

Kreatives lösungsorientiertes Experimentieren – KLEx

Eine Experimentierphase im divergent-lösungsorientierten Unterrichtsverfahren

K. Haim

KLEx ist eine Experimentiermethode, die divergentes Denken abverlangt. Durch das Lösen unbekannter Problemstellungen werden Jugendliche dahin gehend geschult, ihre Grundkompetenzen auf neue Situationen übertragen zu können.

Stichworte: Unterrichtsmethode, kreatives lösungsorientiertes Experimentieren

1 Die forschend-entwickelnde Herangehensweise und KLEx

Will eine Gesellschaft, die einem ständigen Wandel ausgesetzt ist, bestehen, ist sie auf Menschen angewiesen, die Herausforderungen annehmen und kreativ lösen können. Deshalb wird es eine wesentliche Aufgabe im Bildungsprozess sein, Methoden zu entwickeln, die zu einer großen geistigen Flexibilität führen, die Lernende schnell und erfolgreich zur Lösung einer neuen, unbekanntenen Problemsituation befähigen [1].

Doch welchen Beitrag kann hier das Unterrichtsfach Chemie leisten, die oben geforderte kreative Problemlösekompetenz von Schüler/-innen sichtbar zu machen bzw. zu fördern? Nach Leisen, werden Kompetenzen im handelnden Umgang mit Wissen erworben und zeigen sich auch im handelnden Umgang mit Wissen. Kompetenzen können somit erworben werden, wenn Lernumgebungen gestaltet werden, welche die Lernenden in eine aktive und selbst gesteuerte Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand bringen [2].

Im Folgenden wird mit KLEx eine Experimentierphase vorgestellt, die die oben geforderte Lernumgebung schafft und im divergent-lösungsorientierten Unterrichtsverfahren eingebettet ist. Dieses Unterrichtsverfahren, dass sich gezielt der Förderung divergenter Denk- und Handlungsprozesse widmet, wurde vom Autor an der PH-Oberösterreich entwickelt und wird seit 2010 in einem Forschungsprojekt an über 800 Schüler/-innen beforcht. Der Übersicht halber wird das Unterrichtsverfahren nun kurz dargestellt.

