriff argumentiert werden. Für ein quantitatives Verständnis ist dies allerdings nicht zwingend notwendig, da dies ebenso anhand der Prozentangaben beider Stoffe nachvollzogen werden kann.

Die Schüler\*innen erkennen, dass eine Essigsäurelösung nur in geringer Konzentration bzw. mit einer geringen Menge an tatsächlich gelöster, reiner Essigsäure gesundheitlich unbedenklich und somit für den Körper verträglich ist. Dieses Kriterium erfüllt der Apfelessig, der eine 5%ige Essigsäurelösung darstellt. Die Essigessenz hingegen, die eine bis zu 25%ige Essigsäurelösung darstellt, ist nicht als Lebensmittel geeignet, da diese den Körper leicht übersäuern kann. Allerdings kann sie, eben wegen ihres vergleichsweise hohen Säuregehalts, als Putzmittel eingesetzt werden, da sie ausreichend sauer ist, um Verkalkungen und andere Verunreinigungen zu lösen.




**Sozialform:** Partnerarbeit

**Methode:** Textarbeit

**Informationen:**


Magensaft besteht im Wesentlichen aus einer Salzsäurelösung (1%ig) und Mucine (Schleim). Zusätzlich befinden sich im Magensaft noch Enzyme, wie zum Beispiel Pepsin. Durch das saure Milieu im Magen kommt es zu einer antibakteriellen Wirkung.

Bei Menschen, die zu Sodbrennen neigen, erschlafft der Verschlussmuskel zwischen Speiseröhre und Magen (Ösophagussphinkter) so stark, dass Magensäure und/oder noch nicht verdaute "Speise-Bröckchen" aus dem Magen zurück in die Speiseröhre fließen können.

Zu einer Schwäche des Verschlussmuskels kann es z.B. altersbedingt oder durch Stress kommen. Auch Alkohol, Kaffee und Nikotin, können sich negativ auf die Muskelspannung des Magens und den Verschlussmuskel der Speiseröhre auswirken und Sodbrennen hervorrufen. Ein erhöhter Druck auf den Magen kann nicht nur bei Schwangeren Sodbrennen begünstigen, sondern spielt auch eine Rolle bei Übergewicht und beengender Kleidung. Auch nach einer überreichlichen Mahlzeit entsteht ein erhöhter Druck auf den Schließmuskel zwischen Speiseröhre und Magen und es kann zum Rückfluss von saurem Speisebrei in die Speiseröhre kommen. Um große, fettige oder auch zuckerlastige Nahrungsmengen zu bewältigen, wird im Magen viel Säure produziert. Ist der Magen bereits sehr voll, entsteht durch die voluminöse Mischung aus Speisebrei und Verdauungssäften ein stark erhöhter Druck im Magen (Magendruck). Häufig kann der Speiseröhren-Sphinkter diesem Druck nicht standhalten und Teile des sauren Mageninhalts fließen zurück in die Speiseröhre. Neben unvernünftiger Ernährung können auch eine ungesunde Lebensweise (Alkohol, Nikotin), bestimmte Medikamente und Stress zu einer Überproduktion von Magensäure und daraus entstehendem Sodbrennen führen.

Antazida, oder Antisodbrennmittel, bewirken eine Veränderung des pH-Wertes im Magen. Dieser steigt auf 3-5. Somit kommt es zu einer Neutralisationsreaktion, bei der überschüssige Säure durch die Antisodbrennmittel abgebaut wird. Beispiele für Antazida sind Rennie ( $\text{MgCO}_3$  und  $\text{CaCO}_3$ ) oder Bullrich-Salz ( $\text{NaHCO}_3$ ).



## Aufgabe:

- a) Informiere dich über die wichtigsten Inhaltsstoffe und Funktionen von Magensäure und erkläre das Zustandekommen von Sodbrennen. Nutze hierfür den beigelegten Informationstext.
  - b) Erkläre die Wirkung der Sodbrennmittel (Antazida) Bullrichsalz und Rennie unter Angabe von Reaktionsgleichungen. Nimm für die chemische Zusammensetzung von Bullrichsalz  $\text{NaHCO}_3$  und für Rennie  $\text{MgCO}_3$  und  $\text{CaCO}_3$  als reagierende Komponenten an.
- 

## Brauchst du Hilfe?

Bei Problemen zur Teilaufgabe b) solltet ihr zunächst die Aufgabe 3 zu den Neutralisationsreaktionen der Spalte „Reaktionen von Säuren und Basen“ lösen.



## Musterlösung für die Station A3: Sodbrennen und Antisodbrennmittel

### Teilaufgabe a)

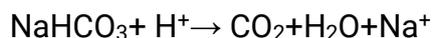
Die wesentlichen Bestandteile der Magensäure sind Salzsäure (1%ig), Mucine (Schleim) und Enzyme wie Pepsin. Das saure Milieu trägt zum Verdauungsprozess bei und wirkt antibakteriell.

Sodbrennen ist das Brennen im Brustbeinbereich. Dies kann mitunter bis in den Rachen fortsetzen. Im Normalfall liegt der pH-Wert des Magensaftes bei 1-2 (nüchtern) beziehungsweise 2-4, wenn Speisebrei hinzukommt. Fließt Magensäure in die Speiseröhre zurück, führt dies zum unangenehmen, brennenden Gefühl. Ein Grund für den Rückfluss ist, dass zu viel Magensäure produziert wird. Durch das zu große Volumen an Magensäure kommt es zum Rückfluss. Ein weiterer Grund ist ein nicht vollständig schließender Schließmuskel des Magens. Da der Magen nicht verschlossen ist, kann Magensäure an dieser Stelle austreten.

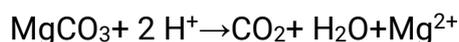
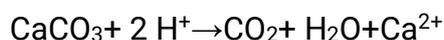
### Teilaufgabe b)

Antazida stellen den pH-Wert des Magensaftes auf 3-5 ein. Es findet also eine Erhöhung des pH-Wertes statt. Dies wird mit Neutralisationsreaktionen erreicht, welche sowohl das Bullrichsalz ( $\text{NaHCO}_3$ ), als auch Rennie ( $\text{MgCO}_3$  und  $\text{CaCO}_3$ ) eingehen.

Wirkung von Bullrichsalz:



Wirkungsweise von Rennie:



Es ist in den Reaktionsgleichungen zu erkennen, dass die Wasserstoffionen zu Wasser umgesetzt werden. Da diese in geringerer Anzahl (*Konzentration*) im Magensaft vorliegen, steigt der pH-Wert.



**Sozialform:** Partnerarbeit

**Methode:** Forscherauftrag



Diese Station enthält ein Experiment.

- Achte auf **Ordnung und Sauberkeit** am Arbeitsplatz.
- **Räume** die Station wieder **auf**, wenn du fertig bist und reinige alle Geräte.
- Trage eine **Schutzbrille**.
- Trage bei diesem Versuch **Schutzhandschuhe**.



### Informationen:

Wird Rotkohl mit Apfelessig gekocht, hat der Sud eine rote Farbe. Wäscht man den Topf anschließend mit herkömmlichem Spülmittel auf, kann eine Blaufärbung des Suds beobachtet werden.

Wird Rotkohl mit Apfelessig gekocht, hat der Sud eine rote Farbe. Wäscht man den Topf anschließend mit herkömmlichem Spülmittel auf, kann eine Blaufärbung des Suds beobachtet werden.

### Aufgabe:

Entwickelt ein Experiment, welches das Verhalten des Rotkohlsaftes beweist und erklärt eure Beobachtung. Fertigt dazu ein Protokoll an.

### Brauchst du Hilfe?

Auf dem Tisch findest du drei verschiedene Vordrucke für die Versuchsprotokolle, bei denen unterschiedlich viel ausgefüllt wurde. Wenn du Probleme bei der Bearbeitung der Aufgabe hast, kannst du einen Vordruck nehmen, der schon einige Informationen enthält.

## Protokollvordrucke für die Station A4: Rot- oder Blaukraut?

**Vordruck 1:** Nur Geräte und Chemikalien sind angegeben

(1) Aufgabe:

(2) Geräte und Chemikalien:

• Schutzkleidung	• Universalindikatorpapier
• Reagenzglasständer	• Natriumhydroxidlösung
• 3 Reagenzgläser	• Essigsäure
• 3 Tropfpipetten	

(3) Durchführung:

(4) Beobachtung:

(5) Auswertung:



**Vordruck 2:** Aufgabe, Geräte und Chemikalien sind angegeben

(1) Aufgabe: Überprüfe die Farbänderung von Rotkohlsaft bei der Zugabe von Essigsäure und Natriumhydroxidlösung.

(2) Geräte und Chemikalien:

• Schutzkleidung	• Universalindikatorpapier
• Reagenzglasständer	• Natriumhydroxidlösung
• 3 Reagenzgläser	• Essigsäure
• 3 Tropfpipetten	

(3) Durchführung:

(4) Beobachtung:

(5) Auswertung:



**Vordruck 3:** Aufgabe, Geräte und Chemikalien sowie Durchführung sind angegeben

(1) Aufgabe: Überprüfe die Farbänderung von Rotkohlsaft bei der Zugabe von Essigsäure und Natriumhydroxidlösung.

(2) Geräte und Chemikalien:

• Schutzkleidung	• Universalindikatorpapier
• Reagenzglasständer	• Natriumhydroxidlösung
• 3 Reagenzgläser	• Essigsäure
• 3 Tropfpipetten	

(3) Durchführung:

1. Zunächst werden alle Reagenzgläser in den Reagenzglasständer gestellt und mit einer Pipette eine kleine Menge Rotkohlsaft in jeweils ein Reagenzglas gefüllt.
2. Anschließend werden Essigsäure und Natriumhydroxidlösung mithilfe des Universalindikatorpapiers auf ihren pH-Wert überprüft.
3. Schließlich werden mittels zweier verschiedener Pipetten wenige Tropfen Essigsäure und Natriumhydroxidlösung in zwei der Reagenzgläser getropft. Das dritte Reagenzglas dient als Referenzprobe.

(4) Beobachtung:

(5) Auswertung:



## Musterlösung für die Station A4: Rot- oder Blaukraut?

(1) Geräte und Chemikalien:

• Schutzkleidung	• Universalindikatorpapier
• Reagenzglasständer	• Natriumhydroxidlösung
• 3 Reagenzgläser	• Essigsäure
• 3 Tropfpipetten	

(2) Durchführung:

1. Zunächst werden alle Reagenzgläser in den Reagenzglasständer gestellt und mit einer Pipette eine kleine Menge Rotkohlsaft in jeweils ein Reagenzglas gefüllt.
2. Anschließend werden Essigsäure und Natriumhydroxidlösung mithilfe des Universalindikatorpapiers auf ihren pH-Wert überprüft.
3. Schließlich werden mittels zweier verschiedener Pipetten wenige Tropfen Essigsäure und Natriumhydroxidlösung in zwei der Reagenzgläser getropft. Das dritte Reagenzglas dient als Referenzprobe.

(3) Beobachtung:

- der Rotkohlsaft färbte sich rot, als die Essigsäure hinzuge tropft wurde
- die Rotkohlsaft färbte sich blau, als die Natriumhydroxidlösung hineingetro pft wurde

(4) Auswertung:

Der Rotkohlsaft zeigt an, wenn sich der pH-Wert einer Lösung ändert. Er wird blau, wenn der pH-Wert über 7 steigt, also wenn das Gemisch basisch ist. Der Rotkohlsaft wird rot, wenn der pH-Wert unter einen Wert von 7 sinkt, also wenn das Gemisch sauer ist.

Der Rotkohlsaft kann als eine Art Anzeiger (*Indikator*) verstanden werden, der den pH-Wert einer Lösung anzeigt. Folglich muss die Lösung beim Kochen sauer gewesen sein, was nach der Zugabe von Apfelessig, welcher Essigsäure enthält, plausibel scheint. Demnach muss es sich bei der Spülmit tellösung um eine basische Lösung gehalten haben.





**Sozialform:** Partnerarbeit

**Methode:** Experiment



Diese Station enthält ein Experiment.

- Achte auf **Ordnung und Sauberkeit** am Arbeitsplatz.
- **Räume** die Station wieder **auf**, wenn du fertig bist und reinige alle Geräte.
- Trage eine **Schutzbrille**.
- Trage bei diesem Versuch **Schutzhandschuhe**.



### Informationen:

Die meisten historischen Denkmäler wurden vor langer Zeit errichtet und haben die ersten Jahrhunderte nach ihrer Erbauung recht passabel überstanden. In den letzten 50 Jahren jedoch bereitet ihnen der saure Regen regelrecht Kopfschmerzen: Viele Skulpturen und Büsten aus Sand- und Kalkstein haben durch die Einwirkung des sauren Niederschlages ihre Kontur verloren, was sich besonders stark an den detailreichen Köpfen der Plastiken zeigt.

Zwar war der Regen mit einem pH-Wert von 5,6 schon immer leicht sauer, da sich ein Teil des natürlich entstehenden Kohlenstoffdioxids im Regenwasser unter Bildung von Kohlensäure löst, jedoch hat sich der pH-Wert des Regens in den letzten Jahrzehnten weiterhin verringert. Besitzt Regen einen pH-Wert unter 5,6 gilt er als sauer. Dabei können Tiefstwerte von bis zu pH = 4,2 erreicht werden. Durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen in Fabriken oder Verbrennungsmotoren werden vermehrt Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid ausgestoßen, welche sich unter Bildung von schwefliger Säure und Schwefelsäure im Regenwasser lösen können. Ebenso können dabei Stickstoffoxide entstehen, die sich auch im Regen lösen und dessen pH-Wert herabsetzen. Auch andere Stoffe wie etwa flüchtige organische Substanzen oder Schwermetallstäube können durch den Regen ausgewaschen und in den Boden eingetragen werden.



## Aufgabe:

- a) Lies den Infotext „Saurer Regen“ und entwirf mit einer Partnerin oder einem Partner ein Experiment, mit dem du die Wirkung von saurem Regen auf Kalkgestein (sog. „Carbonatgestein“) untersuchen kannst. Gib für dein Experiment (1) Geräte und Chemikalien, (2) die Durchführung und (3) Beobachtungen an.
  - b) Werte dein Experiment aus und diskutiere, inwieweit diese in der Lage ist, die Wirkung von saurem Regen auf Denkmäler zu simulieren.
  - c) Erstelle eine Übersicht über weitere Auswirkungen von saurem Regen auf andere Teile der Umwelt.
- 

## Brauchst du Hilfe?

Zur Bearbeitung der Teilaufgabe a) steht eine Liste von Geräten und Chemikalien bereit, die ihr zur Planung eures Experimentes nutzen könnt.

Solltet ihr Probleme bei der Teilaufgabe b) haben, könnt ihr zunächst die Aufgabe 3 zu den Neutralisationsreaktionen der Spalte „Reaktionen von Säuren und Basen“ lösen.



## Hilfen für die Station A5: Saurer Regen

Liste der Geräte und Chemikalien zur Planung des Experimentes in Teilaufgabe a)

Geräte und Chemikalien:	
• Schutzkleidung	• Universalindikatorpapier
• Reagenzglasständer	• schweflige Säure
• Reagenzglas	• salpetrige Säure
• Becherglas	• Mineralwasser mit Sprudel
• Tropfpipette	• Wasser
	• Kalkstein



## Musterlösung für die Station A5: Saurer Regen

### Teilaufgabe a)

Die Schüler\*innen erstellen eine saure Lösung, die dem sauren Regen in Zusammensetzung und pH-Wert nachempfunden ist.

(1) Geräte und Chemikalien:

• Schutzkleidung	• Universalindikatorpapier
• Reagenzglasständer	• schweflige Säure
• Reagenzglas	• salpetrige Säure
• Becherglas	• Mineralwasser mit Sprudel
• Tropfpipette	• Wasser

(2) Durchführung:

1. Zunächst wird in einem Becherglas eine saure Lösung erstellt, indem schweflige Säure, salpetrige Säure und Sprudelwasser mit Wasser verdünnt werden. Dabei wird mithilfe eines Universalindikatorpapiers bei der Verdünnung überprüft, wann die Lösung einen pH-Wert zwischen 4 und 5 erreicht hat. Dabei ist darauf zu achten, dass erst das Wasser und dann die Säure in das Becherglas gegeben werden.
2. Anschließend wird der Kalkstein in das Reagenzglas gegeben und mithilfe der Tropfpipette mit der sauren Lösung beträufelt.
3. Anschließend wird der Kalkstein mit Wasser neutral gewaschen und mit zwei Fingern Druck auf ihn ausgeübt. Dies kann mit einem unbehandelten Kalksteinstück als Referenzprobe durchgeführt werden.

(3) Beobachtung:

- nach Zugabe der Säure kann eine leichte Gasentwicklung beobachtet werden
- nach längerer Säurebehandlung ist der Kalkstein porös geworden

## Teilaufgabe b)

Die im Versuch beobachtete Gasentwicklung ist auf die Reaktion des Kalksteines mit den Wasserstoffionen der sauren Lösung zurückzuführen. Bei dieser Reaktion entsteht Wasser und Kohlenstoffdioxid, welches in Form kleiner Gasblasen an die Oberfläche steigt. Mit zunehmender Reaktionsdauer nimmt die Intensität der Gasentwicklung ab, da die Wasserstoffionen abreagieren. Nach der Säurebehandlung kann der Kalkstein leicht zwischen zwei Fingern zerdrückt werden, da die Reaktion des Kalksteins mit der sauren Lösung das Entstehen eines porösen Kalksteinsystems zur Folge hatte.

Die Reaktionsgleichung lautet: 
$$\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}^{2+}$$

Schüler\*innen dieses Bearbeitungsniveaus sollten feststellen, dass mithilfe des Experimentes nachvollzogen werden kann, dass Säuren mit Kalkstein unter Bildung von Kohlenstoffdioxid reagieren und diesen zersetzen. So kann die Wirkung des sauren Regens zwar qualitativ, nicht aber quantitativ nachvollzogen werden. Zum einen variiert der pH-Wert regional und erreicht vornehmlich in Ballungs- und Industriezentren einen pH-Wert von 4,2. Zum anderen werden die Reaktionsbedingungen zwischen dem sauren Niederschlag und dem Gestein im Experiment nicht realitätsgetreu abgebildet. Während das Carbonatgestein im Versuch ständig von einer großen Menge Säure umgeben ist, kommt das Gestein von Denkmälern in der Regel nur kurz mit dem Niederschlag in Kontakt. Dies kompensiert auch das „Nachregnen“ von saurem Niederschlag auf das Gestein nicht. In diesem Kontext kann weiterhin angebracht werden, dass die Kontaktfläche im Experiment vergleichsweise groß ist und die gesamte Oberfläche des Kalksteins von der sauren Lösung angegriffen werden kann. Dies entspricht ebenso nicht der Realität, da viele Denkmäler glatte Oberflächen aufweisen. Schließlich kann angeführt werden, dass nicht alle Denkmäler restlos als Kalkstein bestehen und sich die Säurebeständigkeit des Materials auch durch Einlagerung von Fremdatomen stark unterscheiden kann.

Weitere Interpretationsgrenzen des Versuches sind je nach Entwurf des Experimentes denkbar.

## Teilaufgabe c)

Bei der Bearbeitung dieser Aufgabe sind verschiedene Darstellungsformen denkbar. Beispielweise könnten die Schüler\*innen in einer vereinfacht dargestellten Umwelt verschiedene Eintragswege beschriften und die Folgen für die jeweiligen Teile der Umwelt ergänzen. Im einfachsten Fall erstellen die Schüler\*innen eine Mindmap und zeigen anhand dieser weitere durch sauren Regen hervorgerufene Schäden auf.

Neben der bereits thematisierten Verwitterung von Denkmälern aus Kalkstein, ist ebenso der Eintrag von giftigen, flüchtigen organischen Substanzen (sog. VOCs) für die belebte Umwelt problematisch. Diese toxischen Substanzen werden durch den Niederschlag ausgewaschen und sind nicht per se für alle Organismen schädlich, können aber durch den Wegfall wichtiger Glieder der Nahrungsketten ein Ökosystem nachhaltig schädigen. Ebenfalls können (Metall-) Stäube ausgewaschen und in die Umwelt eingetragen werden.

Nicht nur Substanzen, die durch den sauren Regen transportiert werden führen zu Umweltschäden. Der niedrige pH-Wert des Regens selbst sorgt ebenfalls für Schädigung oder gar Absterben von empfindlichen Pflanzen. So kann beispielsweise in Gebieten mit besonders saurem Regen ein flächendeckendes Fichtensterben beobachtet werden. Auch Lebewesen in Gewässern leiden unter saurem Regen, da durch den Niederschlag der pH-Wert von Gewässern herabgesetzt wird, worauf die Lebewesen außerordentlich empfindlich reagieren. Weiterhin werden durch einen niedrigen pH-Wert (Schwer-) Metallionen aus dem Boden gelöst, was ebenfalls zu Artensterben führen kann.

Der Wegfall einer Art in einem Ökosystem wirkt sich immer auf das gesamte Ökosystem aus, sodass nicht nur die direkten Folgen des sauren Regens betrachtet werden sollten.



**Sozialform:** Gruppenarbeit**Methode:** Quartettspiel

Diese Station enthält ein Kartenspiel.

- Geht sorgsam mit dem Karten um, damit auch die Gruppen nach euch noch Spaß an dem Spiel haben können.

---

### Aufgabe:

Erstellt aus den vorliegenden Karten ein Quartett-Spiel.

Sortiert die Karten dazu in acht Gruppen. Jede Gruppe soll aus den vier Karten bestehen, die dieselbe Säure oder Base beschreiben (eventuell benötigt ihr dazu ein Tafelwerk oder Periodensystem).

Jede Gruppe besteht also aus je einer Karte der Typen:

- Name
- Summenformel
- Dissoziation in
- molare Masse

Kontrolliert euer Ergebnis, verseht die Karten in der oberen linken Ecke mit einem eindeutigen Code z.B. A1, A2,..., B1,... und spielt eine Runde.

