

# unterrichtspraxis

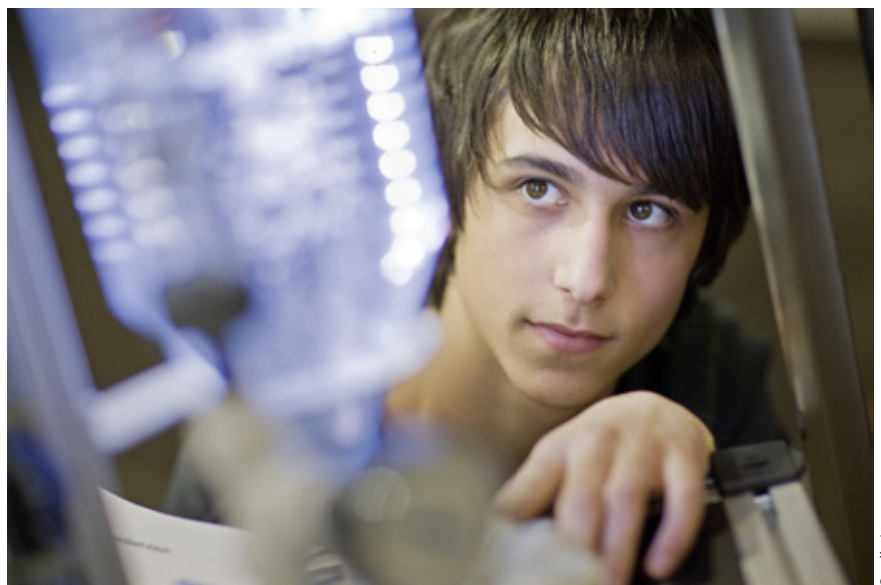
Beilage zu „bildung und wissenschaft“  
der Gewerkschaft Erziehung und Wissenschaft Baden-Württemberg

SEKUNDARSTUFE I UND II/NATURWISSENSCHAFTLICHES LERNEN

## Experimente machen und Experimentieren verstehen – ein Gegensatz?

*Experimentieren wird durch die Bildungsstandards für die naturwissenschaftliche Fächer vorgegeben. Es zeigt sich aber, dass häufig ein verkürztes Verständnis von Experimentieren bei Schüler/innen vorherrscht. In diesem Beitrag wird dargelegt, welche Funktion das Experimentieren hat und wie Schüler/innen Kompetenzen beim und zum Experimentieren erwerben können.*

Wenn wir Studienanfänger/innen fragen, ob sie in ihrer Schulzeit Experimente durchgeführt haben, dann ist die Antwort in fast allen Fällen ein überzeugtes „Ja“. Die meisten sind auch in der Lage, Experimentalanleitungen zu lesen und den darin geforderten Ablauf in angemessene Handlungen zu übersetzen. Experimentieren ist nach diesen nicht repräsentativen Ergebnissen ein selbstverständlicher Teil des naturwissenschaftlichen Unterrichts, und ganz offensichtlich lernen die Schüler/innen auch etwas dabei. Ein anderes Bild zeigt sich, wenn wir die gleichen Studienanfänger/innen mit offenen Experimentalaufgaben konfrontieren. Das sind Aufgaben, die auf der Grundlage einer knappen Kontextbeschreibung eine Ableitung von Untersuchungsfragen verlangen, die anschließend experimentell untersucht werden sollen. Die fachlichen Kontexte der Aufgaben stammen aus dem Alltag und sind nicht besonders anspruchsvoll, um die Studierenden nicht von der eigentlichen Aufgabenstellung abzulenken. In einer der Aufgaben sollen beispielsweise Faktoren qualitativ oder quantitativ untersucht werden, die die Entstehung von Kohlenstoffdioxid bei der Gärung



Quelle: imago

*Experimentieren will gelernt sein.*

bei Hefepilzen beeinflussen – ein Phänomen, das die meisten Studierenden dem Brot- oder Kuchenbacken oder der Bier- oder Weinherstellung zuordnen können.