Wie aus Abbildung 1 zu sehen ist, gliedert sich der Unterricht in diesem Verfah-

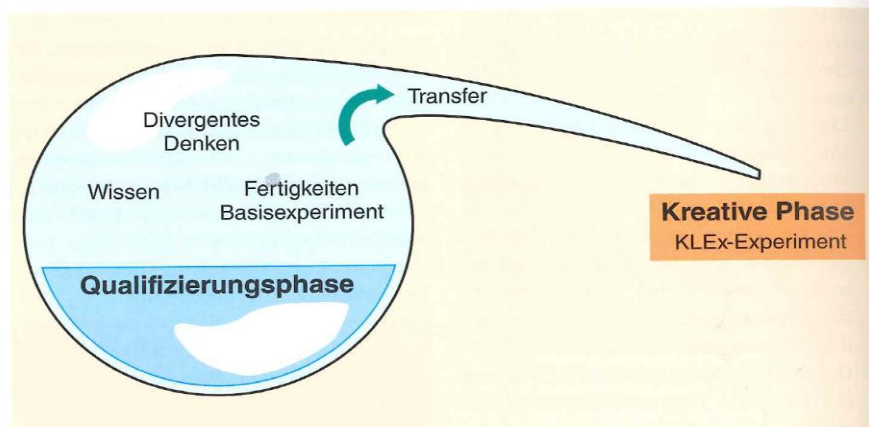


Abb. 1: Phasenschema des divergent-lösungsorientierten Unterrichtsverfahrens

ren in zwei Abschnitte. In der Qualifizierungsphase, die zeitmäßig den größten Anteil eines Stoffkapitels einnimmt, beruht das Verfahren auf dem Prinzip der individuellen Vermittlung und Förderung grundlegender Fähigkeiten und Fertigkeiten. Wobei hier das Aufzeigen und Trainieren divergenter Denkstrategien den innovativen Teil darstellt. Damit Jugendliche auf ihre divergenten Denkstrukturen effizient zugreifen können, wurde mit *focus-Kreativ*® ein dafür speziell ausgerichtetes Programm entwickelt. *focus*, ein Akronym für fünf Denkstrategien, vereint flexibles, originelles, konzentriertes, unbewusstes und strategisches Denken. In der Qualifizierungsphase kommt dem Basisexperiment eine zentrale Rolle zu, da dieses dem Erwerb wesentlicher experimenteller Grundfertigkeiten dient. Unter Basisexperiment werden hier traditionell bekannte, im Chemieunterricht häufig durchgeführte Experimente verstanden, die auf reproduzierendem, stark angeleitetem Handeln basieren.

Daran angeknüpft folgt in der kreativen Phase das KLEx-Experiment, das

stets den Abschluss eines Themas darstellt. Diese Phase beruht auf individualisierte Kompetenzsicherung und ist auf Problemlösungsorientierung ausgerichtet, da der Erkenntnisgewinn schon in der Qualifizierungs-Phase stattgefunden hat.

KLEx, das für kreatives-lösungsorientiertes Experimentieren steht, fordert die Schüler/-innen auf, ihr erworbenes Wissen auf neue, unbekannte Probleme anzuwenden. Von einer Problemstellung wird in der kognitiven Psychologie dann gesprochen, wenn man zunächst nicht weiß, mit welchen Mitteln man ein angestrebtes Ziel erreichen kann. Ein Problem hat also jemand, wenn er ein bestimmtes Ziel erreichen will und dabei auf Hindernisse stößt [3].

Bei diesen Experimenten geht es darum, Bekanntes neu zu vernetzen. Definiert man naturwissenschaftliche Kreativität als *Rekombination unterschiedlicher Wissensgebiete zu neuen Mustern*, fordert und fördert KLEx somit das problemlösende kreative Potenzial der Schüler/-innen. Mit dieser Vorgehensweise lässt sich auch die naturwissenschaftliche Arbeitsweise

sehr authentisch vermitteln und Schüler/-innen bekommen so ein klares Bild zur Berufsorientierung.

2 Vier Phasen im KLEx

Anders als bei den Basisexperimenten, die vor allem reproduzierendes Handeln abverlangen, gliedern sich KLEx-Experimente in vier Phasen. Diese zeigen Ähnlichkeiten mit dem forschend-entwickelndem Unterrichtsverfahren nach Schmidkunz (2003) nur dass hier die Problemlösung nicht zum Erschließen von neuen Inhalten sondern zur Anwendung des Gelernten dient.

KLEx-Experimente sind meist so angelegt, dass sie leicht in den Schulalltag integrierbar sind und nicht länger als eine Unterrichtsstunde dauern. Je stringenter der Ablauf geplant wird, umso weniger lassen sich die Schüler/-innen von anderen Gruppen beeinflussen und umso konzentrierter arbeiten sie an der Problemlösung.

1. Kreative Denkphase: Nachdem die Problemstellung bekannt gegeben wurde, sind die Schüler/-innen angewiesen in Einzelarbeit so viele Lösungsstrategien zu formulieren, wie ihnen in den Sinn kommt. Die dabei zur Verfügung stehende Zeit beträgt je nach Komplexität zwischen 2 und 4 Minuten. Diese Einzelarbeit gibt den Schüler/-innen Feedback darüber, wie effektiv sie in der Generierung von Ideen sind.

Da sich das Potenzial naturwissenschaftlicher Kreativität über die Anzahl und Originalität von Lösungsvorschlägen messen lässt, muss bei der Problemformulierung darauf geachtet werden, dass mehrere absehbare Lösungen entwickelt werden können. Durch speziell gewählte Rahmenbedingungen sowie angebotene Materialien kann dies gezielt gesteuert werden.