---

Summenformel
$\text{HCl}$

Name
Salz- säure

Summenformel
$\text{H}_2\text{SO}_4$

Dissoziation in
$\text{H}^+$ + $\text{Cl}^-$

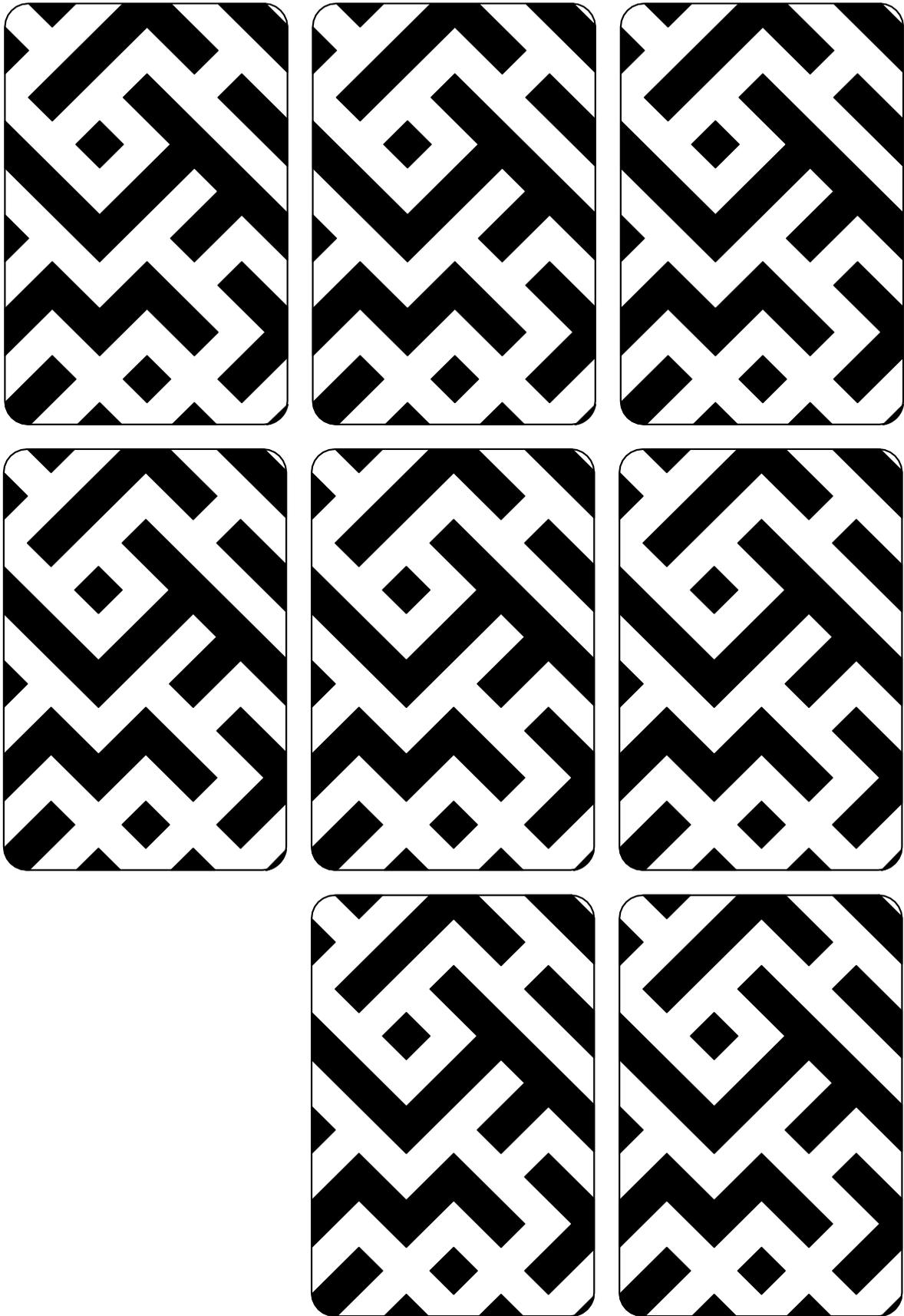
molare Masse
36,46 g/mol

Name
Schwefel- säure

Dissoziation in
$2 \text{H}^+$ + $\text{SO}_4^{2-}$

molare Masse
98,08 g/mol





Summenformel

**NaOH**

Name

**Natrium-  
hydroxid**

(wässrige Lösung:  
Natronlauge)

Summenformel

**H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**

Dissoziation in

**Na<sup>+</sup>  
+  
OH<sup>-</sup>**

molare Masse

**39,997  
g/mol**

Name

**Kohlen-  
säure**

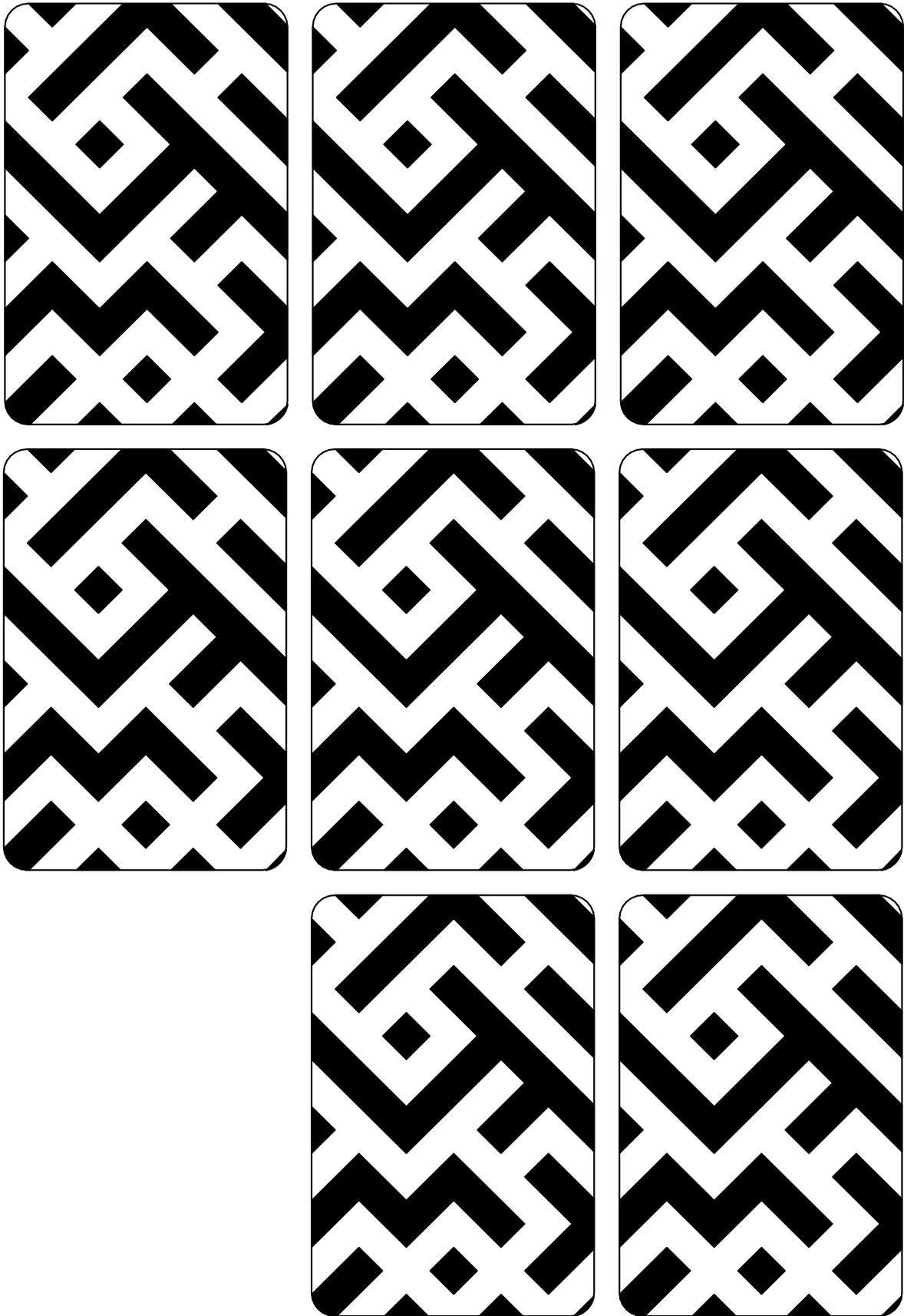
Dissoziation in

**2 H<sup>+</sup>  
+  
CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>**

molare Masse

**62,03  
g/mol**





Summenformel

$\text{Ca(OH)}_2$

Name

Calcium-  
hydroxid  
(Löschkalk)

Summenformel

$\text{HCN}$

Dissoziation in

$\text{Ca}^{2+}$   
+  
 $2 \text{OH}^-$

molare Masse

74,10  
g/mol

Name

Blau-  
säure  
(Cyanwasserstoff)

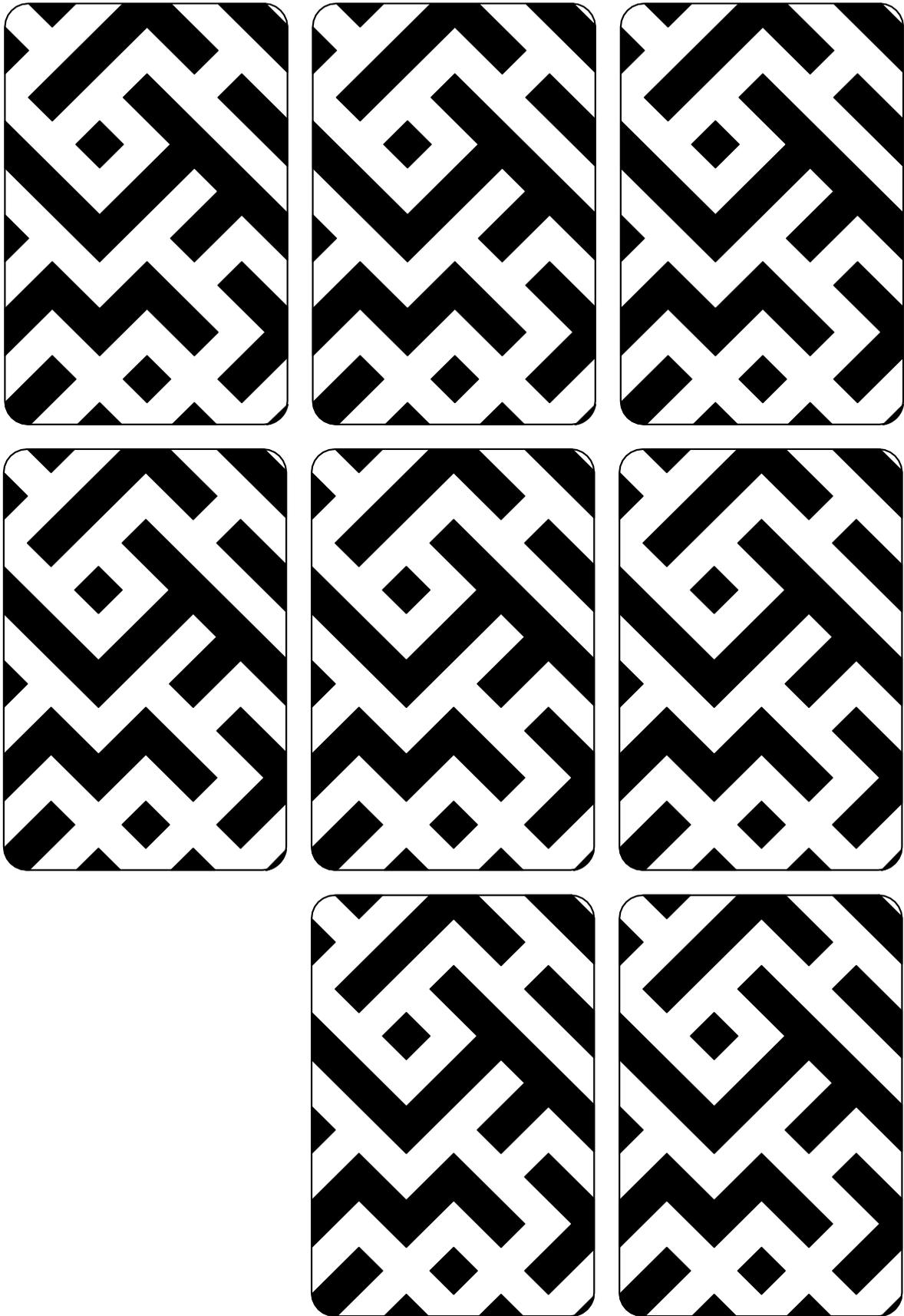
Dissoziation in

$\text{H}^+$   
+  
 $\text{CN}^-$

molare Masse

27,03  
g/mol





Summenformel

**KOH**

Name

**Kalium-  
hydroxid**

(wässrige Lösung:  
Kalilauge)

Summenformel

**HNO<sub>3</sub>**

Dissoziation in

**K<sup>+</sup>  
+  
OH<sup>-</sup>**

molare Masse

**56,11  
g/mol**

Name

**Salpeter-  
säure**

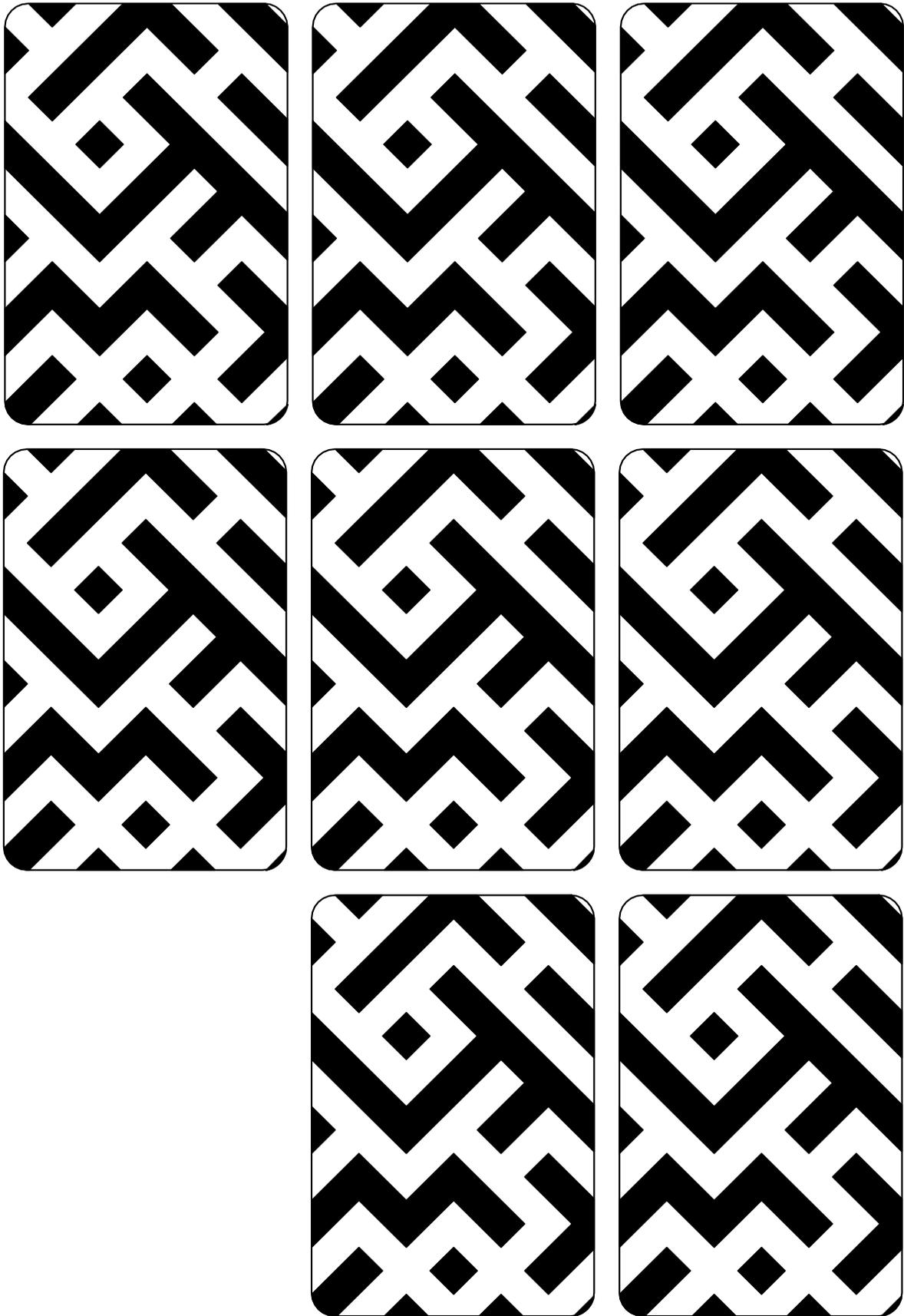
Dissoziation in

**H<sup>+</sup>  
+  
NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**

molare Masse

**63,01  
g/mol**





### Quartett – Spielregeln

Die Karten werden gemischt und einzeln an die Spieler verteilt (unter Umständen erhalten einige Spieler eine Karte mehr als andere).

Ein Quartett ist ein Satz von vier zusammengehörigen Karten (meist durch einen Index markiert, z.B. A1, A2, A3, A4).

Der Spieler links vom Kartengeber beginnt. Ist ein Spieler am Zug, fragt er einen beliebigen Mitspieler nach einer eindeutig bezeichneten Karte (z.B. "Hast du die Summenformel der Salzsäure?" oder "Hast du die Karte A3?").

Ein Spieler darf nur dann nach einer bestimmten Karte fragen,



**Sozialform:** Partnerarbeit**Methode:** Experiment

Diese Station enthält ein Experiment.

- Achte auf **Ordnung und Sauberkeit** am Arbeitsplatz.
- **Räume** die Station wieder **auf**, wenn du fertig bist und mache alle Geräte sauber.
- Trage eine **Schutzbrille**.
- Trage bei diesem Versuch **Schutzhandschuhe**.

---

### Informationen:

Beim Umgang mit sauren und basischen Lösungen ist aufgrund ihrer reizenden und ätzenden Wirkung auf eine korrekte Handhabung zu achten. Zur Bestimmung, ob Lösungen sauer, basisch oder neutral sind, werden Säure-Base-Indikatoren verwendet, die je nachdem, ob es sich um eine saure, neutrale oder basische Lösung handelt, eine charakteristische Färbung aufweisen.

### Aufgabe:

Versetze eine Salzsäurelösung, eine Natriumhydroxidlösung und destilliertes Wasser mit zwei bis drei Tropfen Universalindikatorlösung und notiere deine Beobachtungen.

---





**Sozialform:** Partnerarbeit

**Methode:** Experiment



Diese Station enthält ein Experiment.

- Achte auf **Ordnung und Sauberkeit** am Arbeitsplatz.
- **Räume** die Station wieder **auf**, wenn du fertig bist und mache alle Geräte sauber.
- Trage eine **Schutzbrille**.
- Trage bei diesem Versuch **Schutzhandschuhe**.

---

### Informationen:

Neben Universalindikatorlösung gibt es auch noch weitere Säure-Base-Indikatoren.

### Aufgabe:

Wiederhole den Versuch aus Teilaufgabe 1 mit den Indikatoren Lackmus und Phenolphthalein. Notiere vor der Versuchsdurchführung deine Vermutungen über das Aussehen der mit Indikator versetzten Chemikalien und vergleiche diese nach Versuchsdurchführung mit deinen Vermutungen. Was stellst du fest?

---

### Brauchst du Hilfe?

Auf dem Tisch findest du ein Hilfekärtchen. Wenn du nicht weiterkommst, nimm diese Karte und schaue dir den Hinweis an.

Lege die Karte am Ende wieder ordentlich zurück, so dass deine Klassenkameraden sie auch nutzen können.





**Sozialform:** Einzelarbeit

**Methode:** Recherche/Textarbeit

---

Aufgabe:

Begründe, weshalb Universalindikatorlösung über einen großen Bereich zur pH-Wertbestimmung genutzt werden kann. Recherchiere dafür, woraus Universalindikatorlösung besteht.

---

Brauchst du Hilfe?

Auf dem Tisch findest du drei Hilfekärtchen. Wenn du nicht weiterkommst, nimm die Karte 1 und schaue dir den Hinweis an. Falls du dann immer noch Probleme hast, nimm Hilfekarte 2 und erst, wenn du dann nicht weiterweißt, nutze die Karte 3.

Lege die Karten am Ende wieder ordentlich zurück, so dass deine Klassenkameraden sie auch nutzen können.





**Sozialform:** Einzelarbeit

**Methode:** Recherche/Textarbeit

---

Zusatzaufgabe:

Exkurs: In manchen Regionen Deutschlands wird Rotkraut als Blaukraut bezeichnet. Erkläre, was die Ursache für die unterschiedlichen Namen ist.

---

Brauchst du Hilfe?

Auf dem Tisch findest du vier Hilfekärtchen. Wenn du nicht weiterkommst, nimm die Karte 1 und schaue dir den Hinweis an. Falls du dann immer noch Probleme hast, nimm Hilfekarte 2 und erst, wenn du dann nicht weiterweißt, nutze die Karte 3 usw.

Lege die Karten am Ende wieder ordentlich zurück, so dass deine Klassenkameraden sie auch nutzen können.



## Hilfekarte für die Station B2.2: Säure-Base-Indikatoren

In Teilaufgabe 1 hast du festgestellt, dass saure Lösungen nach Zugabe von Universalindikatorlösung eine rote Färbung aufweisen und basische Lösungen sich blau verfärben. Das destillierte Wasser wies eine grüne Färbung auf. Vielleicht ist diese Beobachtung für alle Säure-Base-Indikatoren zutreffend.

## Hilfekarten für die Station B2.3: Säure-Base-Indikatoren

1. Universalindikatorlösung bzw. Unitest besteht aus den Stoffen Methylrot, Methylgelb, Thymolblau und Bromthymolblau, die in gleichen Teilen miteinander vermischt sind.
2. Die vier Bestandteile von Universalindikatorlösung haben bei verschiedenen pH-Werten ihre Umschlagsbereiche.<sup>142</sup>

pH-Indikator	Umschlagsbereich (pH-Wert)	Farbumschlag
Thymolblau, 1. Umschlagspunkt	1,2 – 2,8	rot zu gelb
Methylgelb	2,9 – 4,0	rot zu gelb
Methylrot	4,4 – 6,2	rot zu gelb
Bromthymolblau	6,0 – 7,6	gelb zu blau
Thymolblau, 2. Umschlagspunkt	8,0 – 9,6	gelb zu blau

Es ergibt sich somit ein Übergang von Rot über Gelb zu Blau. Wie lässt sich aber die orange oder grüne Färbung von mit Universalindikatorlösung versetzten Lösungen erklären?

3. Aufgrund der Überschneidung der Umschlagsbereiche der einzelnen Säure-Base-Indikatoren ergeben sich Mischfarben wie Orange oder Grün. Dadurch ergibt sich ein lückenloser Farbübergang, der die Bestimmung saurer, basischer und neutraler Lösungen ermöglicht.

## Hilfekarten für die Station B2.Z: Säure-Base-Indikatoren

1. Während in Norddeutschland die Bezeichnung „Rotkraut“ dominiert, trifft man in Süddeutschland häufiger auf die Bezeichnung „Blaukraut“.
2. Das Erscheinungsbild von Lebewesen wird auch von der sie umgebenden Umwelt beeinflusst. Welcher Umweltbestandteil könnte einen großen Einfluss auf Pflanzen haben?
3. Pflanzen werden in ihrer Existenz und ihrer Entwicklung stark von dem Boden, auf dem sie wachsen, beeinflusst. Welcher Faktor könnte die Farbe des Rot- bzw. Blaukrautes beeinflussen?
4. Böden zeichnen sich u.a. durch ihren pH-Wert aus. Dieser kann durch Säure-Base-Indikatoren bestimmt werden. Was sagt dir dieser Fakt über den farbgebenden Stoff des Rot- bzw. Blaukrauts?

<sup>142</sup> Umschlagsbereiche und Farbänderungen entnommen aus Binnewies, Michael u.a.: Allgemeine und Anorganische Chemie, 2. Aufl., Heidelberg 2011, S. 227.

## Musterlösung für die Station B2.1: Säure-Base-Indikatoren

Nach Versetzen mit Universalindikatorlösung weist die Salzsäurelösung eine rote, die Natriumhydroxidlösung eine blaue und das destillierte Wasser eine grüne Färbung auf.

## Musterlösung für die Station B2.2: Säure-Base-Indikatoren

Lackmus und Phenolphthalein reagieren mit den zu untersuchenden Chemikalien anders als die Universalindikatorlösung.

Im Falle von Lackmus verfärben sich zwar die saure Lösung rot und die basische Lösung blau, jedoch hat das destillierte Wasser nach Zugabe von Lackmus ebenso eine blaue Farbe. Eine Unterscheidung zwischen neutraler und basischer Lösung ist somit mit Lackmus nicht möglich.