Ein erheblicher Teil der Studienanfänger/innen hat Schwierigkeiten mit solchen Aufgaben. Einige experimentieren beispielsweise ohne oder ohne

geeignete Hypothesen. Andere versäumen es, Variablen zu isolieren, sodass die Ergebnisse nicht auf einen Untersuchungsfaktor zurückgeführt werden können. Wiederum andere haben Probleme, Versuchsansätze so zu gestalten, dass die aus ihnen hervorgehenden Ergebnisse vergleichbar sind. Zu der Hefeaufgabe bauen die

Studienanfänger/innen beispielsweise Experimentalansätze auf, mit dem sie den Einfluss von Zucker und Mehl auf den zeitlichen Verlauf der Gärung untersuchen wollen, achten aber dann nicht auf eine exakte Durchführung. Während wir komplexe Herausforderungen wie die Formulierung geeigneter Hypothesen als Aufgabe für das Studium betrachten, so waren wir anfangs von der Unsicherheit vieler Studienanfänger/innen überrascht, selbst qualitative Experimente eigenständig zu planen und durchzuführen. Wir haben uns deshalb gefragt, ob diese Schwierigkeiten zufällig bei uns gehäuft auftreten oder vielleicht häufiger bei Lehramts- als bei Studierenden naturwissenschaftlicher Fächer. Daher haben wir recherchiert, welche Erfahrungen andere Universitäten insbesondere auch aus skandinavischen und angelsächsischen Ländern berichten, deren Zugang zu Naturwissenschaften unserem sehr nahe ist. Und siehe da – auch in diesen Ländern zeigen Studienanfänger/innen die gleichen Schwierigkeiten unabhängig davon, ob sie Lehramt oder ein naturwissenschaftliches Fach studieren. Naheliegender ist dann auch der Vergleich mit den Daten zu Schüler/innenfähigkeiten zum Experimentieren, zu denen eine Reihe von nationalen und internationalen Forschungsarbeiten aus den letzten Jahrzehnten vorliegen.

### **Experimentierfähigkeiten von Schüler/innen**

Nunmehr wenig überraschend ergibt sich ein Bild, dass wir bereits von unseren Studienanfänger/innen kennen (Kremer et al., 2019). Schüler/innen sind mehr oder weniger gut in der Lage, einfache Experimente nach Anleitung durchzuführen. Verständnisschwierigkeiten treten dann auf, wenn sie (teilweise) selbstständig Fragestellungen nachgehen sollen, die Experimente erfordern, wobei Schüler/innen in der Sekundarstufe II eher in der Lage sind, einfache Experimente zu planen, für ihre Planungen Hypothesen zu benennen und diese auch zu begründen als jene der Sekundarstufe I. Auch können sie besser experimentell ermittelte Daten beschreiben und auf ihre Ausgangshypothese beziehen.



Quelle: imago

*Nicht immer sind Demonstrationsexperimente sinnvoll.*

Die Verständnisschwierigkeiten der Schüler/innen lassen sich mehrheitlich zwei tiefer liegenden Vorstellungen zuordnen. Eine der beiden Vorstellungen wird als „Ingenieur-Modell“ bezeichnet (Hasse & Hamann, 2016). Dieser Vorstellung zufolge werden Experimente so geplant, dass sie einen bestimmten und im Vorfeld erwarteten Effekt erzielen. Während des Planungsprozesses neigen die Schüler/innen dementsprechend dazu, nur solche Faktoren in der Planung zu berücksichtigen, die sie zur Herstellung des Effekts als bedeutsam erachten. Andere Faktoren, die nicht mit dem Effekt in Zusammenhang stehen, werden hingegen vernachlässigt. Wenn der erwartete Effekt dann eingetreten ist, wird das Experiment beendet, ohne weitere Faktoren zu einzubeziehen. Vor allem Schüler/innen mit geringer Experimentiererfahrung nutzen diese Vorstellung unbewusst.

Als Lehrkräfte sind wir nicht ganz unschuldig daran, dass sich das „Ingenieur-Modell“ bei unseren Schüler/innen so häufig belegen lässt. Gerade die vielfach genutzten Demonstrationsexperimente, die ihren Namen der Tatsache verdanken, dass mit ihrer Hilfe inhaltliche Konzepte demonstriert werden sollen, tragen zu dessen Festigung bei. In Demonstrationsexperimenten werden zumeist nur diejenigen Faktoren bei der Experimentalplanung und -durchführung berücksichtigt,

die den zu belegenden Effekt erzeugen und damit die Ableitung oder Erläuterung eines fachlichen Konzepts medial illustrieren. Aus Zeitgründen wird das Experiment im Unterricht nicht in einen weiteren Kontext gestellt, sodass die Schüler/innen keine Gelegenheit zur Einordnung der von der Lehrkraft gewählten Faktoren haben und erfahren können, welche und wie viele andere Faktoren von den Wissenschaftler/innen getestet und möglicherweise verworfen worden sind.