2. Phase der Gruppenstrategie: Nach der kurzen kreativen Denkphase finden sich die Schüler/-innen in kleineren Gruppen (3–5 Jugendliche) zusammen. Hier tauschen sie ihre Ideen aus, formulieren auch neue Ansätze und entscheiden sich für eine gemeinsame Strategie. Auch hier ist die dafür eingeräumte Zeit mit 5 bis max. 10 Minuten bewusst sehr knapp bemessen. Nachdem sich die Gruppe für eine Strategie entschieden hat, meldet sie dies der Lehrkraft. Durch die Bekanntgabe der Strategie an die Lehrkraft wird verhindert, dass Gruppen ihre Vorgehensweise von anderen kopieren, wodurch die Wahrscheinlichkeit für divergente Lösungsansätze steigt.

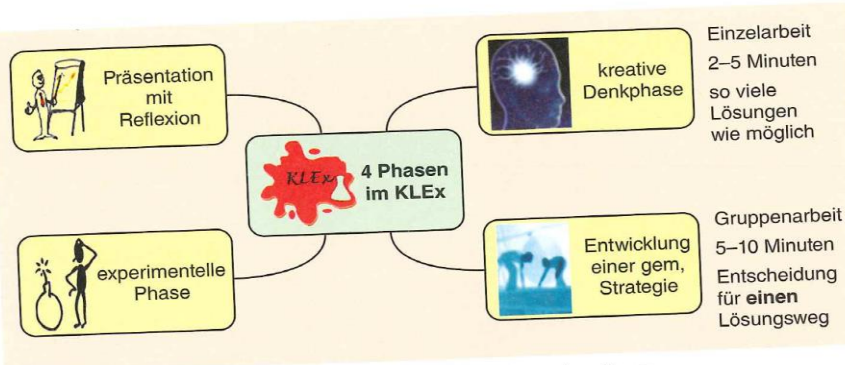


Abb. 2: Die vier Phasen beim kreativen-lösungsorientiertem Experimentieren

3. Experimentelle Phase: Die Umsetzung der Ideen in der Experimentierphase soll in der Unterrichtsstunde den größten Anteil einnehmen. Obwohl das erfolgreiche Lösen der Problemstellung im Vordergrund steht, muss Misserfolg einkalkuliert werden. Bei Misserfolg kann die Gruppe die Strategie ändern, verfeinern oder überdenkt noch einmal ihre Ansätze. War die Gruppe erfolgreich und ist noch genug Zeit vorhanden, können noch zusätzliche Varianten realisiert werden. Somit gewährleistet diese Phase die Berücksichtigung individueller Fähigkeiten und Fertigkeiten.

4. Präsentations-Reflexionsphase: Am Ende der Experimentierphase sind die Gruppen angehalten, ihren eingeschlagenen Weg und ihre Ergebnisse auf einer Tafel, Folie oder Papier festzuhalten und vor der Klasse kurz zu erläutern. Es wird besonders darauf Wert gelegt,

dass jede Vorgehensweise, also auch jene, die nicht zum Erfolg geführt hat, interessante Erkenntnisse liefert. Diese Phase fordert hohe kommunikative Fähigkeiten. Dies stellt für die Jugendlichen eine ideale Gelegenheit dar, durch Diskussion und Schlussfolgerung ihrer Ergebnisse, ihre sprachliche Kompetenz unter Beweis zu stellen.

3 Leistungsfeststellung im KLEx

Um eine neue Idee auszuprobieren, die vorher noch nie erprobt wurde, ist vor allem Mut zum Risiko und eine passende Fehlerkultur notwendig. Dieser Mut zum Risiko kann von den Schüler/-innen nur dann verlangt werden, wenn sie in der experimentellen Phase nicht dem Druck einer Leistungsfeststellung ausgesetzt sind. Ein misslungenes Experiment oder ein fehlgeschlagener Weg darf in der Experimentierphase keine negativen Folgen in der Mitarbeit mit sich bringen. So