Nach Zugabe von Phenolphthalein bleiben sowohl die saure Lösung als auch das destillierte Wasser farblos. Mit der basischen Lösung reagiert Phenolphthalein zu einer rosafarbenen Lösung. Eine Unterscheidung zwischen saurer und neutraler Lösung ist somit mit Phenolphthalein nicht möglich.

Im Allgemeinen stellen wir fest, dass jeder Säure-Base-Indikator andere Färbungen der Lösungen verursacht und nicht immer zur Unterscheidung von sauren, neutralen und basischen Lösungen verwendet werden kann.

## Musterlösung für die Station B2.3: Säure-Base-Indikatoren

Universalindikatorlösung besteht aus vier verschiedenen Säure-Base-Indikatoren: Methylrot, Methylgelb, Thymolblau und Bromthymolblau. Jeder dieser Säure-Base-Indikatoren ändert in einem anderen pH-Wertbereich seine Farbe. Aufgrund der verschiedenen (Misch-)Farben ist eine Verwendung von Universalindikatorlösung über einen großen pH-Wertbereich möglich.

## Musterlösung für die Station B2.Z: Säure-Base-Indikatoren

Der pH-Wert eines Bodens beeinflusst die auf ihm wachsenden Pflanzen. Rotkraut enthält den Farbstoff Cyanidin. Dieser verursacht bei Rotkraut, das auf sauren Böden wächst, eine rötliche Farbe. Wächst das Rotkraut auf alkalischem Boden, weist es eine bläuliche Färbung auf. Da die Böden in Süddeutschland einen höheren pH-Wert als jene in Norddeutschland haben, findet man dort nur Blaukraut. Der in Rotkraut enthaltene Farbstoff Cyanidin ist somit ein Säure-Base-Indikator und ermöglicht eine pH-Werteinschätzung des Bodens.



**Sozialform:** Partnerarbeit (GA)

**Methode:** Gedankenexperiment

### Informationen:

Dieses Experiment ist in der Schule nicht durchführbar, da es keine geeignete Möglichkeit gibt, Natriumhydroxid vor Ort zu schmelzen. Natriumhydroxid hat einen Schmelzpunkt von 323°C. Deshalb soll diese Station als Gedankenexperiment durchgeführt werden.

### Aufgabe:

Entwickelt und plant folgendes **Gedankenexperiment**:

Vergleicht die elektrische Leitfähigkeit von trockenem Natriumhydroxid (in Form von Plätzchen), von Natriumhydroxid, welches in Wasser gelöst ist und der Schmelze von Natriumhydroxid.

a) Um die Leitfähigkeit zu überprüfen, muss Strom fließen. Dies könnte mithilfe eines Schaltplanes in die Tat umgesetzt werden. Zeichnet den Schaltplan, der zum Experimentieren nötig wäre. Ihr habt dazu folgende Materialien zur Verfügung:

- Spannungsquelle
- Glühlampe
- Kabel
- Graphitelektroden
- zu untersuchender Substanz

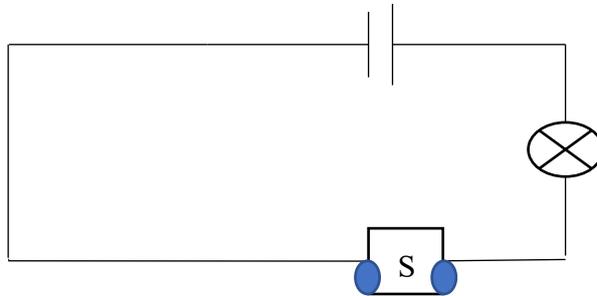
b) Beschreibt nun eure Beobachtungen, nachdem ihr den Aufbau vorbereitet und das Experiment gedanklich durchgeführt habt. Erläutert das Zustandekommen der unterschiedlichen Phänomene.

c) Stellt die Dissoziationsgleichung von Natriumhydroxid auf.



## Musterlösung für die Station B3: Elektrische Leitfähigkeit

a) Schaltplan:



S = der zu untersuchende Stoff  
blaue Kreise = Elektroden

b) Die Glühlampe leuchtet bei Überprüfung der NaOH-Lösung und der NaOH-Schmelze. Hier werden freibewegliche Ionen gebildet, die die elektrische Leitfähigkeit möglich machen und daher die Glühlampe zum Leuchten bringen. Die NaOH-Schmelze bringt die Lampe noch stärker zum Glühen, da hier nur Natrium- und Hydroxid-Ionen vorliegen. Trockenes NaOH leitet den Strom nicht, weil keine frei beweglichen Ladungsträger vorhanden sind. Die Ionen sitzen auf festen Gitterplätzen. Die einfach positiv geladenen Natrium-Ionen wandern zu der Graphit-Kathode und die einfach negativ geladenen Hydroxid-Ionen bewegen sich zu der Graphitanode.





**Sozialform:** Partnerarbeit

**Methode:** Forscherauftrag

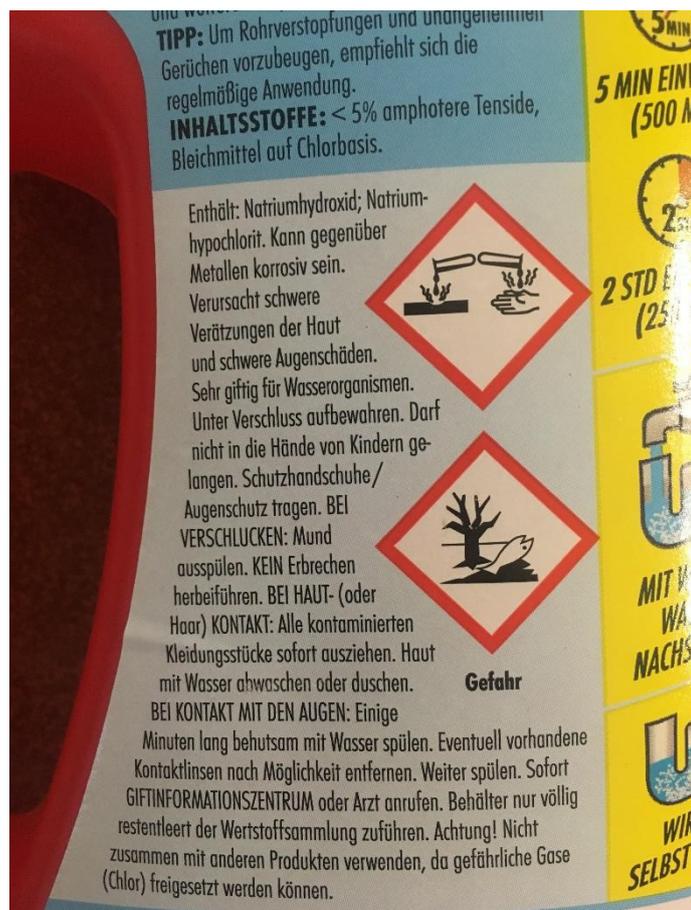


Diese Station enthält ein Experiment.

- Achte auf **Ordnung und Sauberkeit** am Arbeitsplatz.
- **Räume** die Station wieder **auf**, wenn du fertig bist und mache alle Geräte sauber.
- Trage eine **Schutzbrille**.
- Trage bei diesem Versuch **Schutzhandschuhe**.

### Informationen:

Nach dem Duschen oder Baden bleiben in der Wanne/Dusche oft Haare/Hautschuppen zurück, die sich in den Abflussrohren ansammeln. Rohreiniger soll diese beseitigen.



Aufgabe:

- 1) Schaut euch zuerst die Inhaltsstoffe auf dem Etikett und die Sicherheitshinweise an und überlegt euch, warum Rohrreiniger Haare und Hautschuppen entfernen soll (Aus was besteht Rohrreiniger und wie wirken diese bestimmten Stoffe?)!
- 2) Führt anschließend das Experiment durch und notiert Beobachtungen sowie die Auswertung!
- 3) Diskutiert danach die Anwendung von Rohrreiniger im Haushalt (geht dabei auf die Gefahrenhinweise sowie die Nachhaltigkeit ein)!

Experiment:Aufgabe:

Überprüfe die Wirkung von Rohrreiniger auf Haare!

Geräte:

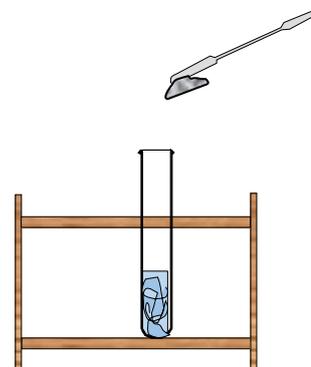
- 1 Reagenzglas
- 1 Reagenzglasständer
- 1 Spatel
- 1 Pinzette

Chemikalien:

- Abflussreiniger
- Wasser
- Haare

Durchführung:

1. Gib mit der Pinzette einige Haare in das Reagenzglas!
2. Befülle das Reagenzglas ca. 2 cm mit Wasser!
3. Gib nun 1-2 Spatel voll Rohrreiniger hinzu!
4. Beobachte über einige Minuten das Geschehen und schüttele hin und wieder das Reagenzglas! (Gebt die Haare gegeben falls auf ein Uhrglas, um den Vorgang besser analysieren zu können!)



## Musterlösung für die Station B4: Rohre frei! Teste den Rohrreiniger

- 1) Rohrreiniger enthält Natriumhydroxid, welches wiederum aus Hydroxid-Ionen aufgebaut ist. Diese Ionen wirken ätzend und können somit Haare auflösen.
- 2) Das Reagenzglas erwärmt sich und die Haare lösen sich nach einiger Zeit auf. Zum Schluss bleibt eine breiartige Substanz übrig.  
Die Hydroxid-Ionen wirkten ätzend auf die Haare.
- 3) Rohrreiniger enthält Gefahrstoffe und bedarf daher eines sorgsamem Umgangs. Der Kontakt mit Rohrreiniger sollte aufgrund seiner Ätzwirkung vermieden werden. Weiterhin sollte man Rohrreiniger nur anwenden, wenn es zwingend notwendig ist, da er die Abflussrohre beschädigen kann. Auch das Abwasser wird durch Zugabe von Chemikalien verunreinigt, was der Umwelt zur Last fallen kann. Daher sollte bei verstopften Abflussrohren immer zuerst eine mechanische Methode (z.B. Pömpel) angewandt werden, bevor man zu Chemikalien greift.



**Sozialform:** Partnerarbeit**Methode:** Forscherauftrag

Diese Station enthält ein Experiment.

- Achte auf **Ordnung und Sauberkeit** am Arbeitsplatz.
- **Räume** die Station wieder **auf**, wenn du fertig bist und mache alle Geräte sauber.
- Trage eine **Schutzbrille**.

### Informationen:

Bei einem Tag der offenen Tür an deiner Schule soll den Gästen und den interessierten Schüler/-innen die Färbung von Säuren und Basen mithilfe eines Universalindikators vorgeführt werden. Bei der Vorbereitung des Experiments wurde vergessen, die Reagenzgläser zu beschriften. In den Reagenzgläsern sollen sich Wasser, Salzsäure und Natronlauge befinden.

### Aufgabe:

Entwickle einen Plan, wie du die drei Lösungen experimentell voneinander unterscheiden könntest und führe das Experiment durch. Erkläre weiterhin die Indikatorfärbung nach Zugabe zu den Lösungen.

### Brauchst du Hilfe?

Auf dem Tisch findest du fünf Hilfekärtchen. Wenn du nicht weiterkommst, nimm die Karte 1 und schaue dir den Hinweis an. Falls du dann immer noch Probleme hast, nimm Hilfekarte 2 und erst, wenn du dann nicht weiterweißt, nutze die Karte 3 und die Karten 4-5.

Lege die Karten am Ende wieder ordentlich zurück, so dass deine Klassenkameraden sie auch nutzen können.



**Sozialform:** Partnerarbeit**Methode:** Experiment

Diese Station enthält ein Experiment.

- Achte auf **Ordnung und Sauberkeit** am Arbeitsplatz.
- **Räume** die Station wieder **auf**, wenn du fertig bist und mache alle Geräte sauber.
- Trage eine **Schutzbrille**.

---

### Informationen:

Zum Abschluss der Einheit Säuren und Basen werden euch fünf farblose Lösungen ausgegeben. Da ihr die erste Aufgabe gut gemeistert habt, sollt ihr nun euren Klassenkameraden erklären, wie folgende fünf Lösungen Salzsäure, Schwefelsäure, Natriumchlorid, Wasser und Natronlauge unterschieden werden können.

### Aufgabe:

Stelle einen Versuchsablauf auf, um die fünf Lösungen voneinander zu entscheiden. Als Hilfsmittel dürfen Universalindikatorlösung und Silbernitrat genutzt werden. Stelle zusätzlich die Nachweisreaktionen auf.

---

### Brauchst du Hilfe?

Auf dem Tisch findest du fünf Hilfekärtchen. Wenn du nicht weiterkommst, nimm die Karte 1 und schaue dir den Hinweis an. Falls du dann immer noch Probleme hast, nimm Hilfekarte 2 und erst, wenn du dann nicht weiterweißt, nutze die Karte 3 und die Karten 4-5.

Lege die Karten am Ende wieder ordentlich zurück, so dass deine Klassenkameraden sie auch nutzen können.



## Hilfekarten für die Station B5: 1 Lösungen identifizieren

### Hilfsmittel I:

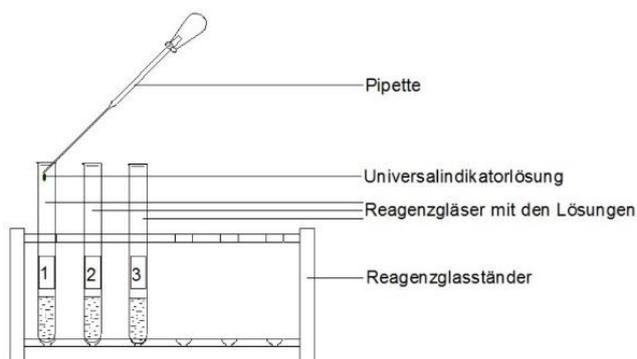
Notiere dir, ob Wasser, Salzsäure und Natronlauge zu einer Säure und einer Base gehören und wie die Universalindikatorfärbung aussehen würde.

### Hilfsmittel II:

benötigte Chemikalien: Salzsäure, Wasser, Natronlauge, Universalindikator

benötigte Geräte: Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Pipette

Versuchsaufbau:



### Hilfsmittel III:

Durchführung: Stelle die Reagenzgläser in den Reagenzglasständer und überführe von jeder der Lösungen 3 mL in ein separates Reagenzglas. Gebe nun 3 Tropfen Universalindikatorlösung hinzu und notiere dir deine Beobachtungen.

### Hilfsmittel IV:

Beobachtung: eine Lösung im Reagenzglas: Rot; eine Lösung im Reagenzglas: Blau; eine Lösung im Reagenzglas: grün

### Farbverlauf beim Universalindikator

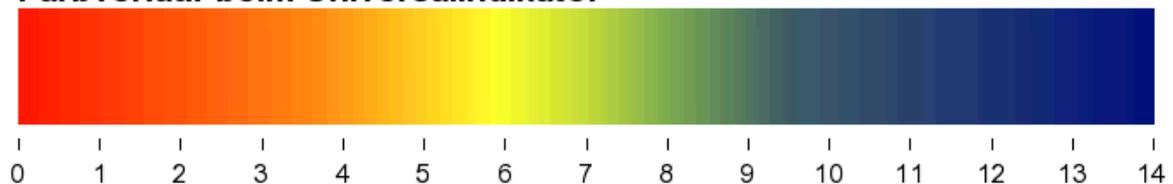


Bild 1: Universalindikatorfärbung bei verschiedenen pH-Werten,

## Hilfsmittel V:

Auswertung:

Eine rote Lösung lässt auf eine Säure schließen, da der Universalindikator sich bei einer Säure rot färbt. In diesem Experiment lässt sich damit die Salzsäure nachweisen, da das Wasser neutral und die Natronlauge basisch reagieren werden. Eine grüne Färbung der Lösung ist somit bei dem Reagenzglas mit dem Wasser zu erwarten. Im weiteren Reagenzglas befindet sich die Natronlauge, da sich die Lösung nach Zugabe von Universalindikatorlösung blau färbte.

## Hilfekarten für die Station B5.2 Lösungen identifizieren

### Hilfsmittel I:

Notiere dir die Färbungen der obigen Lösungen, wenn du Universalindikator hinzugeben würdest. Welche Lösungen könntest du damit bestimmen?

Überlege dir weiterhin, für welchen Nachweis Silbernitrat genutzt wurde.

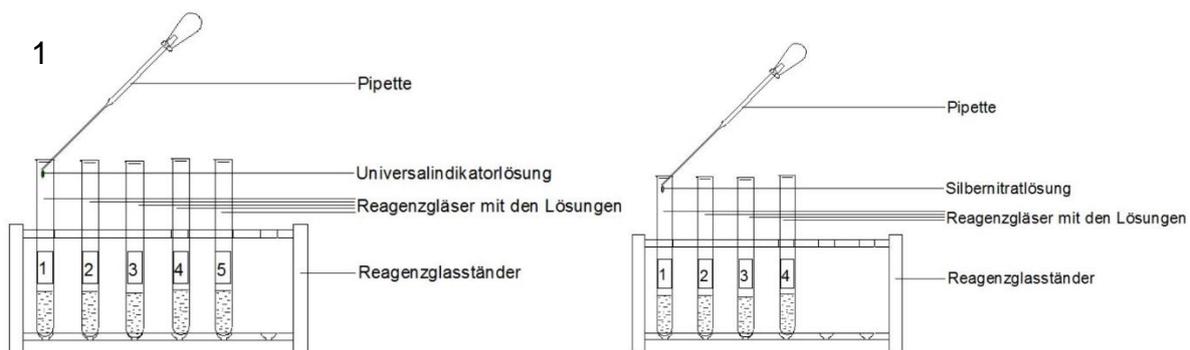
### Hilfsmittel II:

benötigte Chemikalien: Wasser, Universalindikatorlösung, Salzsäure, Schwefelsäure, Natriumchlorid, Natronlauge, Silbernitrat, (Salpetersäure)

benötigte Geräte: Reagenzglasständer, Reagenzgläser, Pipette

Zusatzinfo: Mit Silbernitratlösung lassen sich Halogenid-Ionen nachweisen.

Versuchsaufbau:



### Hilfsmittel III:

Fülle die Lösungen in fünf Reagenzgläser.

Gebe in alle Reagenzgläser 2-3 Tropfen Universalindikator und notiere deine Beobachtungen.

Gebe in die zwei roten Lösungen und in die zwei grünen Lösungen drei Tropfen Salpetersäure und anschließend zwei Tropfen Silbernitratlösung und notiere deine Beobachtungen.

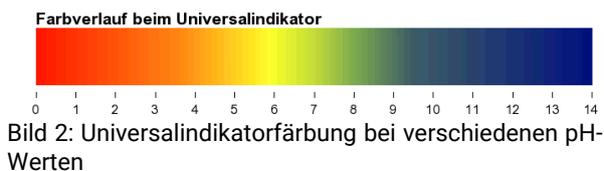
### Hilfsmittel IV:

Beobachtung:

- mit Universalindikator: eine Lösung im Reagenzglas: blau; zwei Lösungen werden rot und zwei Lösungen werden grün

- Zugabe von Silbernitrat: weißer Niederschlag bei einer roten Lösung und ein weißer Niederschlag bei einer grünen Lösung

Zusatzinformationen:



Halogenidnachweis:

positiver Chloridnachweis: Ausfällung eines weißen Niederschlags nach Zugabe von Silbernitratlösung

### Hilfsmittel V:

Auswertung:

Eine Lösung lässt sich mithilfe des Universalindikators von den anderen vier Lösungen unterscheiden. Das ist die Base (Natronlauge), da diese sich nach Zugabe des Universalindikators blau färbt.

Es bleiben daher vier Lösungen über. Davon reagieren zwei Lösungen grün und zwei Lösungen rot. Bei Zugabe der Salpetersäure und der Silbernitratlösung fallen bei einer der grünen Lösungen (Natriumchlorid) und einer der roten Lösungen (Salzsäure) ein weißer Niederschlag aus.



Folglich muss sich in dem Reagenzglas mit der grünen Lösung ohne weißen Niederschlag Wasser befunden haben und in dem Reagenzglas mit der roten Lösung ohne weißen Niederschlag muss sich Schwefelsäure befinden.

## Musterlösung für die Station B5: 1 Lösungen identifizieren

### Vorüberlegungen:

Färbungen von Lösungen bei Universalindikatorzugabe:

Säure: rot

Wasser: grün

Base blau

### Geräte und Chemikalien:

Geräte	Reagenzgläser (3), Reagenzglasständer, Pipette
Chemikalien	Universalindikatorlösung, Wasser, Salzsäure, Natronlauge

Lehrerinformation: bei der Herstellung der Lösung Vorgaben beachten. (stark verdünnt)

### Durchführung:

- 2-5 mL der Lösungen aus den nummerierten Bechergläsern in die Reagenzgläser überführen
- 2-3 Tropfen Universalindikatorlösung hinzugeben

### Beobachtung:

Eine Lösung färbt sich rötlich, eine grünlich und eine bläulich

### Auswertung:

Anhand der Vorüberlegungen kann geschlussfolgert werden, dass es sich bei der rot gefärbten Lösung um Salzsäure, bei der grünen Lösung um Wasser und bei der blauen Lösung um die Natronlauge handeln muss.

### Entsorgung:

Die Lösungen können neutralisiert über den Ausguss entsorgt werden.

## Musterlösung für die Station B 5.2 Lösungen identifizieren knifflig

### Vorüberlegungen:

Färbungen von Lösungen bei Universalindikatorzugabe:

Säure: rot

Wasser: grün

Base blau

Der Chlorid-Nachweis erfolgt mit Salpetersäure und Silbernitratlösung.

Am Ende sollten eine rote und eine grüne Lösung Chloride enthalten.

### Geräte und Chemikalien:

Geräte	Reagenzgläser (5), Reagenzglasständer, Pipetten, Erlenmeyerkolben
Chemikalien	Universalindikatorlösung, Wasser, Salzsäure, Natronlauge, Natriumchloridlösung, Schwefelsäure, Silbernitratlösung, Salpetersäure

Lehrerinformation: bei der Herstellung der Lösung Vorgaben beachten. (stark verdünnt)

### Durchführung:

- 2-5 mL der Lösungen aus den nummerierten Bechergläsern in die Reagenzgläser überführen
- 2-3 Tropfen Universalindikatorlösung hinzugeben
- Beobachtungen notieren
- Anschließend die Reagenzgläser mit den zwei roten und grünen Lösungen mit Salpetersäure ansäuern und Silbernitratlösung hinzugeben.
- Beobachtungen notieren.



### Beobachtung:

- Zwei Lösung färben sich rötlich, zwei grünlich und eine bläulich.
- Bei einer der rötlichen und der grünlichen Lösung fällt ein weißer Niederschlag aus bei den anderen beiden rötlichen und grünlichen Lösungen ist keine Veränderung zu erkennen.

### Auswertung:

Anhand der Vorüberlegungen kann geschlussfolgert werden, dass es sich bei der blauen Lösung, um die Natronlauge handeln muss, da diese als einzige basisch reagiert.