Die zweite Vorstellung lässt sich als „Suche nach Bestätigung“ beschreiben. Danach wählen Schüler/innen nur solche Hypothesen für ihre Experimente aus, die zu Ergebnissen führen, die ihre eigenen Vermutungen unterstützen. Diese Tendenz wird im Englischen als „Confirmation Bias“ beschrieben und kennzeichnet, folgt man dem amerikanischen Psychologen Jerome Bruner, auch unser Schlussfolgern in alltäglichen Situationen (Hasse & Hamann, 2016). Wir können daher annehmen, dass die Schüler/innen diese Vorstellung aus dem Alltag auf experimentelle Handlungen in der Schule übertragen. Ausgehend von diesen tief liegenden Vorstellungen lassen sich nun zahlreiche Fehler beim Experimentieren identifizieren, die den Phasen des naturwissenschaftlichen Experimentierprozesses zugeordnet werden und nach Niveaus gegliedert werden können (Abb. 1).

**UMGANG MIT HYPOTHESEN**

STUFE	KOMPETENZNIVEAU	NÄHERE BESCHREIBUNG
1	Keine Hypothesen beim Experimentieren	Lernende führen ihr Experiment aus, ohne zuvor Überlegungen zu Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen angestellt zu haben.
2	Unsystematische Suche nach Hypothesen	Die Durchführung des Experiments erfolgt hypothesengeleitet. Es wird nur ein Teil der Fakten berücksichtigt, die für die Formulierung der jeweiligen Hypothesen notwendig ist.
3	Systematische Suche nach Hypothesen	Die Durchführung des Experiments erfolgt mit faktenbasierten Hypothesen. Es können sogar mehrere (multiple) Hypothesen gebildet werden. Jedoch bestehen Schwierigkeiten für Veränderung der Hypothese, wenn eine Hypothese widerlegt wurde.
4	Systematische Suche nach Hypothesen und erfolgreiche Veränderung	Wie Stufe 3, jedoch können auch Hypothesen auf eine Falsifizierung hin verändert werden.

**UMGANG MIT VARIABLEN**

STUFE	KOMPETENZNIVEAU	NÄHERE BESCHREIBUNG
1	Unsystematischer Umgang mit Variablen	Die Veränderung von Variablen erfolgt ohne erkennbares System, sodass keine Aussage über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge deutlich wird. Zum Beispiel werden alle Variablen von einem Ansatz zum nächsten verändert.
2	Teilweise systematischer Umgang mit Variablen	Zwar werden auf diesem Niveau Variablen bereits systematisch verändert, jedoch liegen noch Defizite vor. Beispiele hierfür wären der gleichzeitige Austausch mehrerer Testvariablen oder das Konstanthalten der Testvariablen, während alle anderen Variablen ausgetauscht werden. Ein weiteres Beispiel ist das „positive Testen“, also die Berücksichtigung nur derjenigen Variablen, die die Schüler/innen für relevant halten – womit das Experiment nur dazu dient, bestehende Überzeugungen zu festigen.
3	Systematischer Umgang mit Variablen in bekannten Domänen	Es wird nur eine Testvariable geändert, alle anderen werden konstant gehalten, womit Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge identifiziert werden können. Es fällt den Schüler/innen aber schwer, das in einem Bereich gezeigte Vorgehen auf andere, nicht bekannte Bereiche zu übertragen.
4	Systematischer Umgang mit Variablen in unbekanntem Domänen	Wie in Stufe 3 jedoch mit der Fähigkeit, das Vorgehen auch auf unbekannte Bereiche zu übertragen.