Abb. 3: Schülerinnen in der experimentellen Phase

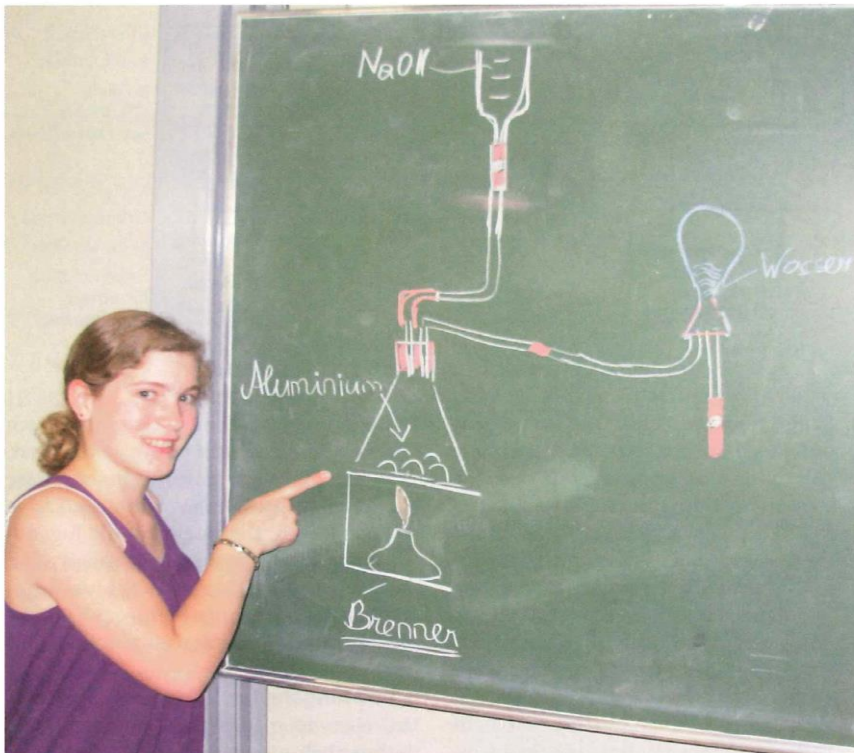


Abb. 4: Schülerin bei der Präsentation an der Tafel



Abb. 5: Materialien beim Wein-Klex

muss den Schüler/-innen von Anfang an bewusst gemacht werden, dass auch jeder misslungene Versuch seinen „wissenschaftlichen“ Wert hat. Nur in diesem Klima trauen sich die Schüler zu, gedankliche Grenzen zu überschreiten.

Um die Lösungsstrategien nachhaltig in den Köpfen der Schüler/-innen zu

verankern wird am Ende der Experimentierphase ein Blatt mit dem Titel „Lösungsvorschläge“ ausgeteilt, in dem alle erdenklichen Lösungsvorschläge samt Begründungen aufgelistet sind. Diese Zusammenfassung gilt es von den Schüler/-innen zu lernen und bei späteren Leistungsfeststellungen nennen zu können.

4 Beispielsammlung

Beispiel 1: Destillation alkoholischer Lösungen

In diesem Basisexperiment wird der Aufbau einer Destillationsapparatur erlernt und das Prinzip der Destillation vermittelt. Wichtig ist hier, dass auf die Bedeutung jedes einzelnen Destillationsabschnitts hingewiesen wird (Heizquelle, Destillationskolben, Kühler, Auffanggefäß). Um den geistigen Abstand vom Basisexperiment zur folg. Problemstellung zu vergrößern sollte eine mit Wasser verdünnte und blauer Tinte verunreinigte Ethanol-Lösung destilliert werden. Weiters sollte im Theorieunterricht darauf eingegangen worden sein, dass Ethanol erst ab ca. 50% brennbar ist.

An dieses Basisexperiment kann nun folgende Problemstellungen angeknüpft werden.

KLEx: „Verwandlung von Wein zu Feuerwasser“

Jede Schülergruppe bekommt ¼ Liter Rotwein ausgehändigt. Sie sind aufgefordert aus dem Wein eine brennbare Flüssigkeit herzustellen. Dass für die Problemlösung eine Destillationsapparatur aufgebaut werden muss, soll von der Lehrkraft nicht angesprochen werden.

Folgende Folgende Materialien stehen zur Verfügung:

volle, noch ungeöffnete Limonadendose, Trichter, Schläuche, Eiswürfel, Alu-Folie, Alu-Stöfchen, Korkstopfen, 2 Kerzen, Zünder, Klebebänder, Wextextücher, Tiegelfzange, Messpipette, leere Plastikbecher.