Salzsäure sowie auch Schwefelsäure reagieren beide sauer, was durch eine rötliche Färbung der Lösung nach Zugabe von Universalindikatorlösung bestätigt wird.

Ebenfalls färben sich Natriumchlorid und Wasser grün. (Anmerkung an die Lehrkraft: Natriumchloridlösung frisch ansetzen und Becherglas/ Erlenmeyerkolben abdecken).

Nach Zugabe von Silbernitratlösung können Salzsäure und Natriumchlorid durch einen weißen Niederschlag (trotz farbiger Lösung) identifiziert werden.

Nachweisreaktionen:



In den beiden anderen Reagenzgläser befindet sich somit schlussfolgernd Schwefelsäure (rote Lösung) und Wasser (grüne Lösung).

### Entsorgung:

Silberhaltige Abfälle werden gesondert gesammelt. Natronlauge kann über den Ausguss mit viel Wasser entsorgt werden.





**Sozialform:** Einzelarbeit

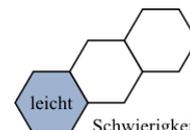
**Methode:** Puzzle

- **Räume** die Station wieder **auf**, wenn du fertig bist!

### Aufgabe:

#### Variante I:

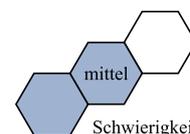
Ordne die einzelnen Reaktionsgleichungen den allgemeinen Wortgleichungen zu und übernimm das fertige Puzzle in deinen Hefter!



#### Variante II:

Vervollständige mit Hilfe der Puzzlevorlage die Reaktionen zur Herstellung von Säuren und Basen!

Ordne die einzelnen Reaktionen anschließend den allgemeinen Wortgleichungen zu und übernimm das fertige Puzzle in deinen Hefter!

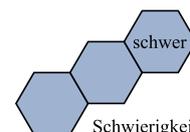


Finde zuerst die passenden Formelzeichen der Wortgleichung und vervollständige anschließend die Reaktionsgleichung!

#### Variante III:

Sortiere das Puzzle, sodass sich passende Reaktionen zur Herstellung von Säuren und Basen ergeben!

Ordne die einzelnen Reaktionen anschließend den allgemeinen Wortgleichungen zu und übernimm das fertige Puzzle in deinen Hefter!



Achte auf die richtige stöchiometrische Zusammensetzung in der Reaktionsgleichung!



⌘⌘⌘ Puzzleteile werden in doppelter Ausfertigung benötigt! ⌘⌘⌘

Variante I: Puzzleteile nur horizontal ausschneiden

Variante II + III: alle Puzzleteile ausschneiden

$\text{SO}_2$	+	$\text{H}_2\text{O}$	$\rightarrow$	$\text{H}_2\text{SO}_3$ (aq)		
$\text{CO}_2$	+	$\text{H}_2\text{O}$	$\rightarrow$	$\text{H}_2\text{CO}_3$ (aq)		
$\text{Ca}$	+	$2 \text{H}_2\text{O}$	$\rightarrow$	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ (aq)	+	$\text{H}_2$ (g)
$\text{MgO}$	+	$\text{H}_2\text{O}$	$\rightarrow$	$\text{Mg}(\text{OH})_2$ (aq)		

$2 \text{ Na}$	+	$2 \text{ H}_2\text{O}$	$\rightarrow$	$2 \text{ NaOH (aq)}$	+	$\text{H}_2 \text{ (g)}$
$\text{P}_4\text{O}_{10}$	+	$6 \text{ H}_2\text{O}$	$\rightarrow$	$4 \text{ H}_3\text{PO}_4 \text{ (aq)}$		
$\text{Na}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$	$\rightarrow$	$2 \text{ NaOH (aq)}$		
$\text{Al}_2\text{O}_3$	+	$3 \text{ H}_2\text{O}$	$\rightarrow$	$2 \text{ Al(OH)}_3 \text{ (aq)}$		
$2 \text{ K}$	+	$2 \text{ H}_2\text{O}$	$\rightarrow$	$2 \text{ KOH (aq)}$	+	$\text{H}_2 \text{ (g)}$

Allgemeine Wortgleichungen:

Nichtmetalloxid + Wasser → Säure

saure Lösung

✂ ✂ ✂ Zeile ausschneiden ✂ ✂ ✂

Metall + Wasser → Wasserstoff + Lauge

(Alkali-/ Erdalkalimetall)

basische Lösung

✂ ✂ ✂ Zeile ausschneiden ✂ ✂ ✂

Metalloxid + Wasser → Lauge

basische Lösung

**Puzzlevorlage für Variante II:**

Natriumoxid	+		→			
Aluminiumoxid	+		→	Aluminiumhydroxid		
	+	Wasser	→	Calciumhydroxid	+	
	+	Wasser	→	Kohlensäure		
Natrium	+		→		+	Wasserstoff

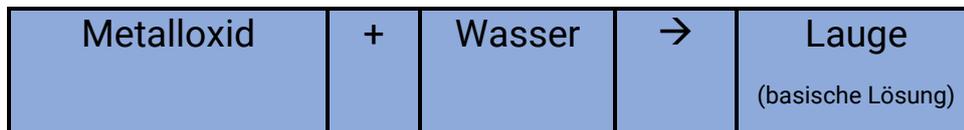
Diphosphor- pentoxid	+		→	Phosphorsäure		
Schwefeldio- xid	+		→			
	+		→	Magnesiumhydroxid		
	+		→	Kaliumhydroxid	+	

## Musterlösung für die Station C 1:

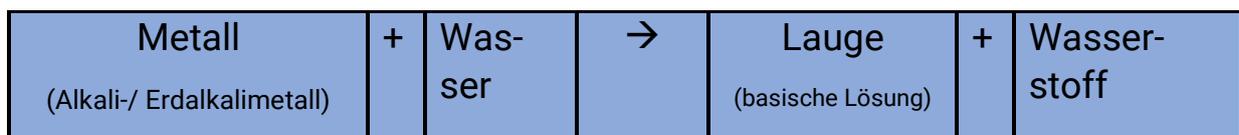
### Puzzle- Herstellung von Säuren und Basen



$\text{SO}_2$	+	$\text{H}_2\text{O}$	→	$\text{H}_2\text{SO}_3$ (aq)
$\text{CO}_2$	+	$\text{H}_2\text{O}$	→	$\text{H}_2\text{CO}_3$ (aq)
$\text{P}_4\text{O}_{10}$	+	$6 \text{H}_2\text{O}$	→	$4 \text{H}_3\text{PO}_4$ (aq)



$\text{MgO}$	+	$\text{H}_2\text{O}$	→	$\text{Mg}(\text{OH})_2$ (aq)
$\text{Na}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$	→	$2 \text{NaOH}$ (aq)
$\text{Al}_2\text{O}_3$	+	$3 \text{H}_2\text{O}$	→	$2 \text{Al}(\text{OH})_3$ (aq)



$\text{Ca}$	+	$2 \text{H}_2\text{O}$	→	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ (aq)	+	$\text{H}_2$ (g)
$2 \text{Na}$	+	$2 \text{H}_2\text{O}$	→	$2 \text{NaOH}$ (aq)	+	$\text{H}_2$ (g)
$2 \text{K}$	+	$2 \text{H}_2\text{O}$	→	$2 \text{KOH}$ (aq)	+	$\text{H}_2$ (g)



C2



## Lösen von Branntkalk in Wasser

15 min

**Sozialform:** Partnerarbeit**Methode:** Experiment

Diese Station enthält ein Experiment.

- Achte auf **Ordnung und Sauberkeit** am Arbeitsplatz.
- **Räume** die Station wieder **auf**, wenn du fertig bist und mache alle Geräte sauber.
- Trage eine **Schutzbrille**.
- Trage bei diesem Versuch **Schutzhandschuhe**.

### Aufgabe:

Löse etwas Branntkalk bzw. Calciumoxid in Wasser! Überprüfe mit Universalindikatorlösung, ob sich der pH-Wert des Wassers vor und nach der Reaktion verändert. Führe dazu ein Experiment nach der folgenden Versuchsbeschreibung durch!

Notiere deine Beobachtungen in einem Kurzprotokoll und diskutiere diese anhand einer möglichen Wort- und Reaktionsgleichung!

### Materialien/ Chemikalien:

Reagenzglasständer, Reagenzglas, Spatel, Glasstab, Tropfpipette  
destilliertes Wasser, Calciumoxid, Universalindikatorlösung

### Versuchsdurchführung:

1. Fülle ein Reagenzglas ca. 3 cm mit destilliertem Wasser
2. Tropfe mit einer Pipette zwei Tropfen der Universalindikatorlösung in das Reagenzglas.
3. Gib eine Spatelspitze Calciumoxid in das Reagenzglas und rühr mit dem Glasstab um.
4. Notiere die Beobachtung und überlege eine entsprechende Erklärung mit Hilfe einer Reaktionsgleichung.



Falls du Probleme mit den Reaktionsgleichungen hast, dann wiederhole zuerst **Aufgabe C1** zu Herstellungen von Säuren und Basen!



FRIEDRICH-SCHILLER-  
UNIVERSITÄT  
JENA

Differenzierungsmatrix  
- Säuren und Basen -

Chemiedidaktik



Seite 104

## Musterlösung für die Station C 2: Lösen von Branntkalk

### Beobachtung:

Versetzt man das Wasser im Reagenzglas mit etwas Unitestlösung, stellt sich eine grünliche Färbung ein.

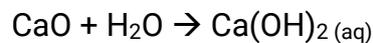
Nach der Zugabe von Calciumoxid, verfärbt sich die Lösung blau.

### Erklärung:

Durch die Zugabe von Calciumoxid (CaO) kommt es zur Bildung von Calciumhydroxid (Ca(OH)<sub>2(aq)</sub>).

Calciumhydroxid und Wasser bilden eine Lauge, da sich freibewegliche Hydroxidionen in der Lösung befinden. Somit stellt sich ein basischer pH-Wert ein.

Die Reaktion kann durch folgende Gleichungen beschrieben werden:





**Sozialform:** Partnerarbeit

**Methode:** Experiment

---

### Aufgabe:

Überprüfe mit deinem Partner, ob in der Umgebungsluft oder in der Ausatemluft mehr Kohlenstoffdioxid vorhanden ist. Führe dazu ein Experiment nach der folgenden Versuchsbeschreibung durch.

### Materialien:

2 Bechergläser, Tropfpipette, Strohhalm (vorzugsweise aus Plastik), Ballpumpe (mit Schlauch), Kalilauge, Universalindikator, Schutzbrille

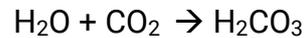
### Versuchsdurchführung:

- Fülle in zwei Bechergläser 200 ml Wasser.
- Mit einer Pipette werden in beide Gefäße 10 Tropfen Kalilauge (KOH) gegeben.
- Nach dem Reinigen der Pipette werden in beide Gefäße je 10 Tropfen Universalindikator gegeben und umgerührt.
- Ein Partner atmet für einige Minuten über einen Strohhalm mehrmals kräftig in eines der beiden Gefäße aus. (Achtung: Gefahr für die Augen. Unbedingt Schutzbrille tragen).
- In das andere Gefäß wird mit einer Ballpumpe Umgebungsluft gepumpt.
- Notiert die Beobachtung und überlegt euch eine entsprechende Erklärung. Nehmt zu der anfangs formulierten Aufgabe Stellung.



## Musterlösung für die Station C3: Atemluft in Indikatorlösung pusten

Durch die Zugabe von KOH wird ein leicht basischer pH-Wert erreicht. Folglich verfärbt sich der Universalindikator blau. Das vom Menschen ausgeatmete CO<sub>2</sub> bildet mit dem Wasser Kohlensäure nach der Gleichung:



Als Konsequenz ergibt sich ein Übergang von dem basischen Charakter der Lösung in einen sauren. Die Lösung färbt sich rot, was die Veränderung des pH-Werts signalisiert. Die Lösung aus dem zweiten Gefäß ändert die Farbe nur gering, da sich in der Ausatemluft bis zu 5% und in der Umgebungsluft nur 0,03 % CO<sub>2</sub> befinden.





**Sozialform:** Einzelarbeit

**Methode:** Textarbeit

---

Aufgabe:

Lies dir den Lerntext zum Thema *Ammoniaksynthese* aufmerksam durch und fülle mit den gewonnenen Informationen die Lücken auf dem Arbeitsblatt aus. Das Arbeitsblatt stellt den technischen Weg der Ammoniaksynthese dar.

Es gibt zwei verschiedene Arbeitsblätter:

- a) eines mit einigen Vordrucken AB 1
- b) ein ganz leeres für die **Superprofis** AB 2

*(Hinweis: Trage die Lösungen zuerst mit Bleistift in die vorgegebenen Kästchen ein, damit du später einfacher Korrekturen vornehmen kannst.)*

Zusatzaufgabe:

Bei der Ammoniaksynthese spielt der Katalysator eine wichtige Rolle. Informiere dich in deinem Lehrbuch über Katalysatoren und mache dir Notizen in deinen Hefter! Kläre dabei die Begriffe Katalysator, Katalysatorgift und vergifteter Katalysator!



## Die Ammoniaksynthese nach dem Haber-Bosch-Verfahren<sup>143</sup>

Das großchemische Verfahren zur Ammoniaksynthese, welches auch als Haber-Bosch-Verfahren bezeichnet wird, stammt aus dem 20. Jahrhundert und wurde nach den deutschen Chemikern *Fritz Haber* und *Carl Bosch* benannt, denen für die Entwicklung des Verfahrens der Nobelpreis verliehen wurde. In der chemischen Industrie ist Ammoniak (NH<sub>3</sub>) eine der wichtigsten Basen und Ausgangsstoff für viele chemische Synthesen. In folgendem Text wird der Weg der Herstellung von Ammoniak nachvollzogen:

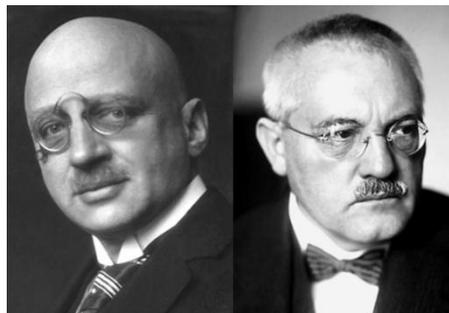
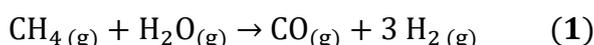


Abbildung: Fritz Haber (links) und Carl Bosch (rechts)

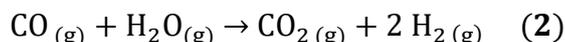
### Erzeugung des Synthesegases:

Im ersten Schritt wird im Primärreformer Wasserstoff, als einer von zwei Ausgangsstoffen, für die Ammoniaksynthese erzeugt. Heutzutage wird dafür der Wasserstoff aus Erdgas und Wasser gewonnen. Den Hauptbestandteil des Erdgases bildet die Verbindung Methan (CH<sub>4</sub>), welche einen hohen Wasserstoffanteil besitzt.

Das Erdgas muss für die weitere Verwendung zuerst entschwefelt werden, da enthaltene Schwefelverbindungen als sogenanntes „Katalysatorgift“ wirken. Das gereinigte Erdgas wird im Primärreformer bei 700 – 800 °C und unter Druck mit Wasserdampf zur Reaktion gebracht:



Das entstandene Kohlenstoffmonooxid (CO) reagiert mit Wasser (H<sub>2</sub>O) weiter zu Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>):

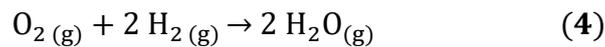


So bildet sich im Primärreformer ein Gemisch aus Wasserstoff, Kohlenmonooxid, Kohlenstoffdioxid, nicht umgesetzten Methan und Wasserdampf.

<sup>143</sup> Vgl. Schülermaterial der BASF, <https://www.basf.com/de/de/company/about-us/sites/ludwigshafen/commitment-for-the-region/education/angebote-7-13/unterrichtsmaterialien/Ammoniaksynthese.html> [letzter Zugriff: 30.08.2018]

Im Sekundärreformer wird der zweite Ausgangsstoff für die Ammoniaksynthese erzeugt – der Stickstoff (N<sub>2</sub>). Hierzu wird dem Gasgemisch aus dem Primärreformer verdichtete Luft zugeführt. Die Luft besteht aus 21 % Sauerstoff (O<sub>2</sub>), 79 % Stickstoff und sehr geringen Anteilen an Kohlenstoffdioxid und Edelgasen.

Es kommt zu einer Reaktion des Sauerstoffanteils der Luft mit dem Methan und dem Wasserstoff aus dem Gasgemisch des Primärreformers:



Anschließend laufen wie zuvor die Reaktionen (1) und (2) ab. Der reaktionsträge Stickstoff bleibt jedoch unverändert und kann für die weitere Synthese genutzt werden.

### Reinigung des Synthesegases:

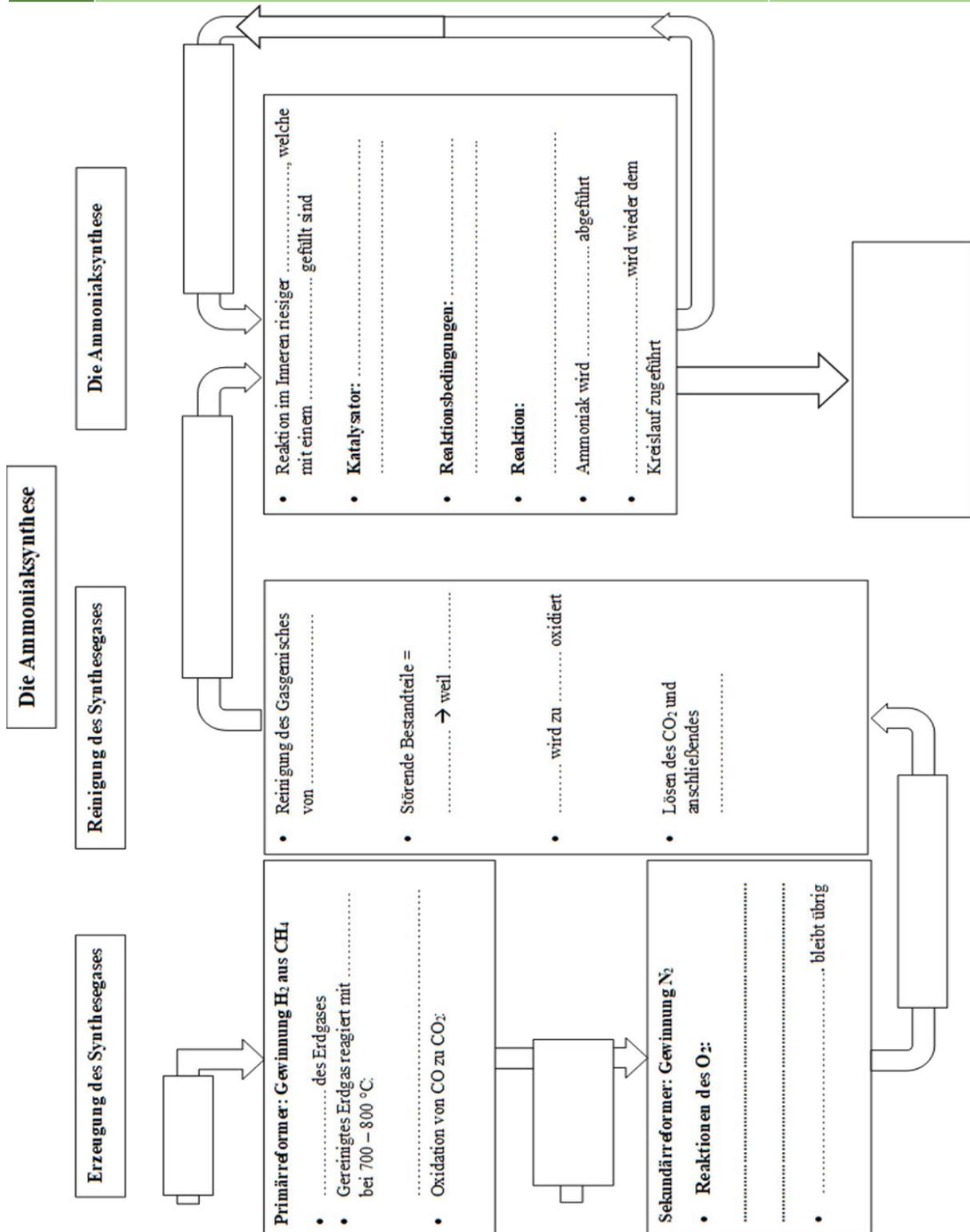
Im nächsten großen Verfahrensschritt muss das Gasgemisch von störenden Bestandteilen gereinigt werden. So machen die Kohlenstoffoxide als Katalysatorgifte den Katalysator der Synthese unwirksam. Dazu wird der Restbestandteil an Kohlenstoffmonoxid zu Kohlenstoffdioxid oxidiert und anschließend in einem Lösungsmittel gelöst und ausgewaschen.