**UMGANG MIT EXPERIMENTALDATEN**

STUFE	KOMPETENZNIVEAU	NÄHERE BESCHREIBUNG
1	Daten werden nicht auf Hypothesen bezogen	Die beobachteten Effekte werden beschrieben, jedoch nicht ihre Ursachen geklärt.
2	Unlogische Analyse von Daten	Die Daten werden auf die Hypothesen bezogen, es werden jedoch nicht logische Schlüsse gezogen, etwa wenn aus Experimenten, in denen mehrere Testvariablen verändert wurden, auf Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge gefolgert wird.
3	Weitgehend logische Analyse von Daten, aber Probleme bei der Bewertung, die den Erwartungen widersprechen.	Die Schlussfolgerungen aus den Daten sind logisch, aber es bestehen Schwierigkeiten im Umgang mit widersprüchlichen Daten, die ignoriert oder umgedeutet werden (siehe Schülervorstellungen zum Experimentieren)
4	Adäquate Datenverwendung bei der Überprüfung von Hypothesen	Die Datenanalyse gelingt selbst dann, wenn diese aufgrund der inhaltlichen Erwartungen oder Bedingungen der Datenerhebung (z.B. kontinuierliche Daten oder Daten mit Messfehlern) schwierig zu interpretieren sind.

Abb. 1. Womit Schüler/innen Schwierigkeiten haben, wenn sie experimentieren (abgeleitet aus Hamann 2004)





Quelle: imago

Typische Schwierigkeiten beim Experimentieren vermeiden.

### **Experimentieren – Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge untersuchen**

Noch einmal sollen an dieser Stelle die Ingenieur/innen bemüht werden. Auch sie experimentieren und wenn Ingenieur/innen experimentieren, dann suchen sie nach Objekten und Einstellungen für diese Objekte, die einen vorgegebenen Zweck möglichst optimal erfüllen, getreu dem Motto, was nicht passt, wird passend gemacht. Wie Ingenieur/innen stellen auch Naturwissenschaftler/innen für ihre Experimente künstliche Bedingungen her. Im Unterschied zu den Erstgenannten suchen sie aber nach Ursache-Wirkungs-Beziehungen, also nach kausalen Zusammenhängen zwischen Variablen. Hierzu werden Messgrößen identifiziert (abhängige Variablen) und von anderen Variablen geschieden, deren Einfluss auf die Messgrößen identifiziert werden soll (unabhängige Variablen). Neben Mess- und Einflussgrößen existieren weitere Variablen, die sich potentiell auf die Messgröße auswirken können. Sie müssen konstant gehalten oder kontrolliert werden, um die Ursache-Wirkungs-Beziehung untersuchen zu können (Kontrollvariablen). Dieses für naturwissenschaftliche Experimente unerlässliche Vorgehen wird als

Variablenkontrollstrategie bezeichnet (Kremer et al., 2019). Die Abfolge aus Fragestellung und Hypothese, Planung, Durchführung, Ergebnisdarstellung und -diskussion spiegelt die Regelmäßigkeit dieses Vorgehens wider und ist charakteristisch für naturwissenschaftliche Arbeit. Naturwissenschaftliche Artikel in Fachzeitschriften sind daher immer nach diesem starren Schema aufgebaut, auch wenn die Praxis in den Laboren weitaus vielfältiger ist. Notwendig ist das Regelschema nicht zuletzt deshalb, weil dadurch zumindest potentiell die Wiederholung der Experimente durch Dritte und über deren Reproduktion die Überprüfung der erhobenen Daten ermöglicht wird. Angehende Naturwissenschaftler/innen erlernen dieses Vorgehen implizit, indem sie über ihr Studium und die anschließende Tätigkeit in den Prozess induktiv eingeführt werden. Diese Gelegenheit haben Schüler/innen nicht. Trotzdem sollen sie im Laufe ihrer Schulzeit die Eigenheiten naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung verstehen.

### **Experimentieren verstehen**

Diese Forderung wurde 2005 (KMK 2005) erstmals von der Kultusministerkonferenz in Form von

Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss definiert. Die Bildungsstandards sind seitdem gültig und werden in nächster Zeit um Bildungsstandards für die gymnasiale Oberstufe ergänzt werden. Anknüpfend an die Bildungsstandards haben mittlerweile alle Bundesländer eigene Standards zum Experimentieren entwickelt, die in Baden-Württemberg als „Prozessbezogene Kompetenzen“ in den Bildungsplänen beschrieben sind. Darin ist Experimentieren dem Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung zugeordnet, seine Teilkompetenzen überschneiden sich in den drei Naturwissenschaften (MWK 2016). So definieren alle Fächer, dass Schüler/innen den Prozess naturwissenschaftlichen Experimentierens erlernen sollen, indem sie dessen Schritte von der Suche nach Fragestellungen bis hin zur Interpretation von qualitativ wie quantitativ erhobenen experimentellen Daten durchlaufen. Hinter dieser Zielsetzung steht ein übergeordnetes Ziel: Die Schüler/innen sollen über das Kennenlernen der Wege naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung lernen, was naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung charakterisiert und worin sich Naturwissenschaften von anderen Zugängen der Weltbegegnung (wie