Abbildung 6 zeigt mögliche Aufbaukonstruktionen.

Beispiel 2: „Den Etiketten auf der Spur?“

Dieses KLEx-Beispiel stammt aus der organischen Chemie und eignet sich ideal am Ende des Kapitels der Alkane. Als theoretische Vorarbeit müssen im Unterricht wichtige Eigenschaften der Alkane wie Löslichkeit, Aggregatzustand, Dichte sowie Reaktionsverhalten wie Brennbarkeit behandelt worden sein.

Problemstellung: Von drei mit den Buchstaben A, B und C gekennzeichneten Flaschen haben sich die Etiketten gelöst. Es befinden sich darin 5%ige Salzsäure-Lösung, Heptan und Hexadecan. Entwickle möglichst viele Wege um die drei farblosen Flüssigkeiten zu identifizieren!

Experimentelle Rahmenbedingungen: Folgende Utensilien stehen zur Verfügung:



Abb. 6: Mögliche Varianten, der Wein-Destillation

Heizplatte, Kühlschrank, 25 mL Vollpipette, Tüpfelplatte, Tropfpipette, Feuerzeug, Thermometer, Waage, Reagenzgläser, Sonnenblumenöl, Kochsalz, Quarzsand, Zucker, Spritzflasche, Marmorpulver,

Tabelle mit Summenformel, Namen, Schmelzpunkt, Siedepunkt und Dichte der Alkane von Methan bis Eicosan sowie von Salzsäure.

Mögliche Lösungsstrategien:

1) Anhand der angegebenen Gefrierpunkte lässt sich durch Abkühlung im Gefrierfach Hexadecan und die Salzsäurelösung gut unterscheiden.

2) Anhand der angeführten Siedepunkte lassen sich durch Erwärmung mit der Heizplatte die Siedepunkte der drei Lösungen abschätzen.

3) Durch Abwägung eines konkreten Volumens (Vollpipette) kann die Dichte bestimmt werden.

4) Durch Anzünden können anhand der Brennbarkeit die beiden Alkane identifiziert werden.

5) Durch Zusatz von Kochsalz od. Zucker kann die Polarität der Salzsäurelösung identifiziert werden.

6) Durch Zusatz von Sonnenblumenöl lassen sich die beiden unpolaren Alkane identifizieren.

7) Die Reaktion von Marmorpulver lässt die Salzsäurelösung identifizieren.

8) Der Geruch lässt Salzsäure und Alkane unterscheiden. ■

Anmerkungen des Autors

Eine ausführliche Dokumentation des divergent-lösungsorientierten Unterrichtsverfahrens ist gerade in Arbeit und wird voraussichtlich 2013/14 in *news&science*, der regelmäßigen Publikation des ÖZBF (Österreichisches Zentrum für Begabtenförderung & Begabungsforschung), erscheinen. Zurzeit wird an der Erstellung eines Praxisheftes gearbeitet, das ausgewählte Basisexperimente und KLEx-Experimente für den Chemieunterricht der 8. Schulstufe enthält. Voraussichtliches Erscheinungsjahr: 2013/14; Dörner-Verlag.

Literatur

- [1] H. Schmidkunz, H. Lindemann, *Das Forschend-Entwickelnde Unterrichtsverfahren Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. WESTARP Wissenschaften. Reihe Didaktik, Naturwissenschaften Bd. 2., 11 2003
- [2] J. Leisen, *Kompetenzorientiert unterrichten, Naturwissenschaften im Unterricht Physik*. Nr. 123/124, 4–10 (2011)
- [3] T. Betsch, J. Funke, H. Plessner, *Denken – Urteilen, Entscheiden, Problemlösen*. Springer-Verlag, 138, 2011

Anschrift des Verfassers

Dr. Kurt Haim, Kaplanhofstraße 40,
A-4020 Linz (Österreich), E-Mail: kurt.haim@ph-ooe.at



Abb. 7: Ausgabe der Utensilien für das Alkan-KLEx