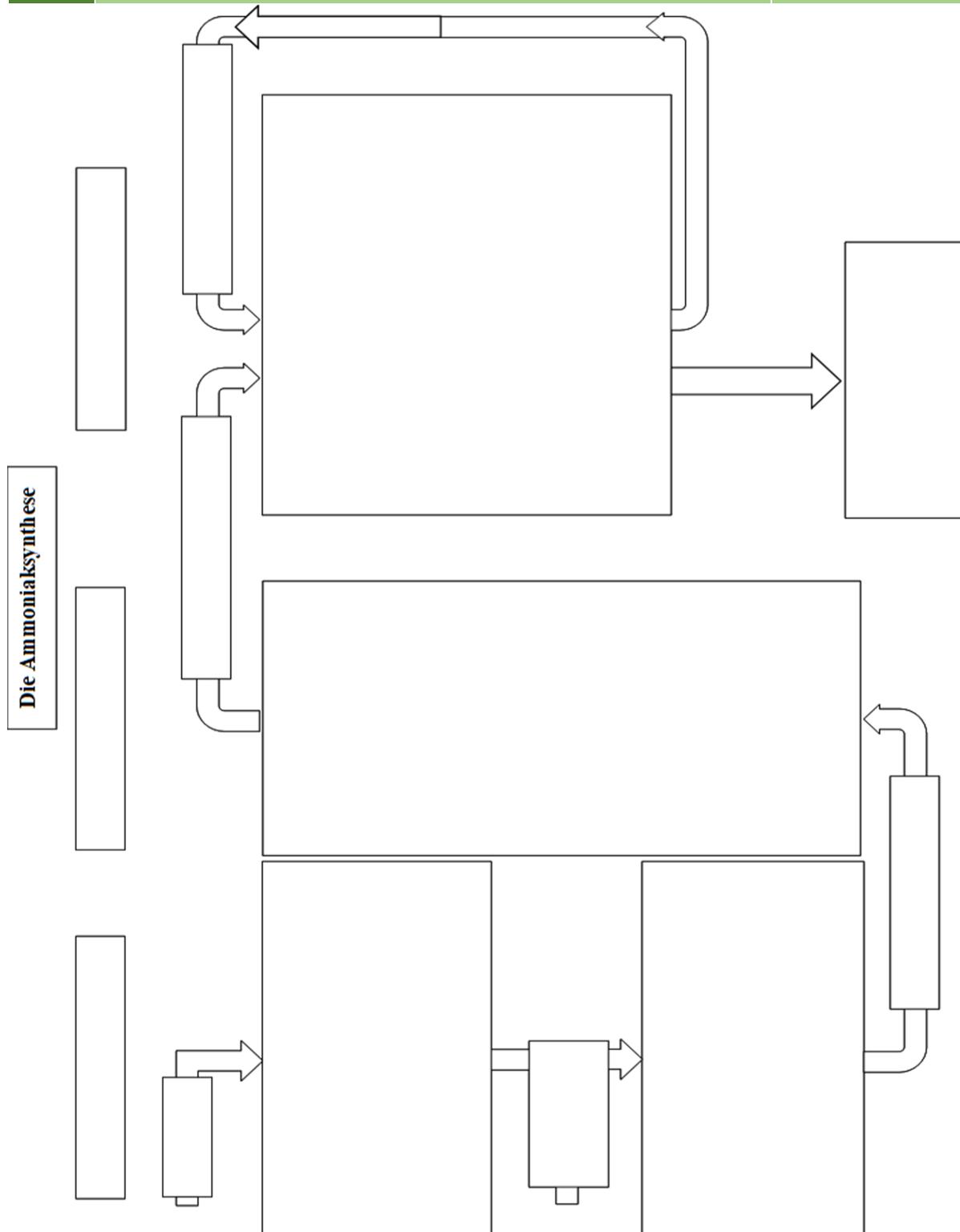
### Die Ammoniaksynthese:

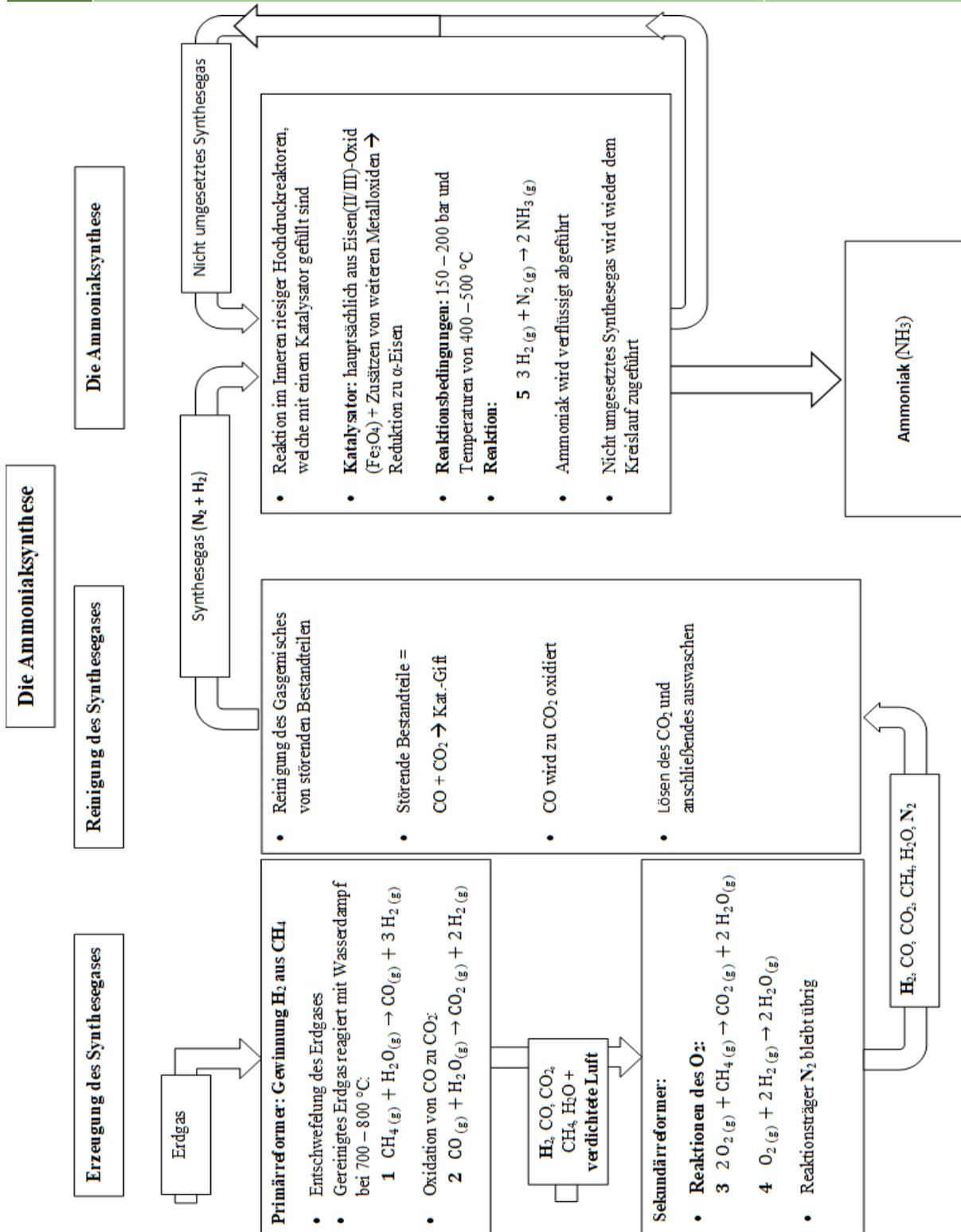
Die eigentliche Ammoniaksynthese erfolgt im Inneren riesiger Hochdruckreaktoren, welche mit einem Katalysator gefüllt sind. An der Kontaktfläche des Katalysators kommt es bei Drücken von 150 – 200 bar und Temperaturen von 400 – 500 °C zur Reaktion von Wasserstoff und Stickstoff zu Ammoniak:



Nach einmaligem Durchgang durch den Reaktor beträgt die Ausbeute an Ammoniak ca. 15 %. Das Produkt wird durch Abkühlung des Synthesegasgemisches verflüssigt und abgetrennt. Die Bestandteile des Gases, welche noch nicht abreagiert sind, werden mit frischem Synthesegas ergänzt und dem Kreislauf wieder hinzugeführt.









**Sozialform:** Partnerarbeit

**Methode:** Experimentplanung



Diese Station enthält ein Experiment.

- Achte auf **Ordnung und Sauberkeit** am Arbeitsplatz.
- **Räume** die Station wieder **auf**, wenn du fertig bist und mache alle Geräte sauber. Flüssigkeiten können nach der Neutralisation über den Ausguss entsorgt werden und Feststoffe im Feststoffmüll.
- Trage eine **Schutzbrille**.
- Trage bei diesem Versuch einen **Schutzkittel**.
- Dämpfe oder Rauch **unter keinen Umständen** einatmen.

### Informationen:

Phosphorsäure ist eine wichtige anorganische Säure, die zum Beispiel als Säuerungsmittel in Lebensmitteln oder bei der Herstellung von Dünger verwendet wird.

**koffeinhaltiges Erfrischungsgetränk mit Pflanzensäure**  
**Zutaten: Wasser, Zucker, Kohlensäure, Farbstoff E 129**  
**Säuerungsmittel Phosphorsäure, natürliches Aroma**

*Zutatenliste eines bekannten Softdrinks*

### Aufgabe:

Plant ein Experiment zur Herstellung von Phosphorsäure.

1. Erarbeitet eine Versuchsdurchführung mit den vorgegebenen Materialien (s.u.)
2. Führt das Experiment durch und fertigt ein Versuchsprotokoll an.

**Zeigt eurem Lehrer/eurer Lehrerin eure Planung, bevor ihr beginnt zu experimentieren!**

### Hinweise zur Anfertigung:

Welche Chemikalien werden benötigt?

Welche Sicherheitsvorkehrungen müssen getroffen werden?

Wie kann nachgewiesen werden, dass eine Säure entstanden ist?

Wie lauten die Reaktionsgleichungen bis zur fertigen Säure?

### Braucht ihr Hilfe?

Dann schaut doch einmal bei der Station C1.

### Materialien:

Erlenmeyerkolben, Gummistopfen mit Verbrennungslöffel durchbohrt, Bunsenbrenner, Spatel



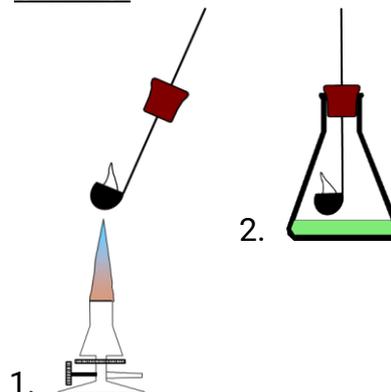
## Musterlösung für die Station C5: Herstellung von Phosphorsäure

Chemikalien	Geräte
roter Phosphor Universalindikator entionisiertes Wasser	Verbrennungslöffel im Stopfen Erlenmeyerkolben (ca. 300 ml groß) Spatel Bunsenbrenner

### Durchführung:

1. Gib ca. 100 ml Wasser in den Erlenmeyerkolben.
2. Tropfe ca. 3 Tropfen Universalindikator ins Wasser.
3. Gib eine Spatelspitze roten Phosphor auf den Verbrennungslöffel.
4. Entzünde den Phosphor mit der Brennerflamme.
5. Verschließe den Erlenmeyerkolben mit dem Stopfen, sodass der Verbrennungslöffel im Erlenmeyerkolben hängt, aber nicht das Wasser oder die Gefäßwand berührt. Schwenke den Kolben vorsichtig. Das Wasser darf den heißen Verbrennungslöffel nicht berühren.

### Skizze:

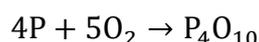


### Beobachtung:

Der Indikator ist zunächst grün. Der Phosphor brennt im Erlenmeyerkolben mit weißer Flamme kurz weiter. Es entsteht weißer Rauch, vor allem nach dem Erlöschen des Phosphors. Nach dem Schwenken ändert sich die Indikatorfarbe von grün zu orange/rot.

### Auswertung:

Bei der Verbrennung von Phosphor an der Luft entsteht Phosphorpentoxid:



Bei der anschließenden Hydrolyse entsteht Phosphorsäure, die für eine Änderung der Indikatorfarbe verantwortlich ist:



**Wichtiger Hinweis:** Phosphor, auch wenn es der weniger reaktive rote Phosphor ist, brennt heiß und lässt sich schlecht löschen. Nimmt man beispielsweise den noch heißen Verbrennungslöffel wieder aus dem Erlenmeyerkolben, kann der Phosphor sich spontan wieder entzünden. Darum müssen die Schüler unbedingt ihre Planung dem Lehrer vor Beginn vorlegen. **Weiterhin muss auf die Gefahr von Phosphor und den Reaktionsprodukten hingewiesen werden.**





**Sozialform:** Gruppenarbeit

**Methode:** Thesenbar

---

Aufgabe:

1. Diese Aufgabe dient zur Reaktivierung deines Vorwissens. Gib dazu mit eigenen Worten eine Definition für die Dissoziation an.

Brauchst du Hilfe?

Besprich dich mit deinen Banknachbarn oder nutze deine Aufzeichnungen, um dein Wissen aufzufrischen.

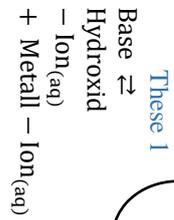
2. Belegt oder widerspricht den folgenden Thesen innerhalb eurer Kleingruppen und begründet eure Entscheidung. Die Thesen befinden sich auf dem Arbeitsblatt AB 1.  
Vergleicht danach eure Lösungen mit der Musterlösung.
3. Stell drei verschiedene Dissoziationsgleichungen von Säuren und Basen auf. Die Beispiele sind frei wählbar.

Zusatzaufgabe:

Untersuche mit Hilfe des Lehrbuches oder des Internets, unter welchem Kriterium eine Säure vollständig bzw. unvollständig dissoziiert.

---

# STERNEN



These 2

Die Dissoziation kann beim Lösen einer festen Säure in Wasser stattfinden

These 3

Die Dissoziation ist keine chemische Reaktion!

These 4

Eine saure bzw. basische Lösung ist das Gleiche wie eine Säure bzw. Base.



## Musterlösung für die Station D1: Dissoziation

### 1. Aufgabe

Die Dissoziation ist eine chemische Reaktion, bei der sich eine chemische Verbindung in zwei oder mehrere Moleküle, Atome oder Ionen aufteilt. Dies kann beispielsweise durch das Lösen in Wasser hervorgerufen werden.

### 2. Aufgabe

These 1 ist richtig.

These 2 ist richtig.

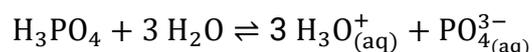
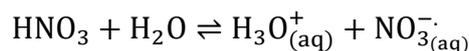
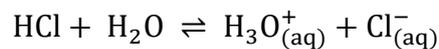
These 3 ist falsch, da eine Dissoziation den Kriterien einer chemischen Reaktion entspricht. Dies bedeutet, dass sich die Bindungen zwischen den Teilchen aufspalten und eine Energieänderung mittels einer Dissoziationsenthalpie messbar ist. Zudem findet eine Stoffumwandlung statt. Dadurch können neue Eigenschaften festgestellt werden.

These 4 ist falsch. Eine Säure bezeichnet den Reinstoff, welche als Gas, Flüssigkeit oder Gas vorliegen kann. Die saure Lösung jedoch bezeichnet die Mischung der Säure mit Wasser.

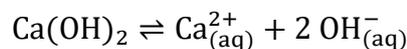
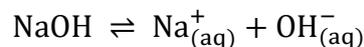
These 5 ist falsch. Die richtige Reaktionsgleichung lautet:  $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons 2 \text{H}_{(\text{aq})}^+ + \text{SO}_{3(\text{aq})}^{2-}$

### 3. Aufgabe

Für Säuren können folgende Dissoziationsgleichungen angegeben werden:



Für Basen können folgende Dissoziationsgleichungen angegeben werden:



### Zusatzaufgabe

Der Dissoziationsgrad ist abhängig von der Säurekonstante. Somit dissoziieren starke Säuren vollständig und schwache Säure unvollständig in Wasser.



**Sozialform:** Gruppenarbeit**Methode:** Experiment

Diese Station enthält ein Experiment.

- Achte auf **Ordnung und Sauberkeit** am Arbeitsplatz.
- **Räume** die Station wieder **auf**, wenn du fertig bist und mache alle Geräte sauber.
- Trage eine **Schutzbrille**.
- Trage bei diesem Versuch **Schutzhandschuhe**.
- Beachte, dass im Chemieraum **keine Speisen oder Getränke** zu sich genommen werden.

### Informationen:

Säuren und Basen gehören zu den wichtigsten und am weitesten verbreiteten chemischen Substanzen. Für viele Bereiche im Alltag ist es sehr wichtig die Konzentration oder Stärke einer Säure oder Base zu bestimmen. Somit kann beispielsweise überprüft werden, ob der Boden zu sauer ist und somit keine Pflanze wachsen kann.

### Aufgabe:

1. Stellt experimentell eine pH-Wert-Reihe zu dem Indikator Bromthymolblau auf. Orientiert euch dabei an pH-Wert-Reihen bereits bekannter Indikatoren wie Universalindikator oder Phenolphthalein.  
Verwendet für die Bearbeitung der Aufgabe die bereitgelegten Lebensmittel und Alltagsgegenstände mit den dazugehörigen Angaben des jeweiligen pH-Wertes.
2. Beim Aufräumen des Vorbereitungsraums wurde eine unbestimmte farblose Flüssigkeit gefunden. Analysiere die Flüssigkeit auf ihren pH-Wert mit Hilfe des Bromthymolblaus, um festzustellen welche Stoffklasse hierbei vorliegt. Protokolliere dabei dein Vorgehen.
3. Erkläre anhand deines erworbenen Wissens die Begriffe Indikator und pH-Wert.

### Zusatzaufgabe:

Nenne Indikatoren, die du aus deiner Alltagswelt kennst.

---



## Information zu den Lebensmitteln

Als Vorbereitung sollten verschiedene Lebensmittel oder Alltagsstoffe mit unterschiedlichen pH-Werten getestet und aufgereiht werden. Diese sollten alle unterschiedliche pH-Werte besitzen und verschiedene Färbungen des Indikators hervorrufen.

Möglichkeiten für Lebensmittel und Alltagsgegenstände:

Zitrone – pH-Wert: 1-2

Essig – pH-Wert: 3-4

Waschmittelösung – pH-Wert: 11-12

Seife – pH-Wert: 10-11

Wasser – pH-Wert: 7

Cola – pH-Wert: 4-5

...



## Musterlösung für die Station D2: pH-Wert und Indikatoren

### 1. Aufgabe

Indikator	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Thymolblau														

Die Farben sollten für die verschiedenen pH-Werte angegeben werden, damit die SuS die folgende Aufgabe bearbeiten können.

### 2. Aufgabe

#### Protokoll

Aufgabe: Analysiere die Flüssigkeit auf ihren pH-Wert mit Hilfe des Bromthymolblaus, um festzustellen welche Stoffklasse hierbei vorliegt.

Geräte/Chemikalien: Bromthymolblau, unbekannte Flüssigkeit, Pipetten, Schutzbrille, Reagenzglas

Durchführung: - Füllen der farblosen Flüssigkeit in Reagenzglas  
- Zugabe weniger Tropfen eines Indikators

Beobachtung: - Färbung des Indikators

Auswertung: Die farblose Flüssigkeit ist Kalilauge. Die Indikatoren zeigen einen hohen pH-Wert an und weisen dadurch auf eine Base hin.

### 3. Aufgabe

Ein Indikator ist meist ein Farbstoff, der über verschiedene Farbgebung in unterschiedlichen Milieu anzeigen kann, ob eine Substanz sauer, basisch oder neutral ist. Der pH-Wert gibt an, wie sauer oder basisch eine Substanz ist. Dabei entspricht ein pH-Wert unter 7 sauer, über 7 basisch und genau 7 neutral.

Zusatzaufgabe:

Alltagsindikatoren: Rotkohlsaft, Schwarzer Tee, ...



**Sozialform:**  
Einzelarbeit oder Partnerarbeit

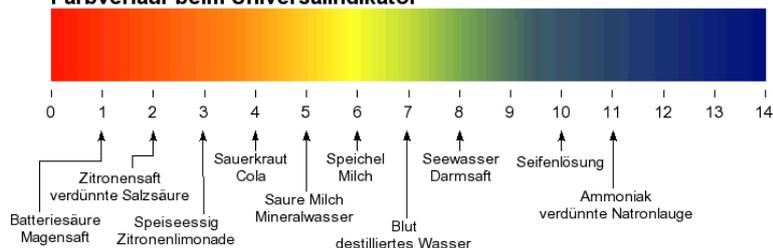
**Methode:** Experiment



Diese Station enthält ein Experiment.

- Achte auf **Ordnung und Sauberkeit** am Arbeitsplatz.
- **Räume** die Station wieder **auf**, wenn du fertig bist und mache alle Geräte sauber.
- Trage eine **Schutzbrille**.

Farbverlauf beim Universalindikator



### Informationen:

In dieser Station geht es um die Neutralisationsreaktion. Es soll sowohl praktisch als auch theoretisch der dabei ablaufende Vorgang untersucht werden.

### Aufgabe:

Führe folgendes Experiment durch und notiere deine Beobachtungen. Gib 5 Tropfen HCl in ein Becherglas mit 50 ml Wasser. Stelle mit Hilfe von Natronlauge annähernd den pH-Wert 7 ein.

### Brauchst du Hilfe?

Auf dem Tisch findest du drei Hilfekärtchen. Wenn du nicht weiterkommst, nimm die Karte 1 und schaue dir den Hinweis an. Falls du dann immer noch Probleme hast, nimm Hilfekarte 2 und erst, wenn du dann nicht weiterweißt, nutze die Karte 3.

Lege die Karten am Ende wieder ordentlich zurück, so dass deine Klassenkameraden sie auch nutzen können.

## Theorie

Stelle die Reaktionsgleichung für das durchgeführte Experiment in Ionenschreibweise auf.

---

Stelle die Gleichungen für folgende Reaktionen auf:

Kaliumhydroxid + Salzsäure

---

Magnesiumhydroxid + Salzsäure

---

\*) Natriumhydrogencarbonat + Salzsäure

---

\*) Schwefelsäure + Magnesiumhydroxid

---

\*) Phosphorsäure + Calciumhydroxid

---

Definiere den Begriff Neutralisation. (Tipp: Als Hilfe dienen die aufgestellten Reaktionsgleichungen.)

---

---

---

## Chemisches Rechnen

Welche Masse HCl wird benötigt, um 100 g NaCl herzustellen? Nutze die Gleichung des Experimentes.



## Hilfekarten für die Station D3: Sauer + Basisch = Neutral?

Die vorbereiteten Hilfekarten sind auf ein A4-Blatt auszudrucken und drei Mal in der Hälfte zu falten. Hierdurch ergibt sich ein kleines „Heft“.

Die Nummer der entsprechenden Hilfe sollte obenauf zu sehen sein. Durch einmaligen aufklappen kommt die Hilfe zum Vorschein. Wird diese erneut aufgeklappt, sehen die Schülerinnen und Schüler die Antwort.



► **Hilfe 1**

Sauer + Basisch = Neutral?

Experiment

**Hilfe 1**

**Antwort 1**

Wie erkennst du den pH-Wert?

Universalindikator hilft dir den pH-Wert einer Lösung zu erkennen.

## ▶ Hilfe 2

Sauer + Basisch = Neutral?

Experiment

### Hilfe 2

### Antwort 2

Welche Farbe hat der Universalindikator, wenn die Lösung den pH-Wert 7 hat?

Der Universalindikator weist eine Grünfärbung auf.

## ▶ Hilfe 3

Sauer + Basisch = Neutral?

Experiment

### Hilfe 3

Der Universalindikator zeigt eine basische Lösung an. Was musst du machen, wenn du zu viel Natronlauge hinzugegeben hast?

### Antwort 3

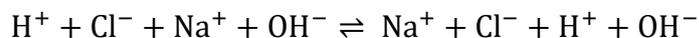
Die Lösung weist zu Beginn des Versuches einen pH-Wert im sauren Bereich auf. Die Neutralisation soll dementsprechend mit einer Base erfolgen.

Dieses Prinzip funktioniert auch in die andere Richtung. Falls du den neutralen Bereich verfehlt hast, kannst du durch die tropfenweise Zugabe von HCl den pH-Wert wieder in den sauren Bereich verschieben.

## Musterlösung für die Station D3: Sauer + Basisch = Neutral?

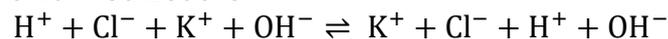
### Theorie

Stelle die Reaktionsgleichung für das durchgeführte Experiment in Ionenschreibweise auf.

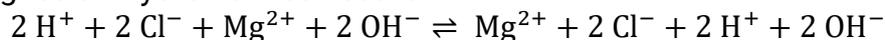


Stelle die Gleichungen für folgende Reaktionen auf.

Kaliumhydroxid + Salzsäure



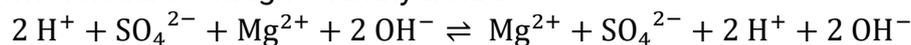
Magnesiumhydroxid + Salzsäure



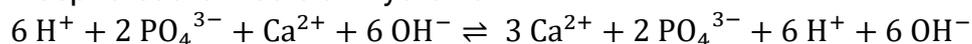
\*) Natriumhydrogencarbonat + Salzsäure



\*) Schwefelsäure + Magnesiumhydroxid



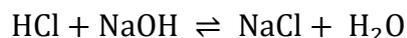
\*) Phosphorsäure + Calciumhydroxid



Definiere den Begriff Neutralisation. (Tipp: Als Hilfe dienen die aufgestellten Reaktionsgleichungen.)