Reflexion gehört zum Experimentieren.

etwa sozial- oder kulturwissenschaftlichen) unterscheiden. Diese im internationalen Diskurs als Nature of Science bezeichnete Zielsetzung erfordert anders als bei den Studierenden naturwissenschaftlicher Fächer nicht nur das implizite Hineinwachsen in naturwissenschaftliche Verfahren durch die immer wiederkehrende Durchführung und damit Ausbildung methodischer Expertise. Außerdem ist die bewusste und kriteriengeleitete Reflexion des eigenen Tuns auf der Folie naturwissenschaftlicher Weltbegegnung notwendig. Um Experimentieren zu verstehen, sind demnach drei Teilaspekte erforderlich: Schüler/innen müssen die Gelegenheit erhalten, in den naturwissenschaftlichen Fächern zu experimentieren und damit praktische Erfahrung zu sammeln. Das gilt beispielsweise für den Umgang mit Geräten oder Messtechniken. Zudem müssen sie die Möglichkeit bekommen, die Funktionen der Teilschritte im Experimentierprozess zu verstehen und nicht etwa deshalb eine Hypothese oder was sie auch immer dafür halten auf einen Protokollbogen zu schreiben, weil es die Lehrkraft möchte. Und sie benötigen Gelegenheiten, um über Prozesse und Ergebnisse naturwissenschaftlicher Untersuchungen nachzudenken und

sie in ihrer Bedeutung für unsere Wissensgesellschaft einzuordnen. Dieser letzte Schritt ist notwendig, um einen Vergleich zu anderen Zugängen zur Weltbegegnung zu ermöglichen, und ganz praktisch, um die Qualität naturwissenschaftlicher Arbeit einschätzen und wissenschaftliche „News“ von „Fake News“ unterscheiden zu können. Die unterrichtliche Zielsetzung „Experimentieren verstehen“ geht damit deutlich über das Durchführen von Experimenten zur inhaltlichen Wissensvermittlung hinaus und macht die Methode des Experimentierens zum eigentlichen Unterrichtsinhalt wird, die an frei wählbaren inhaltlichen Themen eingeführt, erlernt und geübt werden kann.

#### **Experimentieren verstehen braucht Zeit**

Eine der häufigsten Rückmeldungen von Lehrkräften auf die Forderung, die Erkenntnismethode „Experimentieren“ zum Unterrichtsinhalt einer Stunde zu machen, lautet: „Das kostet zu viel Zeit. Wenn ich das mache, komme ich mit meinem Stoff nicht durch.“ Dieser Einwand ist richtig und berechtigt. Experimentieren verstehen ist komplex und nicht in wenigen Stunden zu vermitteln. Vor dem Hintergrund

begrenzter Unterrichtszeit müssen für dieses Ziel andere Inhalte zumindest weniger intensiv thematisiert werden. Ein zweiter Einwand betrifft den größeren Öffnungsgrad des Unterrichts, der sich dadurch ergibt, dass Schüler/innen zu einer Fragestellung auch eigene Experimente planen und dann gegebenenfalls auch durchführen. Das hat neben dem erhöhten zeitlichen Aufwand auch die ganz praktische Folge, dass die Lehrkraft im Prinzip im Vorfeld wissen muss, auf welche Ideen ihre Schüler/innen kommen können, damit sie ihre Gefahrstoffbeurteilungen korrekt ausfüllen kann. Mögliche Wege, um mit dem zeitlichen Dilemma umzugehen, sind nur teilweise von der einzelnen Lehrkraft zu lösen. Sie sollten die Fachkolleg/innen und im Idealfall auch die Kolleg/innen der beiden anderen Naturwissenschaften in ihre Überlegungen mit einbeziehen. Ein erster Zugang im Fach besteht in der Suche nach Entschlackungsmöglichkeiten in den vorhandenen Schulcurricula – diese sind in allen Fällen gegeben. Ein weiterer Optimierungsschritt ist eine intensivere Absprache zwischen den drei naturwissenschaftlichen Fächern. Zum Beispiel ist zu überlegen, welche Schritte des Experimentierens in welchem Fach und in

welcher Jahrgangsstufe eingeführt oder vertieft werden sollen. Im Folgenden werden einige Möglichkeiten aufgezeigt, wie Aspekte des Experimentierens als Erkenntnismethode in den Unterricht einbezogen werden können, die von zeitlich kaum spürbaren Ergänzungen zum Regelunterricht bis hin zur Umgestaltung von Unterrichtsphasen reichen.

**Lernprozess vor Lernstand vor Selbsteinschätzungen**

Aus der didaktischen Forschung ist bekannt, dass Rückmeldungen zur Steigerung des Unterrichtserfolges beitragen können. Sie gelten als effektive Unterstützungsmaßnahmen, wenn durch sie den Schüler/innen die Unterrichtsziele und die Kriterien klar werden, anhand derer das Erreichen der Unterrichtsziele erkennbar ist, wenn sie die Schüler/innen über ihren aktuellen Lernstand informieren und wenn sie Lernschritte vorschlagen, mit denen die Unterrichtsziele erreicht werden können. In einer aktuellen Studie wurden im Anfangsunterricht im Fach Chemie drei Rückmeldevarianten hinsichtlich ihres Einflusses auf den Lernzuwachs von Schüler/innen verglichen. Unterrichtliches Thema war die Einführung der Variablenkontrollstrategie beim Experimentieren. Verglichen wurde die Wirkung von Rückmeldungen der Lehrkraft zum Lösungsprozess mit Rückmeldungen der Lehrkraft zum Lernstand und mit Selbsteinschätzungen zum eigenen Lernstand. Unter den drei Varianten haben Rückmeldungen zum Lernprozess die größte Wirkung auf den Lernzuwachs, gefolgt von Rückmeldungen zum Lernstand. Selbsteinschätzungen hatten im Vergleich zu den anderen beiden Feedback-Varianten nur einen geringen, aber immerhin noch messbaren Effekt. Vermittelt wurde der Einfluss der Feedback-Varianten durch ein Konstrukt, das als wahrgenommene Unterstützung bezeichnet wird. Es zeigt sich, dass der Effekt der Rückmeldung unabhängig von der Variante umso größer ist, umso eher die Rückmeldung subjektiv als unterstützend angesehen wird. Unabhängig von der getesteten Unterstützungsmaßnahme trat noch ein weiterer Effekt zutage:

Wie viel Schüler/innen lernen, hängt besonders davon ab, dass die Lehrkraft klar und transparent die Merkmale zum experimentellen Vorgehen verdeutlicht.

**Klare Instruktion des Vorgehens beim Experimentieren**

Viele Unterrichtsvorschläge, die zum Experimentieren auffordern, verlangen von den Schüler/innen beispielsweise die Formulierung von Hypothesen zu Beginn des Arbeitsprozesses. Selten finden sich jedoch Unterrichtsvorschläge, die explizit thematisieren, was Hypothesen sind, welche Rolle Hypothesen für Naturwissenschaftler/innen spielen, wie solche Hypothesen formuliert

werden sollen und wie die experimentell erhobenen Daten auf die Hypothesen zurückbezogen werden sollen. Als Lehrkräfte müssen wir uns bewusst sein, dass für die Vermittlung jedes der genannten Punkte Unterrichtszeit notwendig ist. Eine Möglichkeit, um zu erlernen, dass für die Formulierung von Hypothesen abhängige und unabhängige Variablen identifiziert und in Form von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen aufeinander bezogen werden müssen – idealerweise auf der Grundlage von fachlichem Vorwissen, besteht in Erstellung von Arbeitsanleitungen (Abb. 2), die mit den Schüler/innen besprochen und an Beispielen