Bei einer Neutralisationsreaktion reagieren Säuren und Basen miteinander. Dabei werden aus den Wasserstoff-Ionen (Hydronium-Ionen) der Säuren und den Hydroxid-Ionen der Basen Wassermoleküle gebildet.

### Chemisches Rechnen



ges.:  $m(\text{HCl})$   
geg.:  $m(\text{NaCl}) = 100 \text{ g}$   
 $M(\text{HCl}) = 36,45 \text{ g/mol}$   
 $M(\text{NaCl}) = 58,44 \text{ g/mol}$

$$m(\text{HCl}) = \frac{100 \text{ g} \cdot 36,45 \text{ g} \cdot \text{mol}}{58,44 \text{ g} \cdot \text{mol}} = 62,4 \text{ g}$$



**Sozialform:** Partnerarbeit

**Methode:** Memory

### Informationen:

Salze werden nicht nur bei der Neutralisationsreaktion (vgl. Station Neutralisation) gebildet, sondern auch bei zahlreichen weiteren Reaktionen, bei denen auch Säuren und Basen eine Rolle spielen.

Ziel dieser Station ist es, jene typischen Reaktionen zu systematisieren und zu festigen. Arbeitet hier zu zweit oder als Kleingruppe (maximal vier Schülerinnen und Schüler).

### Aufgabe 1: Wiederholung

Wiederholt mit Hilfe des beiliegenden Memorys die Grundbegriffe, die für die Bearbeitung der Station essentiell sind.





**Sozialform:** Partnerarbeit

**Methode:** Think-Pair-Share

### Informationen:

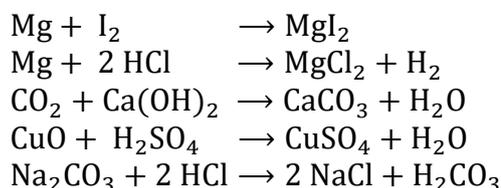
Salze werden nicht nur bei der Neutralisationsreaktion (vgl. Station Neutralisation) gebildet, sondern auch bei zahlreichen weiteren Reaktionen, bei denen auch Säuren und Basen eine Rolle spielen.

Ziel dieser Station ist es, jene typischen Reaktionen zu systematisieren und zu festigen. Arbeitet hier zu zweit oder als Kleingruppe (maximal vier Schülerinnen und Schüler).

Die Aufgaben zwei und drei bearbeitet ihr mit der Methode **Think-Pair-Share**. Das bedeutet, dass ihr zunächst eigenständig versucht, die Aufgabe zu lösen (*Think*) und euch anschließend mit eurem Partner oder eurer Partnerin über eure Lösung austauscht und eine gemeinsame Lösung entwickelt (*Pair*). Falls mehr als zwei Personen die Station bearbeiten, folgt anschließend noch der Austausch in der gesamten Gruppe über die Lösung (*Share*).

### Aufgabe 2: Systematisierung

Folgende fünf Salzbildungsreaktionen sind gegeben:



Jede dieser Reaktionsgleichungen ist charakteristisch für eine Art der Salzbildung. Entwickelt anhand obiger Reaktionsgleichungen eine Übersicht der Salzbildungsreaktionen. Diese sollte je die allgemeine Wortgleichung für die entsprechende Salzbildungsreaktion und das passende Beispiel enthalten.





**Sozialform:** Partnerarbeit

**Methode:** Think-Pair-Share

### Informationen:

Salze werden nicht nur bei der Neutralisationsreaktion (vgl. Station Neutralisation) gebildet, sondern auch bei zahlreichen weiteren Reaktionen, bei denen auch Säuren und Basen eine Rolle spielen.

Ziel dieser Station ist es, jene typischen Reaktionen zu systematisieren und zu festigen. Arbeitet hier zu zweit oder als Kleingruppe (maximal vier Schülerinnen und Schüler).

Die Aufgaben zwei und drei bearbeitet ihr mit der Methode **Think-Pair-Share**. Das bedeutet, dass ihr zunächst eigenständig versucht, die Aufgabe zu lösen (*Think*) und euch anschließend mit eurem Partner oder eurer Partnerin über eure Lösung austauscht und eine gemeinsame Lösung entwickelt (*Pair*). Falls mehr als zwei Personen die Station bearbeiten, folgt anschließend noch der Austausch in der gesamten Gruppe über die Lösung (*Share*).

### Aufgabe 3: Festigung

a) Ergänze folgende Wortgleichungen und schreib als Reaktionsgleichung!

Magnesiumoxid + schweflige Säure → \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ + Salpetersäure → Kaliumnitrat + Wasserstoff

Natriumoxid + \_\_\_\_\_ → Natriumchlorid + \_\_\_\_\_

b) Entwickle drei mögliche Reaktionsgleichungen zur Darstellung des Salzes Kaliumsulfid!





**Sozialform:** Partnerarbeit

**Methode:** Think-Pair-Share

### Informationen:

Salze werden nicht nur bei der Neutralisationsreaktion (vgl. Station Neutralisation) gebildet, sondern auch bei zahlreichen weiteren Reaktionen, bei denen auch Säuren und Basen eine Rolle spielen.

Ziel dieser Station ist es, jene typischen Reaktionen zu systematisieren und zu festigen. Arbeitet hier zu zweit oder als Kleingruppe (maximal vier Schülerinnen und Schüler).

### Zusatzaufgabe

Chlor wird in einem Quarzrohr über entrindetes Natrium geleitet. Nach kurzem Erwärmen setzt eine heftige Reaktion ein, nach dem Abkühlen des Reaktionsapparats bleibt ein weißer, kristalliner Stoff zurück. Versetzt man diesen mit Schwefelsäure, so entwickelt sich ein Gas, welches feuchtes Unitestpapier rot färbt.

Formuliere die Reaktionsgleichungen für alle ablaufenden Reaktionen und ordne diese gegebenenfalls einem Typ der Salzbildungsreaktion zu. Stelle den Zusammenhang zwischen den aufgestellten Reaktionsgleichungen und den beschriebenen Beobachtungen her.



# Musterlösung für die Station D4: Salzbildungsreaktionen

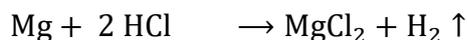
## Aufgabe 1: Memory

Arrhenius-Base	Stoff, der in wässriger Lösung frei bewegliche, positiv geladene H <sup>+</sup> -Ionen und negativ geladene Hydroxid-Ionen bildet.
Arrhenius-Säure	Stoff, der in wässriger Lösung positiv geladene Protonen abspaltet.
Brönsted-Base	Teilchen, die Protonen aufnehmen können (Protonenakzeptor).
Brönsted-Säure	Teilchen, die Protonen abgeben können (Protonendonator).
Salz	Chemische Verbindungen bestehend aus Kationen und Anionen.
Metall	Chemische Elemente, die folgende charakteristische Eigenschaften besitzen: elektrische und thermische Leitfähigkeit, metallischer Glanz, Verformbarkeit.
Nichtmetall	Chemische Elemente, denen typische metallische Eigenschaften (z. B. Formbarkeit, elektrische und thermische Leitfähigkeit) fehlen.
Nichtmetalloxid	Chemische Verbindung aus einem Nichtmetall und Sauerstoff
Metalloxid	Chemische Verbindung aus einem Metall und Sauerstoff

## Aufgabe 2: Systematisierung

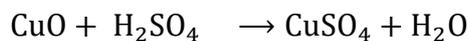
### *Metall und Säure*

Metall + Säure → Salz + Wasserstoff ↑



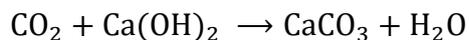
### *Metalloxid und Säure*

Metalloxid + Säure → Salz + Wasser



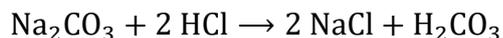
### *Nichtmetalloxid und Lauge*

Nichtmetalloxid + Lauge → Salz + Wasser



### *Salz und Säure*

Salz + stärkere Säure → Salz der stärkeren Säure + Wasser



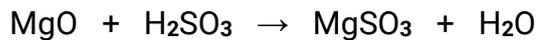
### *Salzbildung aus den Elementen*

Metall + Nichtmetall → Salz

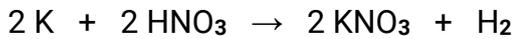


### Aufgabe 3: Festigung

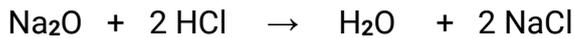
a) Magnesiumoxid + schweflige Säure → Magnesiumsulfid + Wasser



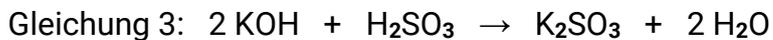
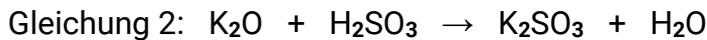
Kalium + Salpetersäure → Kaliumnitrat + Wasserstoff



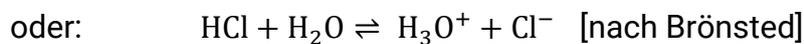
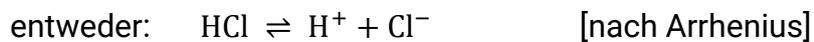
Natriumoxid + Salzsäure → Natriumchlorid + Wasser



b) Gleichung 1:  $2 \text{K} + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2$



### Vertiefende Aufgabe:



Natriumchlorid (NaCl) ist die entstandene weiße, kristalline Substanz.

Der entstandene Chlorwasserstoff reagiert im Wässrigen als Säure und färbt Unitest dabei rot.

<b>Arrhenius-Base</b>	Stoff, der in wässriger Lösung frei bewegliche, positiv geladene $H^+$ -Ionen und negativ geladene Hydroxid-Ionen bildet.	<b>Metalloxid</b>
<b>Arrhenius-Säure</b>	Stoff, der in wässriger Lösung positiv geladene Protonen abspaltet.	Chemische Verbindung aus einem Metall und Sauerstoff
<b>Brönsted-Base</b>	Teilchen, die Protonen aufnehmen können (Protonenakzeptor).	<b>Nichtmetall-oxid</b>



<p><b>Brönsted-Säure</b></p>	<p>Teilchen, die Protonen abgeben können (Protonendonator).</p>	<p>Chemische Verbindung aus einem Nichtmetall und Sauerstoff</p>
<p><b>Salz</b></p>	<p>Chemische Verbindungen bestehend aus Kationen und Anionen.</p>	<p><b>Nichtmetall</b></p>
<p><b>Metall</b></p>	<p>Chemische Elemente, die folgende charakteristische Eigenschaften besitzen: elektrische und thermische Leitfähigkeit, metallischer Glanz, Verformbarkeit.</p>	<p>Chemische Elemente, denen typische metallische Eigenschaften (z. B. Formbarkeit, elektrische und thermische Leitfähigkeit) fehlen.</p>





**Sozialform:**  
Einzelarbeit/Partnerarbeit

**Methode:** Lernen am Video



Diese Station enthält ein **Video**. Dieses umfasst **ausschließlich Aufgabe 3**.

- Mache dich zuerst mit der **Aufgabenstellung bekannt**.
- **Schau danach das Video** und löse die dazugehörige Aufgabe.
- Es liegen gestufte **Lernhilfen für die Station** vor.

### Aufgabe 1

Erläutere folgende Begriffe mit deinen eigenen Worten:

*Redoxreaktion, Oxidationszahl, Oxidation, Reduktion, Oxidationsmittel, Reduktionsmittel.*

Solltest du dir dabei unsicher sein, nutze das Lehrbuch und die Aufzeichnungen in deinem Hefter.

### Aufgabe 2

Bestimme die Oxidationszahlen folgender Verbindungen:

$\text{H}_2\text{SO}_4$   $\text{H}_2\text{SO}_3$   $\text{H}_2\text{S}$   $\text{HNO}_3$   $\text{HNO}_2$   $\text{HCl}$   $\text{Cl}_2$   $\text{HClO}$   $\text{HClO}_2$   $\text{HClO}_3$   $\text{HClO}_4$   $\text{KMnO}_4$   
 $\text{MnO}_2$



### **Aufgabe 3**

Dieser Teilaufgabe ist ein Experiment per Video beigefügt. Im Versuch wird aus einem Tropftrichter Salzsäure (HCl) in einen Zweihalskolben, welcher Kaliumpermanganat (KMnO<sub>4</sub>) enthält getropft. Dabei läuft eine chemische Reaktion ab. Formuliere zunächst eine Hypothese zur ablaufenden Reaktion.

Schaue dir nun das zur Station gehörende Video an und notiere deine Beobachtungen.

Entwickle nun eine Reaktionsgleichung zur ablaufenden Redoxreaktion, sowie die Teilgleichungen für Oxidation und Reduktion. Betrachte hierzu nur die für die Redoxreaktion relevanten Ionen.

Hinweis: MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>-Ionen werden in saurer Lösung zu Mn<sup>2+</sup> Ionen reduziert, in neutraler und basischer Lösung zu Braunstein (MnO<sub>2</sub>). Entscheide zuerst welches der beiden Produkte anhand der gegebenen Bedingungen gebildet werden muss.

Überprüfe abschließend deine Hypothese auf Richtigkeit.

Solltest du bei der Lösung der Aufgabe Probleme haben, kannst du auf gestufte Lernhilfen zurückgreifen.

### **Zusatzaufgabe**

Bei der Reaktion von Cl<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O entstehen Salzsäure (HCl) und Hypochlorige Säure (HClO). Informiere dich, unter Nutzung des Internets, über die Begriffe der Disproportionierungs- und Synproportionierungsreaktion und wende diese auf die ablaufende Reaktion und ihre Rückreaktion an.



---

### **Brauchst du Hilfe?**

Auf dem Tisch findest du drei Hilfekärtchen. Wenn du nicht weiterkommst, nimm die Karte 1 und schaue dir den Hinweis an. Falls du dann immer noch Probleme hast, nimm Hilfekarte 2 usw. und erst, wenn du dann nicht weiterweißt, nutze die Karte 7.

Lege die Karten am Ende wieder ordentlich zurück, so dass deine Klassenkameraden sie auch nutzen können.

## Hilfekarten für die Station D5: Redoxreaktionen von Säuren

### Hilfe 1

Erstes Ziel für das Aufstellen einer Redoxgleichung, sollte das Formulieren eines Ansatzes sein. In diesem werden nur das entsprechende Oxidationsmittel und das Reduktionsmittel betrachtet.

Die Reduktion der  $\text{MnO}_4^-$ -Ionen, bedingt immer die Oxidation eines anderen Reaktionspartners. Welcher Reaktionspartner könnte das sein und in welche Stufe könnte dieser oxidiert werden?

### Hilfe 2

Bei der Reaktion entstand ein gelbes Gas. Welche gelben Gase kennst du? Können diese aus den gegebenen Edukten entstehen?

### Hilfe 3

Das bei der Reaktion entstandene Gas ist Chlor. Schreibe nun den Ansatz für die Redoxreaktion, sowie die Teilgleichungen für Oxidation und Reduktion. Freiwerdende Oxid-Ionen ( $\text{O}^{2-}$ ) reagieren dabei mit Wasserstoff-Ionen ( $\text{H}^+$ ) aus der Lösung zu Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

### Hilfe 4

Ansatz:  $\text{MnO}_4^- + \text{Cl}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{Cl}_2$

Oxidation:  $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$

Reduktion:  $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$

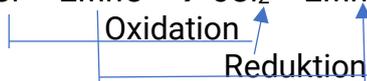
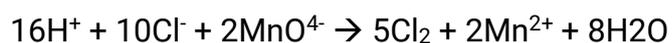
### Hilfe 5

Überlege dir mit welchen Faktoren die Oxidations- und die Reduktionsgleichung multipliziert werden müssen, damit so viele Elektronen abgegeben wie aufgenommen werden.

### Hilfe 6

Multipliziere die Oxidationsgleichung mit dem Faktor 5 und die der Reduktion mit dem Faktor 2. Erstelle nun mit den so gewonnenen Vorfaktoren die Gleichung der Redoxreaktion und markiere beide Teilreaktionen durch Pfeile.

### Hilfe 7/Lösung



## Musterlösung für die Station A4: Rotkohlsaft

1.

Eine Redoxreaktion ist eine chemische Reaktion, bei der Elektronen ausgetauscht werden. Sie unterteilt sich in zwei Teilreaktionen, Oxidation und Reduktion. Dass es sich um eine Redoxreaktion handelt, erkenne ich an einer Änderung der Oxidationszahlen.

Die Oxidationszahlen sind eine Hilfestellung um Redoxreaktionen zu erkennen. Es handelt sich dabei um gedachte Ladungen, die vorliegen würden, wenn ein Molekül in einzelnen Ionen vorliegen würde.

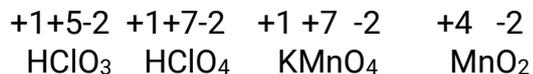
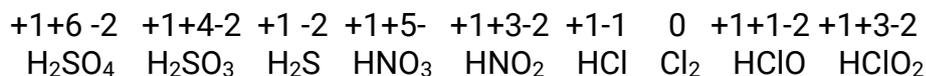
Die Oxidation ist die Teilreaktion der Redoxreaktion, bei der Elektronen abgegeben werde. Die Oxidationszahl steigt.

Die Reduktion ist die Teilreaktion der Redoxreaktion, bei der Elektronen aufgenommen werden. Die Oxidationszahl sinkt.

Ein Oxidationsmittel ist ein Stoff, der andere Stoffe oxidieren kann. Selbst wird dieser dabei reduziert. Ein Beispiel für ein starkes Oxidationsmittel ist  $\text{KMnO}_4$

Ein Reduktionsmittel ist ein Stoff, der andere Stoffe reduzieren kann. Selbst wird dieser dabei oxidiert.

2.



3.

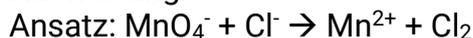
Mögliche Hypothese:

Kaliumpermanganat und Salzsäure gehen eine chemische Reaktion miteinander ein. Da  $\text{KMnO}_4$  ein starkes Oxidationsmittel ist, ist eine Redoxreaktion zu erwarten bei der die Chlorid-Ionen der  $\text{HCl}$  oxidiert werden.

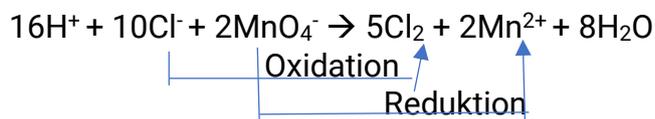
Beobachtung:

Gasentwicklung (ein gelbes Gas steigt auf), Entfärbung des  $\text{KMnO}_4$

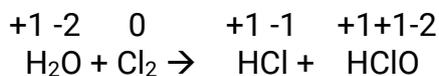
Auswertung:



Redoxreaktion:



Zusatzaufgabe



Bei der ablaufenden Reaktion handelt es sich um eine Disproportionierungsreaktion. Dabei ist Chlor sowohl Oxidations- als auch Reduktionsmittel und liegt nach Beendigung der Reaktion in zwei verschiedenen Oxidationsstufen vor.

Keht man die Reaktion um, so handelt es sich um eine Synproportionierungsreaktion. Hier haben Chlorid und Hypochlorid, die vor der Reaktion unterschiedliche Oxidationsstufen hatten, nun die Gleiche.





**Sozialform:** Gruppenarbeit

**Methode:** Recherche

## Aufgabe:

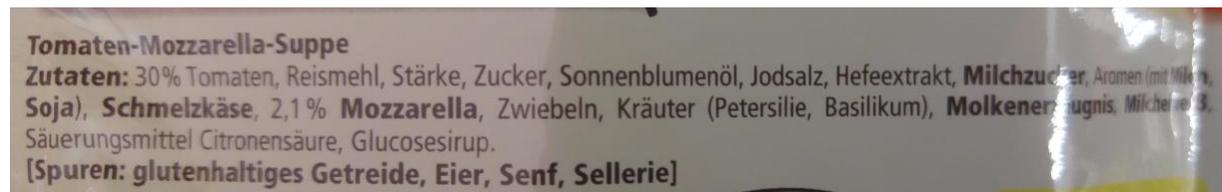
Findet euch in Dreiergruppen zusammen! Jedes Gruppenmitglied wählt eine organische Säure aus (AB 1 Essigsäure, AB 2 Citronensäure oder AB 3 Ascorbinsäure) und erarbeite dazu mit Hilfe der Quellentexte die folgenden Fragen:

1. In welchen Lebensmitteln kommt die Säure oder deren Salz vor?
2. Welche Funktion erfüllt sie in dem Lebensmittel?

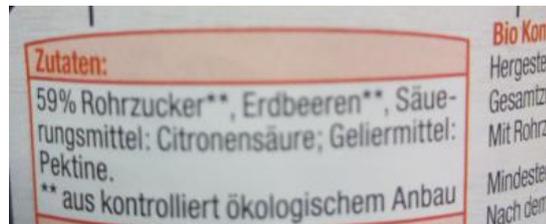
Stellt euren Gruppenpartnern eure Rechercheergebnisse vor. Geht, wenn möglich, auf zusätzliche Fragen eurer Gruppenmitglieder ein! Untersucht gemeinsam nach der Recherche die abgebildeten Etiketten auf die entsprechenden Inhaltsstoffe!

Zusatz: Informiert euch während eurer Recherche mithilfe des Zusatzmaterials über die Struktur der von euch bearbeiteten organischen Säure und stellt sie euren Gruppenpartnern vor!

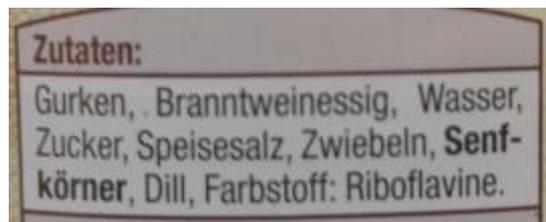
## Etiketten unterschiedlicher Lebensmittel



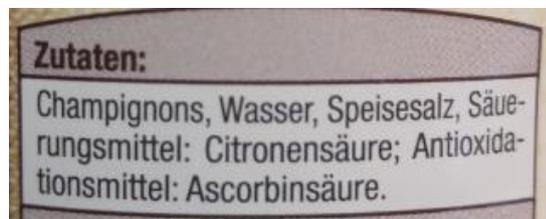
Instantsuppe



Erdbeerkonfitüre



Gewürzgurken



Dosenchampignons



Toastbrot

Sie gibt Essig den charakteristischen, sauren Geschmack. Es handelt sich um eine Carbonsäure mit zwei Kohlenstoffatomen. Deshalb besitzt die Essigsäure den systematischen Namen Ethansäure.

Traditionell wird Essigsäure durch Fermentation<sup>144</sup> von Trinkalkohol an der Luft gewonnen. Dabei kommen bestimmte Bakterien zum Einsatz. Das Verfahren wird vor allem zur Herstellung von Essig eingesetzt. Je nach Ausgangstoffen entsteht z. B. Apfelessig aus Apfelwein oder Saft, Rotweinessig aus Rotwein und so weiter. Essigsäure wird auch in großem Maße in der chemischen Industrie hergestellt.

Essigsäure wird als Säuerungs- und Geschmacksstoff in vielen Lebensmitteln eingesetzt. Neben der Essigsäure kommen in Lebensmitteln auch ihre Salze zum Einsatz wie zum Beispiel das Natriumacetat oder das Kaliumacetat.

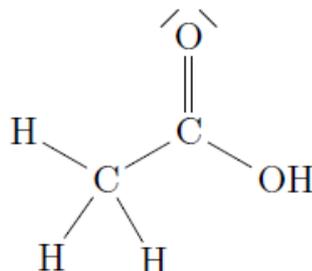
Aufgrund der sauren Eigenschaften wird Essigsäure auch zur Haltbarmachung von verschiedenen Lebensmitteln eingesetzt, z. B. von Gewürzgurken oder roter Bete. Außerdem werden verschiedene Käsearten durch das Gerinnen von Milcheiweiß mithilfe von Essigsäure hergestellt, z. B. Mascarpone oder Panir.

---

Zusatzmaterial:

Es handelt sich um eine Carbonsäure mit zwei Kohlenstoffatomen. Deshalb besitzt die Essigsäure den systematischen Namen Ethansäure. Sie besitzt die verkürzte Strukturformel

$\text{H}_3\text{C}-\text{COOH}$ . Die Lewisformel (nicht-verkürzte Strukturformel) ist unten abgebildet.



---

<sup>1</sup> Fermentation bedeutet in der Lebensmitteltechnologie die Herstellung oder Verarbeitung von Lebensmitteln mithilfe von Mikroorganismen oder Enzymen

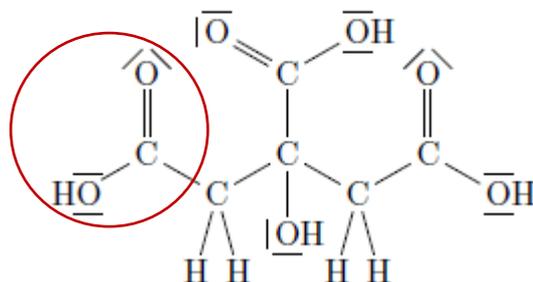
Die Citronensäure ist ein farbloser, kristalliner Feststoff. Es ist eine sauer schmeckende Substanz, die natürlicherweise in hohen Mengen in Citrusfrüchten, wie z. B. Zitronen oder Limetten vorkommt. Auch im Stoffwechsel taucht die Citronensäure in Form ihres Anions, des Citrats, auf. In der Industrie wird die Säure vor allem durch mikrobiologische Prozesse gewonnen.

Citronensäure wird als Säuerungsmittel eingesetzt. Gerade bei festen Lebensmitteln und Zubereitungen kann Citronensäure besser als die flüssige Essigsäure, verwendet werden. Viele Lebensmittel wie z. B. Kartoffelchips, Backwaren oder Getränke sind mit Citronensäure versetzt. Auch in vielen Süßigkeiten taucht sie auf.

Wird Citronensäure mit Natriumhydrogencarbonat vermischt und die Mischung in Wasser aufgelöst, kommt es zu einer Gasbildung. Das ist bei Brausepulver oder Brausetabletten erwünscht.

Zusatzmaterial:

Die Citronensäure ist eine Tricarbonsäure, sie besitzt drei Carboxylgruppen (funktionelle Gruppen, im Bild ist eine rot markiert). Außerdem besitzt sie eine Hydroxylgruppe. Ihr systematischer Name lautet 2-Hydroxy-propan-1,2,3-tricarbonsäure. Die Struktur ist unten dargestellt.



Reine Ascorbinsäure ist eine farblose, kristalline Substanz, die gut in Wasser löslich ist. Der Stoff ist auch unter dem Namen Vitamin C bekannt.

Vitamin C ist ein lebensnotwendiger Stoff, der durch die Nahrung zugeführt werden muss und der für den Aufbau von Bindegewebe im Körper von großer Bedeutung ist.

Ascorbinsäure kommt natürlicherweise in verschiedenen Obst- und Gemüsearten vor, wie zum Beispiel in Hagebutten, Sanddorn oder Petersilie.

In industriell hergestellten Lebensmitteln taucht Ascorbinsäure oft als Antioxidationsmittel auf. Das bedeutet, dass der Stoff Lebensmittel vor der Reaktion mit Sauerstoff schützt. Dadurch wirken zum Beispiel Wurstwaren oder Fruchtsäfte frisch. Außerdem wird Vitamin C häufig Lebensmitteln zugesetzt, um sie vermeintlich gesünder zu machen.

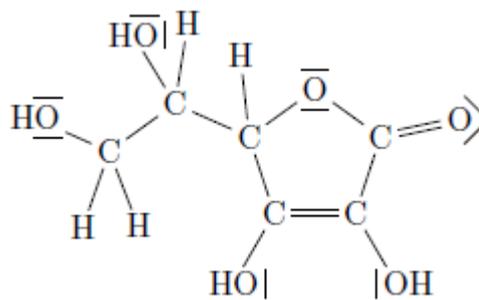
Der tägliche Bedarf eines Erwachsenen an Vitamin C beträgt etwa 100 Milligramm. Durch eine ausgewogene Ernährung mit täglichem Verzehr von Obst und Gemüse muss kein zusätzliches Vitamin C eingenommen werden.

---

Zusatzmaterial:

Ein Molekül der Ascorbinsäure besteht aus einem Fünfring und einer Seitenkette. Der Fünfring besteht aus vier Kohlenstoffatomen und einem Sauerstoffatom im Ring. Im Ring gibt es zwei Kohlenstoffatome, die durch eine Doppelbindung miteinander verbunden sind. An diesen Kohlenstoffatomen befindet sich jeweils eine Hydroxylgruppe.

Die Seitenkette besteht aus zwei Kohlenstoffatomen, von denen jedes eine Hydroxylgruppe und Wasserstoffatome trägt. Die Struktur ist unten dargestellt.





**Sozialform:** Einzelarbeit

**Methode:**  
Textarbeit und Modellbau

---

Aufgabe:

Lies dir den Text über Carbonsäuren durch, fertige dir Notizen dazu an und bearbeite folgende Aufträge, vergleiche **am Ende** mit der Lösung (LB):

3. Beschreibe den Aufbau der Carboxylgruppe, gehe dabei auf die beteiligten Atome und Bindungsverhältnisse ein!
4. Baue mithilfe eines Molekülbaukastens je ein Modell der Moleküle folgender Säuren:
  - a) Ethansäure
  - b) Ameisensäure
  - c) Milchsäure
  - d) OxalsäureRecherchiere dir unbekannte Strukturen im Lehrbuch, Tafelwerk oder Internet!
5. Ergänze die vorliegende Tabelle (AB 1, Struktur und Benennung), markiere in der Spalte „Struktur“ jeweils das Wasserstoffatom, das bei einer Dissoziation abgespalten wird!
6. Erkläre, warum Moleküle mit einer Carboxylgruppe sauer reagieren!

---

Brauchst du Hilfe?

Versuche erst, die Aufgaben mithilfe deiner Notizen zu lösen! Wenn du nicht weiter kommst, nutze den Text und vergleiche am Ende deiner Arbeitsphase mit der Lösung (LB)!



**Struktur**

Carbonsäuren sind organische Verbindungen, die mindestens eine Carboxylgruppe im Molekül besitzen. Die Abbildung rechts zeigt die Struktur der Carboxylgruppe als Lewisformel.

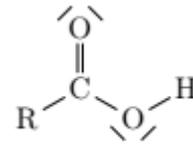


Abbildung: Struktur der Carboxylgruppe

**Reaktion als Säure**

Brønsted-Säuren sind Moleküle, die positiv geladene Protonen abgeben können. Dabei verändert sich die Ladung des Säurerestions. Carbonsäuren sind Brønsted-Säuren: Wenn eine Carbonsäure mit Wasser reagiert, übertragen die Säuremoleküle Protonen auf Wassermoleküle und werden zu negativ geladenen Carboxylat-Ionen. Bei Carbonsäuren wird in der Regel das Proton der Carboxylgruppe abgespalten. Deshalb ist diese funktionelle Gruppe verantwortlich für die sauren Eigenschaften. Unten ist ein Reaktionsschema für die Deprotonierung von Propansäure abgebildet.

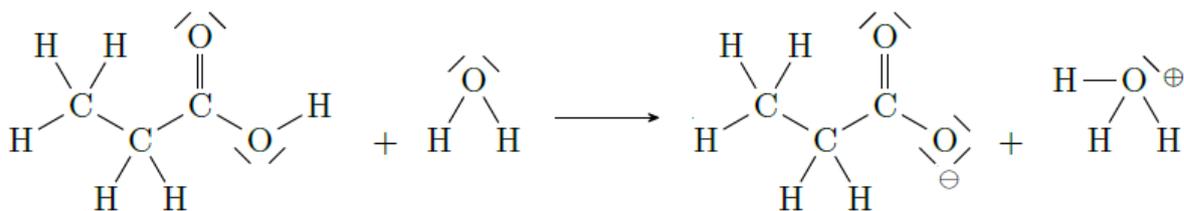
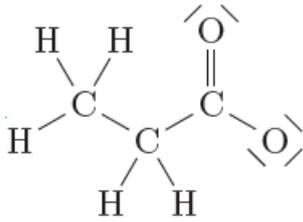


Abbildung: Reaktion von Propansäure mit Wasser

**Benennung**

Für viele Carbonsäuren gibt es umgangssprachliche Namen wie z. B. Ameisensäure, Essigsäure oder Buttersäure. Die Namen verweisen auf das Vorkommen oder die Herstellung der jeweiligen Säure.

In der Chemie wird die systematische Benennung bevorzugt. Der systematische Name setzt sich aus dem Namen des Stammalkans und der Endung „säure“ zusammen. Der Name des Stammalkans entspricht der längsten verbundenen Kette an Kohlenstoffatomen ohne Verzweigung mit einer Carboxylgruppe. Eine Carbonsäure mit zwei Kohlenstoffatomen leitet sich vom Stammalkan Ethan ab und heißt deshalb Ethansäure. Unten ist die systematische Benennung am Beispiel von Propansäure angegeben.



Anzahl verbundener Kohlenstoff-  
atome:

3

Name des Stammalkans:

Propan

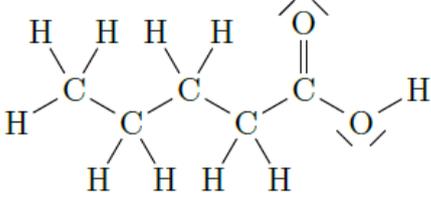
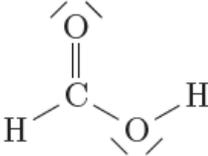
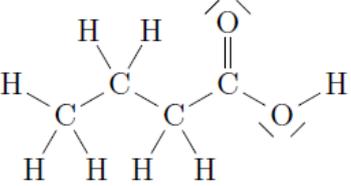
Name der Verbindung:

Propansäure

In der folgenden Tabelle sind die unverzweigten Carbonsäuren mit bis zu sechs Kohlenstoffatomen mit ihrem systematischen Namen und ihrem umgangssprachlichen Namen aufgeführt.

Anzahl der Kohlenstoff- atome	systematischer Name	umgangssprachlicher Name
1	Methansäure	Ameisensäure
2	Ethansäure	Essigsäure
3	Propansäure	Propionsäure
4	Butansäure	Buttersäure
5	Pentansäure	Valeriansäure
6	Hexansäure	Capronsäure
	...	



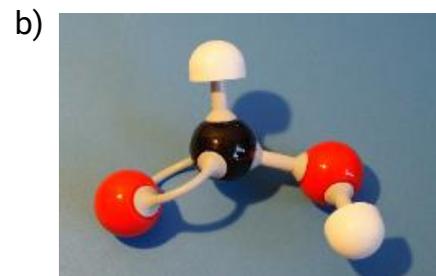
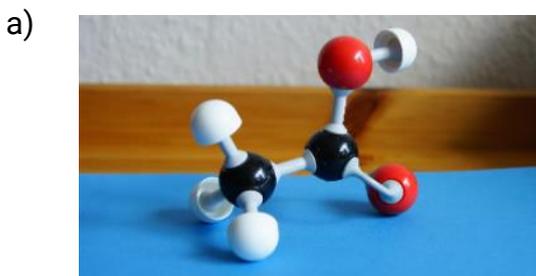
Struktur	Systematischer oder umgangssprachlicher Name
	
	Octansäure
	
	Essigsäure
	
	Hexansäure

1. Beschreibe den Aufbau der Carboxylgruppe, gehe dabei auf die beteiligten Atome und Bindungsverhältnisse ein!

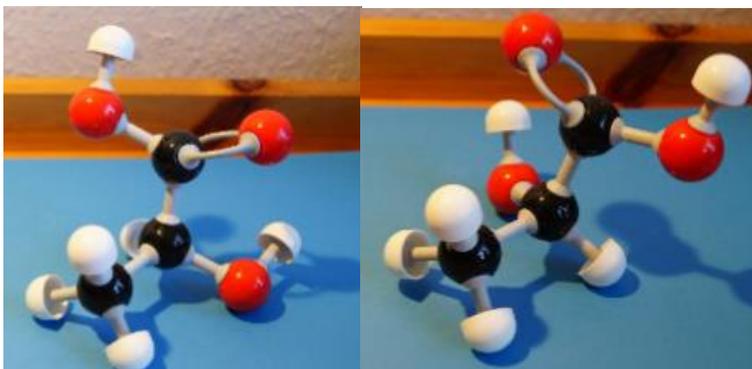
Die Carboxylgruppe besteht aus einem Kohlenstoffatom, zwei Sauerstoffatomen und einem Wasserstoffatom. Das Kohlenstoffatom bildet das Zentrum der Carboxylgruppe. Es ist über eine Einfachbindung mit dem Sauerstoffatom verknüpft, an dem sich außerdem noch ein Wasserstoffatom befindet. Das Kohlenstoffatom ist außerdem durch eine Doppelbindung mit einem weiteren Sauerstoffatom verbunden. Beide Sauerstoffatome haben je zwei freie Elektronenpaare. Die Bindungen sind polar, die negativen Partialladungen befinden sich bei den Sauerstoffatomen. Das Kohlenstoffatom und das Wasserstoffatom tragen positive Partialladungen.

2. Baue mithilfe eines Molekülbaukastens je ein Modell der Moleküle folgender Säuren:
  - a) Ethansäure
  - b) Ameisensäure
  - c) Milchsäure
  - d) Oxalsäure

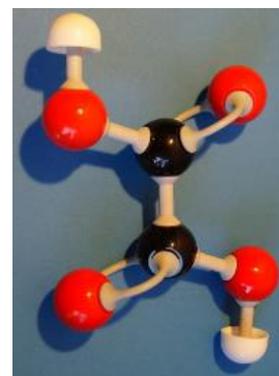
Recherchiere dir unbekannte Strukturen im Lehrbuch, Tafelwerk oder Internet!



c)<sup>145</sup>

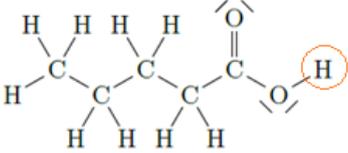
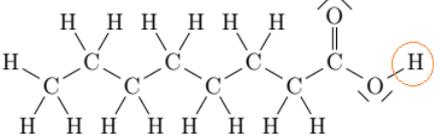
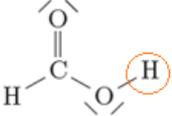
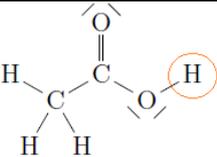
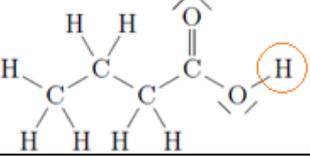
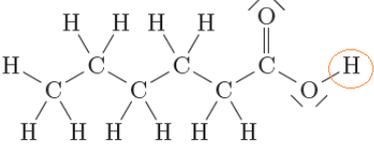


d)



<sup>145</sup> Bei diesem Stoff gibt es zwei mögliche Strukturen. Wenn du dich weiter damit beschäftigen möchtest, recherchiere mithilfe deines Lehrbuchs oder im Internet den Begriff „Chiralität“.

3. Ergänze die vorliegende Tabelle (AB 1, Struktur und Benennung), markiere in der Spalte „Struktur“ jeweils das Wasserstoffatom, das bei einer Dissoziation abgespalten wird!

Struktur	Name
	Pentansäure / Valeriansäure
	Octansäure / Caprylsäure
	Methansäure / Ameisensäure
	Ethansäure / Essigsäure
	Butansäure / Buttersäure
	Hexansäure / Capronsäure

4. Erkläre, warum Moleküle mit einer Carboxylgruppe sauer reagieren!

Ein Molekül kann (im Sinne von Brønsted) sauer reagieren, wenn es ein Proton abgeben kann. Besitzt ein Molekül eine Carboxylgruppe, kann das dort vorhandene Proton besonders leicht abgespalten werden. Deswegen reagieren Moleküle mit einer Carboxylgruppe sauer.





**Sozialform:** Partnerarbeit

**Methode:** Experiment



Diese Station enthält Experimente.

- Achtet auf **Ordnung und Sauberkeit** am Arbeitsplatz!
- **Räumt** die Station wieder **auf**, wenn ihr fertig seid und macht alle Geräte sauber!
- Tragt eine **Schutzbrille**!
- Tragt bei dem Versuch 1 **Schutzhandschuhe** und arbeitet wenn möglich an einem Abzug oder an einem gut gelüfteten Platz!

---

### Informationen:

Carbonsäuren sind organische Verbindungen mit einer oder mehreren Carboxylgruppen. Sie haben typische Säureeigenschaften, die ihr bereits bei anorganischen Säuren kennengelernt habt.

### Aufgabe:

Sucht euch von den ersten zwei vorgegebenen Experimenten eins aus und führt es durch! Fertigt ein Kurzprotokoll an, in dem ihr die jeweiligen Versuchsfragen beantwortet! Vergleicht mit der entsprechenden Lösung (LB 1 bis 3)!

Zusatz: Führt das dritte Experiment durch und beantwortet die Versuchsfragen!

---

### Braucht ihr Hilfe?

Auf dem Tisch findet ihr je zwei Hilfekärtchen zu Versuch 1 und Versuch 2. Wenn ihr nicht weiterkommt, nehmt die Hilfekarte 1 und schaut euch den Hinweis an. Falls ihr dann immer noch Probleme habt, nehmt Hilfekarte 2.

Legt die Karten am Ende wieder ordentlich zurück, so dass eure Klassenkameraden sie auch nutzen können.

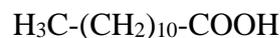


Hilfskarten  
Vorderseite

E3, AB 1: Hilfskarte 1

Rückseite

verkürzte Strukturformel von Laurinsäure:



verkürzte Strukturformel von Oxalsäure:

E3, AB 1: Hilfskarte 2

Für die Löslichkeit von Stoffen gilt: ähnliches löst sich in ähnlichem.

Die Carboxylgruppe ist eine stark polare Gruppe.

E3, AB 2: Hilfskarte 1

Mit der Knallgasprobe kann man im Labor Wasserstoff nachweisen.

E3, AB 2: Hilfskarte 2

Edelmetalle wie Silber und Gold werden durch Säuren wie Essigsäure oder Salzsäure nicht angegriffen, Eisen oder Zink hingegen schon. Warum?



Auftrag:

Beschreibt die vorliegenden Carbonsäuren! Untersucht und erklärt deren Löslichkeit in Wasser bzw. n-Heptan! Füllt dazu das Arbeitsblatt 1.2 aus!

Geräte und Chemikalien:

Chemikalien	Geräte
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Oxalsäure</li> <li>· Laurinsäure (Dodecansäure)</li> <li>· Essigsäure (konzentriert)</li> <li>· n-Heptan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 6 Reagenzgläser mit Gummistopfen</li> <li>· 1 Spatel</li> <li>· Papierhandtücher</li> <li>· 2 Pipetten</li> <li>· Spritzflasche mit destilliertem Wasser</li> <li>· wasserfester Permanentmarker</li> <li>· Reagenzlashalter</li> </ul>

Durchführung:

1. Beschriftet sechs Reagenzgläser mit folgenden Kürzeln, um spätere Verwechslungen zu vermeiden:
  - a) OS + H<sub>2</sub>O (OS = Oxalsäure)
  - b) OS + nH (nH = n-Heptan),
  - c) LS + H<sub>2</sub>O (LS = Laurinsäure)
  - d) LS + nH,
  - e) ES + H<sub>2</sub>O (ES = Essigsäure),
  - f) ES + nH
2. Gebt in die Reagenzgläser a), c) und e) mit der Spritzflasche etwa 1 cm hoch Wasser, in die Reagenzgläser b), d) und f) mit einer sauberen Pipette etwa 1 cm hoch n-Heptan
3. Füllt in die Reagenzgläser a) und b) je eine Spatelspitze Oxalsäure, wischt den Spatel gründlich ab und füllt in die Reagenzgläser c) und d) je eine Spatelspitze Laurinsäure! Gebt in die Reagenzgläser e) und f) mit einer sauberen Pipette je 10 Tropfen Essigsäure!
4. Schwenkt jedes Reagenzglas vorsichtig, notiert eure Beobachtungen!

**Entsorgungshinweis:** Alle Mischungen, die n-Heptan enthalten, müssen gesondert entsorgt werden. Alle Mischungen ohne n-Heptan können im Ausguss entleert werden.



Aussehen und Geruch:

	Essigsäure	Oxalsäure	Laurinsäure
Farbe			
Geruch			
Aggregatzustand			

Löslichkeit:

	Essigsäure	Oxalsäure	Laurinsäure
Wasser			
Heptan			

Erklärung:



Aussehen und Geruch:

	Oxalsäure	Laurinsäure	Essigsäure
Farbe	farblos bis weiß	farblos bis weiß	farblos
Geruch	geruchlos	schwach, fettartig	stechend, nach Essig
Aggregatzustand	fest, kristallin	fest, wachsig	flüssig

Löslichkeit:

	Oxalsäure	Laurinsäure	Essigsäure
Wasser	löslich	nicht löslich	löslich
Heptan	nicht löslich	löslich	löslich

Erklärung:

Moleküle der Oxalsäure (auch Ethandisäure) besitzen zwei Carboxylgruppen. Deshalb ist Oxalsäure durch die Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen gut in Wasser löslich. Das Molekül ist stark polar. Deshalb ist Oxalsäure im unpolaren Lösungsmittel n-Heptan unlöslich.

Laurinsäure ist eine mittelkettige Fettsäure mit zwölf Kohlenstoffatomen im Molekül. Insgesamt haben die Moleküle einen unpolaren Charakter und sind deshalb gut im unpolaren n-Heptan, aber schlecht im polaren Wasser löslich.

Essigsäure löst sich in Wasser durch die Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Monomeren (einzelnen Molekülen) und dem Wasser. Gibt man Essigsäure in n-Heptan, bildet sich aus je zwei Molekülen durch die Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Molekülen Dimere (Teilchen aus zwei Essigsäuremolekülen), die nach außen hin unpolar sind. Deshalb ist Essigsäure sowohl in dem polaren Wasser als auch im unpolaren n-Heptan löslich.

### Auftrag:

Untersucht das Verhalten von Essigsäure gegenüber verschiedenen Metallen und Metalloxiden! Füllt dazu das Arbeitsblatt AB 2.2 aus! Ergänzt wenn möglich die entsprechenden Reaktionsgleichungen!

### Geräte und Chemikalien:

Chemikalien	Geräte
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Essigsäure (20 %)</li> <li>· Magnesiumspäne</li> <li>· Kupferdraht</li> <li>· Calciumoxid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 1 Reagenzglas mit Ansatzrohr</li> <li>· 1 Gummischlauch mit Glasrohr und Stopfen</li> <li>· 1 pneumatische Wanne mit Wasser</li> <li>· 1 Brenner und Streichhölzer</li> <li>· 3 Reagenzgläser</li> <li>· 2 Spatel</li> <li>· 1 Reagenzglasklammer</li> <li>· 1 Pipette</li> <li>· 1 Reagenzlashalter</li> </ul>

### Durchführung:

1. Gebt einen Spatel Magnesiumspäne in das Reagenzglas mit seitlichem Ansatz, verbindet das Ansatzrohr mit dem Gummischlauch!
2. Tropft in das Reagenzglas so viel Essigsäure, bis das Glas etwa 1 cm hoch gefüllt ist und verschließt das Reagenzglas mit einem Gummistopfen! Notiert eure Beobachtungen! Falls eine Gasentwicklung auftritt, fangt das entstehende Gas pneumatisch in einem Reagenzglas auf und führt die Knallgasprobe durch!
3. Gebt in die anderen beiden Reagenzgläser Essigsäure, bis die Gläser etwa 1 cm hoch gefüllt sind. Gebt in eines der beiden Reagenzgläser eine Spatelspitze Calciumoxid, haltet in das andere Reagenzglas einen Kupferdraht! Notiert eure Beobachtung!

**Entsorgungshinweis:** Alle Feststoffe werden im Hausmüll entsorgt. Alle Lösungen können im Abguss entsorgt werden.

1. Verhalten von Magnesium gegenüber Essigsäure:

Erklärung:

2. Verhalten von Calciumoxid gegenüber Essigsäure

Erklärung:

3. Verhalten von Kupfer gegenüber Essigsäure

Erklärung:

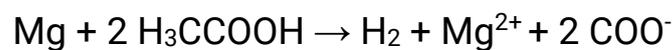


### 1. Verhalten von Magnesium gegenüber Essigsäure:

Essigsäure ist in der Lage, die Magnesiumspäne aufzulösen. Dabei kommt es zu einer Wärme- und Gasentwicklung. Die Knallgasprobe fällt positiv aus. Es handelt sich bei dem entstehenden Gas um Wasserstoff

#### Erklärung:

Bei der Reaktion werden Protonen zu Wasserstoff umgewandelt. Die Magnesiumatome reagieren zu Magnesiumkationen, weil Magnesium ein unedles Metall ist. Die Reaktionsgleichung ist folgendermaßen:

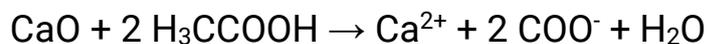


### 2. Verhalten von Calciumoxid gegenüber Essigsäure

Das Calciumoxid löst sich beim Kontakt mit Essigsäure auf.

#### Erklärung:

Es kommt zu einer Neutralisationsreaktion. Die Protonen reagieren mit dem Oxidion zu Wasser. Die Calcium- und Acetationen gehen in Lösung. Das wird durch die folgende Reaktionsgleichung beschrieben:



### 3. Verhalten von Kupfer gegenüber Essigsäure

Kupfer wird von Essigsäure selbst nicht angegriffen. Man beobachtet keine Reaktion. Erst bei Zutritt von Luft kommt es zur Bildung eines blaugrünen Belags. Dieser ist in Essigsäure löslich.

#### Erklärung:

Kupfer ist ein edleres Metall als Magnesium und reagiert nicht mit Protonen zu Kupferionen und Wasserstoff. Bei Anwesenheit von Sauerstoff kommt es zur Bildung von Kupferoxiden und Kupferhydroxiden, die lösliche Kupferionen enthalten. Bei ausreichender Konzentration wirkt die Essigsäure durch die gelösten Kupferionen tief blau.

Auftrag:

Bestimmt die Leitfähigkeit einer verdünnten Essigsäurelösung und einer verdünnten Salzsäurelösung und zieht Rückschlüsse über den Dissoziationsgrad und die Säurestärke!

Geräte und Chemikalien:

Chemikalien	Geräte
· Salzsäure (c = 0,1 mol/L)	· 1 Leitfähigkeitsmessgerät
· Essigsäure (c = 0,1 mol/L)	· 2 Bechergläser (250 mL)
· destilliertes Wasser	· 1 Becherglas (300 mL) zum Reinigen

Durchführung:

1. Füllt in ein Becherglas 100 mL Salzsäure. Füllt in das andere Becherglas 100 mL Essigsäure.
2. Bestimmt mithilfe des Leitfähigkeitsmessgeräts die Leitfähigkeit beider Lösungen! Reinigt die Messkontakte nach jeder Messung gründlich mit destilliertem Wasser!
3. Notiert euch beide Werte und vergleicht sie. Erläutert eure Messergebnisse!

**Entsorgungshinweis:** Alle Lösungen können im Abguss entsorgt werden.

Die Leitfähigkeit einer elektrisch leitenden Lösung ist von der Konzentration der frei beweglichen Ladungsträger abhängig.

Essigsäure und Salzsäure dissoziieren beim Auflösen in Wasser zu einem bestimmten Maß in Protonen und Säurerestionen. Je mehr Protonen durch die Dissoziation vorhanden sind, desto höher ist die Leitfähigkeit. Deshalb kann über die Leitfähigkeit auf die Stärke der Säure geschlossen werden, also wie stark dissoziiert die Säure in Wasser vorliegt.

Salzsäure ist eine stärkere Säure als Essigsäure, weil mehr Moleküle dissoziiert, also in Form der Ionen vorliegen und die Leitfähigkeit ist deswegen höher. Essigsäure ist eine schwächere Säure. Es liegen weniger Moleküle in dissoziierter Form vor und die Leitfähigkeit ist niedriger, obwohl die Gesamtkonzentration der Essigsäuremoleküle gleich der Gesamtkonzentration der Chlorwasserstoffmoleküle ist.





**Sozialform:** Partnerarbeit

**Methode:** Experiment



Diese Station enthält Experimente.

- Achtet auf **Ordnung und Sauberkeit** am Arbeitsplatz!
- **Räumt** die Station wieder **auf**, wenn ihr fertig seid und macht alle Geräte sauber!
- Tragt eine **Schutzbrille**!
- Tragt bei dem Versuch 1 **Schutzhandschuhe** und arbeitet wenn möglich an einem Abzug!

---

### Informationen:

Carbonsäuren gehen aufgrund ihrer Struktur einige typische Reaktionen ein. Bei der Umsetzung mit Alkoholen entstehen Ester. Umgekehrt können Ester unter der Bildung von Carbonsäuren und Alkoholen gespalten werden.

### Aufgabe:

Sucht euch von den zwei vorgegebenen Experimenten eins aus und führt es durch! Fertigt ein Kurzprotokoll an, in dem ihr die jeweiligen Versuchsfragen beantwortet und vergleicht **am Ende** mit der Lösung (LB 1 oder 2)!

---

### Braucht ihr Hilfe?

Wenn ihr nicht weiter kommt, schaut im Hefter oder Lehrbuch unter den Stichworten „Ester“ und „Katalysator“ nach!



Auftrag:

Stellt einen Ester her! Vergleicht Aussehen und Geruch der Edukte und Produkte, notiert eine Reaktionsgleichung (Wortgleichung und Strukturformeln)!

Erläutert die Bedeutung der Schwefelsäure für die Reaktion! Was unterscheidet das entstehende Reaktionsprodukt von einem Carbonsäuresalz?

Geräte und Chemikalien:

Chemikalien	Geräte
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Essigsäure</li> <li>· 1-Pentanol</li> <li>· Schwefelsäure (98 %)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 2 Bechergläser (250 mL und 100 mL)</li> <li>· Reagenzglas</li> <li>· Reagenzglasklammer</li> <li>· Heizplatte</li> <li>· Petrischale</li> <li>· 2 Pipetten</li> <li>· Thermometer</li> </ul>

Durchführung:

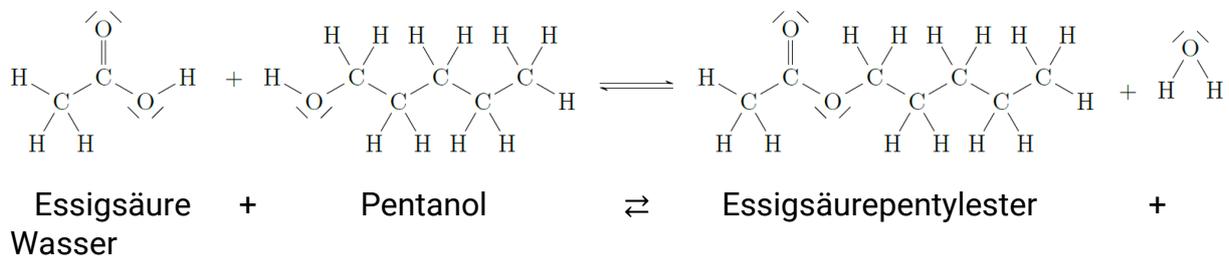
5. Füllt ein Becherglas (250 mL) etwa zur Hälfte mit Wasser und erhitzt das Wasser mit dem Dreifuß und Drahtnetz über dem Brenner auf etwa 70 bis 80 °C (Thermometer nutzen)!
6. Füllt das Reagenzglas etwa 1 cm hoch mit Essigsäure und gebt die gleiche Menge Pentanol hinzu! Lasst euch danach von eurem Lehrer 5 Tropfen konzentrierte Schwefelsäure in das Reagenzglas geben!
7. Erwärmt das Gemisch etwa 10 Minuten lang (Temperatur des Wasserbades kontrollieren), füllt in der Zeit das andere Becherglas (100 mL) mit 50 mL kaltem Wasser!
8. Gießt nach den 10 Minuten den Inhalt des Reagenzglases in das Becherglas mit kaltem Wasser, gebt etwas von der entstandenen Mischung in die Petrischale und führt den Arbeitsauftrag durch!

**Entsorgungshinweis:** Der Inhalt des Reagenzglases kann im Abguss entsorgt werden (gründlich mit Wasser nachspülen).



Aussehen und Geruch:

	Essigsäure	1-Pentanol	Ester
Aussehen	farblose Flüssigkeit	farblose Flüssigkeit	farblose Flüssigkeit
Geruch	stechend, nach Essig	süßlich, widerwärtig	fruchtartig

Reaktionsgleichung:Erklärung:

Die Schwefelsäure wirkt als Katalysator. Das bedeutet, dass die Reaktionsprodukte schneller gebildet werden, weil sich die Geschwindigkeit der Reaktion erhöht. Der Pfeil in der Mitte der Reaktionsgleichung verweist darauf, dass es sich um eine Gleichgewichtsreaktion handelt. In einem Gleichgewicht bewirken Katalysatoren, dass sich der Gleichgewichtszustand schneller einstellt.

Schwefelsäure bindet zum Teil das bei der Reaktion entstehende Wasser, wodurch die Ausbeute an Ester erhöht wird.

Der Ester besteht aus Estermolekülen, in denen die Atome durch Atombindungen miteinander verknüpft sind. In den entsprechenden Carbonsäuresalzen (hier Acetaten) liegen negativ geladene Acetationen und positiv geladene Kationen vor, die durch eine Ionenbindung miteinander verknüpft sind.

Auftrag:

Weist mithilfe des Experiments die Anwesenheit von Estern in Lebensmitteln nach! Erläutert den Reaktionsverlauf und eure Beobachtung! Warum lassen sich Ester mit dem Rojahn-Test nachweisen?

Geräte und Chemikalien:

Chemikalien	Geräte
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Fruchtbonbon</li> <li>· Natriumhydroxidlösung (10 %)</li> <li>· destilliertes Wasser</li> <li>· Phenolphthaleinlösung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Erlenmeyerkolben (100 mL)</li> <li>· Messzylinder (100 mL)</li> <li>· Becherglas (250 mL)</li> <li>· Glasstab</li> <li>· Pinzette</li> <li>· 2 Pipetten</li> <li>· Reagenzglas</li> <li>· Reagenzglasklammer</li> <li>· Brenner mit Dreifuß und Drahtnetz</li> <li>· Zündhölzer</li> </ul>

Durchführung:

4. Füllt in den Erlenmeyerkolben etwa 10 mL destilliertes Wasser und löst unter Erwärmen und Rühren über dem Brenner das Fruchtbonbon auf! Entfernt mit der Pinzette unlösliche Reste und lasst die Lösung abkühlen!
5. Gebt so viel Bonbonlösung in das Reagenzglas, bis es etwa 1 cm hoch gefüllt ist! Gebt danach tropfenweise so viel Phenolphthaleinlösung dazu und schwenkt das Reagenzglas nach jedem Tropfen vorsichtig, bis eine dauerhafte Rosafärbung eintritt!
6. Gebt nach und nach tropfenweise Natriumhydroxidlösung hinzu, bis eine bleibende Rosafärbung eintritt!
7. Füllt das Becherglas zur Hälfte mit Wasser und erwärmt das Wasser über dem Brenner, stellt das Reagenzglas etwa 5 bis 7 Minuten in das heiße Wasser! Notiert eure Beobachtung!

**Entsorgungshinweis:** Alle Lösungen können im Abguss entsorgt werden.



Phenolphthalein ist ein Farbstoff, der sich im basischen Milieu ( $\text{pH} > 8$ ) rosa färbt. Bei der Zugabe von Natriumhydroxidlösung zur Bonbonlösung werden vorhandene organische Säuren neutralisiert, bis die Lösung basisch ist, was man an der Rosafärbung des Indikators erkennt.

Fruchtbonbons enthalten häufig Ester als Geschmacks- oder Farbstoffe. Werden die Estermoleküle in Anwesenheit von Hydroxidionen erhitzt, kommt es zur alkalischen Esterspaltung. Ester und Natriumhydroxid reagieren zum Natriumcarboxylat und dem Alkohol. Dabei werden die Hydroxidionen verbraucht und der pH-Wert sinkt. Dadurch verschwindet die Rosafärbung des Indikators und es kann rückgeschlossen werden, dass das Fruchtbonbon Ester enthielt.

Hinweis: Der Name „Rojahn-Test“ geht auf den Chemiker Carl August Rojahn zurück, der das Verfahren zu Beginn des 20. Jahrhunderts entwickelte.





**Sozialform:** Einzelarbeit

**Methode:**  
Strukturvergleich, Textarbeit

### Informationen:

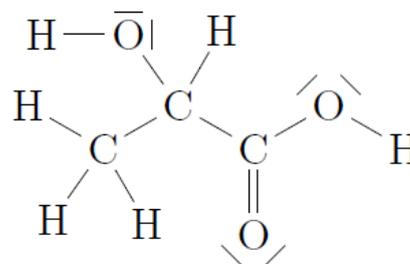
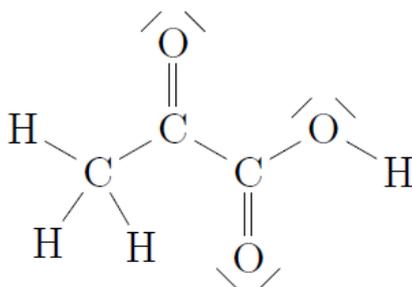
Brenztraubensäure und Milchsäure sind zwei bedeutende organische Säuren, deren Anionen im menschlichen Körper bei der Verwertung von Zucker gebildet werden. Das Anion der Brenztraubensäure ist das Pyruvat, das Anion der Milchsäure das Lactat.

Während der Glykolyse, die in allen lebenden Zellen des menschlichen Organismus stattfindet, werden Glucosemoleküle in Pyruvatmoleküle gespalten. Dabei werden pro Molekül Glucose zwei Moleküle ATP gebildet und zwei Moleküle  $\text{NAD}^+$  (Nicotinamidadenindinucleotid) unter Bildung von  $\text{NADH}_2^+$  verbraucht.

Die Glykolyse läuft im Zellplasma ab und stellt besonders schnell Energie bereit. Das entstehende Pyruvat kann in den Mitochondrien bei Anwesenheit von Sauerstoff unter Energiegewinn zu Kohlenstoffdioxid verarbeitet werden. Die Stoffwechselprozesse sind der Citratcyklus und die Atmungskette. Das  $\text{NADH}_2^+$  reagiert mit Sauerstoff zu Wasser und  $\text{NAD}^+$ . Diese Prozesse laufen langsamer ab als die Glykolyse.

In Zellen, in denen wenige Mitochondrien vorhanden sind oder in denen Sauerstoffmangel herrscht, wird das für die Glykolyse benötigte  $\text{NAD}^+$  durch Reaktion von  $\text{NADH}_2^+$  mit Pyruvat regeneriert, wobei Lactat entsteht. Dieser Prozess ist die Milchsäuregärung. Aus dem Lactat kann in der Leber unter Energieverbrauch Glucose produziert werden.

Die Abbildungen zeigen die Strukturformeln von Brenztraubensäure (links) und Milchsäure (rechts).





### Aufgabe:

1. Beschreibe und vergleiche den Aufbau von Brenztraubensäure und Milchsäure unter Nutzung der abgebildeten Strukturen!
2. Zeichne die Strukturformeln von Pyruvat und Lactat! Begründe, warum es sich bei der im Text beschriebenen Umsetzung von Pyruvat zu Lactat um eine Additionsreaktion handelt!

Zusatz: Erläutere die Bedeutung der Lactatproduktion für die Glykolyse unter anaeroben Bedingungen!

---

### Brauchst du Hilfe?

Auf dem Tisch findest du drei Hilfekärtchen. Wenn du nicht weiterkommst, nimm die Karte 1 und schaue dir den Hinweis an. Falls du dann immer noch Probleme hast, nimm Hilfekarte 2 und erst, wenn du dann nicht weiterweißt, nutze die Karte 3.

Lege die Karten am Ende wieder ordentlich zurück, sodass deine Klassenkameraden sie auch nutzen können.

Vergleiche deine Ergebnisse **am Ende** mit der Lösung (LB).



## Hilfekarten für die Station E5: Brenztraubensäure und Milchsäure

E5, Aufgabe 1: Hilfskarte

Wie viele Kohlenstoffatome kommen im Molekül vor?

Welche funktionellen Gruppen kannst du finden?

E5, Aufgabe 2: Hilfskarte 1

$\text{NAD}^+$  und  $\text{NADH}_2^+$  sind organische Moleküle, die formal Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ) transportieren können.

$\text{NAD}^+$  kann von einem Reaktionspartner Wasserstoff aufnehmen und wird zu  $\text{NADH}_2^+$ .

E5, Aufgabe 2: Hilfskarte 2

Lies im Lehrbuch oder Hefter nach, was man unter einer Additionsreaktion versteht!

Wodurch unterscheiden sich die Strukturformeln und die Summenformeln von Pyruvat und Lactat?

E5, Zusatz: Hilfskarte

Lies im Text nach, welche Ausgangsstoffe für die Glykolyse erforderlich sind!

Fertige dir ein Übersichtsschema an, in dem du die Stoffwechselprozesse (Glykolyse, Citratcyclus/Atmungskette, Milchsäuregärung) als

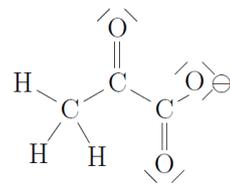


1. Beschreibe und vergleiche den Aufbau von Brenztraubensäure und Milchsäure unter Nutzung der abgebildeten Strukturen!

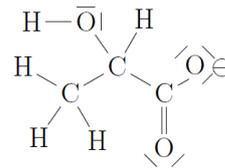
Die Milchsäure und die Brenztraubensäure sind organische Verbindungen, die aus Kohlenstoffatomen, Wasserstoffatomen und Sauerstoffatomen aufgebaut sind. Beiden Stoffen ist gemeinsam, dass sie eine Carboxylgruppe und eine weitere funktionelle Gruppe pro Molekül enthalten. Außerdem besitzen sie pro Molekül drei miteinander verbundene Kohlenstoffatome.

Die Moleküle der beiden Stoffe unterscheiden sich in der weiteren funktionellen Gruppe. Die Moleküle der Milchsäure besitzen am mittleren Kohlenstoffatom eine Hydroxylgruppe. Bei der Brenztraubensäure ist das mittlere Kohlenstoffatom Teil einer Ketogruppe.

2. Zeichne die Strukturformeln von Pyruvat und Lactat! Begründe, warum es sich bei der im Text beschriebenen Umsetzung von Pyruvat zu Lactat um eine Additionsreaktion handelt!



Pyruvat



Lactat

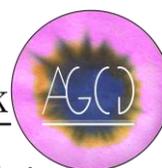
Eine Additionsreaktion in der organischen Chemie ist eine Reaktion, bei der mindestens eine Mehrfachbindung aufgespalten wird und sich andere Atome anlagern. Bei der Reaktion von Pyruvat mit Wasserstoff wird die Doppelbindung zwischen dem mittleren Kohlenstoffatom und dem Sauerstoff aufgespalten, und Wasserstoff wird angelagert. Aus einem Molekül Pyruvat und einem Molekül Wasserstoff entsteht ein Molekül Lactat. Es handelt sich also um eine Additionsreaktion.

**Zusatz:** Erläutere die Bedeutung der Lactatproduktion für die Glykolyse unter anaeroben Bedingungen!

Die Glykolyse ist ein schnell ablaufender Prozess der Energiegewinnung in Zellen. Für den Prozess wird Glucose benötigt, die in Pyruvat gespalten wird. Dabei wird  $\text{NAD}^+$  verbraucht. Unter aeroben Bedingungen wird das entstehende  $\text{NADH}_2^+$  in der Atmungskette mit Sauerstoff zu  $\text{NAD}^+$  und Wasser umgesetzt und steht erneut für die Glykolyse zur Verfügung. Ist zu wenig Sauerstoff vorhanden, handelt es sich um anaerobe Bedingungen und das  $\text{NADH}_2^+$  sammelt sich an. Um  $\text{NAD}^+$  für die Glykolyse zu gewinnen, wird das  $\text{NADH}_2^+$  mit Pyruvat zu Lactat umgesetzt und  $\text{NAD}^+$  wird wieder in der Glykolyse verbraucht.

Ohne die Umwandlung von Pyruvat in Lactat würde die Glykolyse damit zum Erliegen kommen und die Zelle hätte bei Sauerstoffmangel keine Energie mehr.





## Arbeitsgruppe Chemiedidaktik

August-Bebel-Str. 2

07743 Jena

### Verantwortliche Redaktion:

Prof. Dr. Volker Woest studierte Lehramt für die Fächer Chemie und Mathematik an der Universität Bremen. Nach seinem Referendariat promovierte er bei Prof. Just zum Thema „Offener Chemieunterricht“. Nach abgeschlossener Habilitation an der Universität Bremen ist er seit 1999 Professor für Didaktik des Chemieunterrichts an der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Seine Forschungsschwerpunkte und Interessen liegen auf Binnendifferenzierung im Chemieunterricht, naturwissenschaftlichem Anfangsunterricht, integrierten Naturwissenschaften, Geschichte der Chemie und des Chemieunterrichts sowie organischen Naturstoffen.



Philipp Engelmann studierte Chemie und Physik auf Lehramt für das Gymnasium und arbeitet seit 2015 in der Arbeitsgruppe Chemiedidaktik der Friedrich-Schiller-Universität Jena. In seinem Promotionsvorhaben beschäftigt er sich mit der Konstruktion einer Weiterbildung für fächerübergreifenden Unterricht in den Klassenstufen 5-10. Er ist Mitarbeiter im Drittmittelprojekt ProfJL „Professionalisierung von Anfang an im Jenaer Modell der Lehrerbildung“ - Teilprojekt „Naturwissenschaften Integrativ“, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Träger des Projekts ist das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLF).