ABLAUF	VERKÜRZTES BEISPIEL
<p><b>Schritt 1:</b> Erfasse die Fragestellung, indem du sie zunächst genau liest. Dann überlege, ob du schon Informationen zur Fragestellung aus einem vorherigen Experiment hast oder wo du das notwendige Wissen nachlesen kannst, das du benötigst, um deine Hypothese zu formulieren.</p>	<p>Es soll eine Hypothese aufgestellt werden, welche Faktoren wie Mehl, Wasser oder Zucker den Prozess der Hefegärung beeinflussen.</p>
<p><b>Schritt 2:</b> Beschreibe die Elemente der Fragestellung, die für die Hypothesenfindung notwendig sind.</p>	<p>Hefeteig besteht meist aus Mehl, Wasser, Hefepilzen, Zucker und Eiern in unterschiedlichen Mengen.</p>
<p><b>(Nicht immer möglich) Schritt 3:</b> Überlege, welche der dir bekannten Modelle zur Begründung deiner Hypothese herangezogen werden können.</p>	<p>Zellatmung, alkoholische Gärung und Milchsäuregärung, Zellatmung benötigt Sauerstoff und Zucker, Gärung nur Zucker</p>
<p><b>Schritt 4:</b> Überlege, welchen Faktor du untersuchen möchtest. Überlege auch, welche Wirkung du erwartest.</p>	<p>Ich möchte Zucker untersuchen und schauen, ob es sich auf die Hefegärung auswirkt (vielleicht Größe des entstehenden Teigs), wenn ich Zucker hinzufüge.</p>
<p><b>Schritt 5:</b> Überlege dir eine erste Formulierung für die Hypothese. Achte darauf, dass deine Hypothese einen Aussagesatz darstellt. Du kannst „je - desto“ oder „wenn - dann“-Formulierungen verwenden.</p>	<p>Wenn dem Teig Zucker hinzugefügt wird, dann sollten die Hefepilze Nahrung haben und der Teig sollte aufgehen.</p>

Abb. 2: Arbeitsmaterial: Hypothesen bilden – was muss ich beachten?





Quelle: imago

Das Experimentieren braucht Zeit.

eingübt werden können. Auf diesem Weg kann eine Sammlung von „Merkblättern“ zu den Teilaspekten des Experimentierens entstehen, die die Schüler/innen in allen drei Naturwissenschaften verwenden können.

### **Experimentieren ohne zu Experimentieren**

Mit Ausnahme der praktischen Fähigkeiten im Umgang mit Labormaterialien und Messgeräten lassen sich die Teilkompetenzen des Experimentierens thematisieren, ohne dass Experimente durchgeführt werden. Zu Schulbuchbeispielen, in denen Experimente dargestellt werden, können mit wenig Aufwand eigene Aufgaben ergänzt werden, anhand derer die Schüler/innen Teilaspekte des Experimentalablaufs trainieren können. So können sie beispielsweise Hypothesen formulieren (oder Hypothesen von Schüler/innen aus einem früheren Jahrgang nehmen), die in ihrer Formulierung oder ihrem Bezug zur Aufgabenstellung nicht richtig sind. Die Schüler/innen erhalten dann die Aufgabe, die Fehler in den Hypothesen zu identifizieren und zu korrigieren. Was für die Hypothesenbildung gilt, kann auch auf die

anderen Teilschritte des Experimentierens übertragen werden: So können Beschreibungen zu den Ergebnissen eines Experimentes genutzt werden, um die dem Experiment zugrunde liegenden Fragestellungen und Hypothesen zu rekonstruieren, es können Fehler in Versuchsprotokollen identifiziert, Interpretationen vorliegender Daten auf ihre fachliche Richtigkeit und ihren Bezug zu Fragestellung und Hypothese überprüft werden oder unterschiedliche Interpretationen auf ihr Zutreffen verglichen werden. Es ist immer wieder erstaunlich, auf wie viele Gelegenheiten man stößt, Teilaspekte des Experimentierens in den Unterricht einzubinden, wenn man anfängt, dies bewusst zu tun. Entscheidend für den Erfolg im Umgang mit diesen Aufgaben ist der Raum, den man ihnen gibt, um sie zu besprechen.

### **Experimentieren verstehen durch Forschendes Lernen**

Forschendes Lernen erfordert im Vergleich zu den bisher genannten Vorschlägen eine größere Umgestaltung des Unterrichts und ist daher beispielsweise leichter in Experimentaltage oder in die von vielen Schulen durchgeführten

„Experimentierwochen“ an Schüler/innenlaboren zu integrieren. Forschendes Lernen bildet den zyklischen Experimentierprozess in den Naturwissenschaften nach und ist in fünf Teilschritte untergliedert, die sich am idealisierten Modell des hypothetisch-deduktiven Erkenntnisprozesses orientieren (Abb. 3). Das Experiment ist in den Forschungsprozess eingebunden, stellt aber lediglich Teilschritt im Prozess dar. Damit soll verhindert werden, dass der Unterricht auf die Ebene des Durchführens von Experimenten der damit verbundenen Zielsetzungen wie der Motivation von Schüler/innen oder der Vermittlung fachlicher Inhalte reduziert wird.

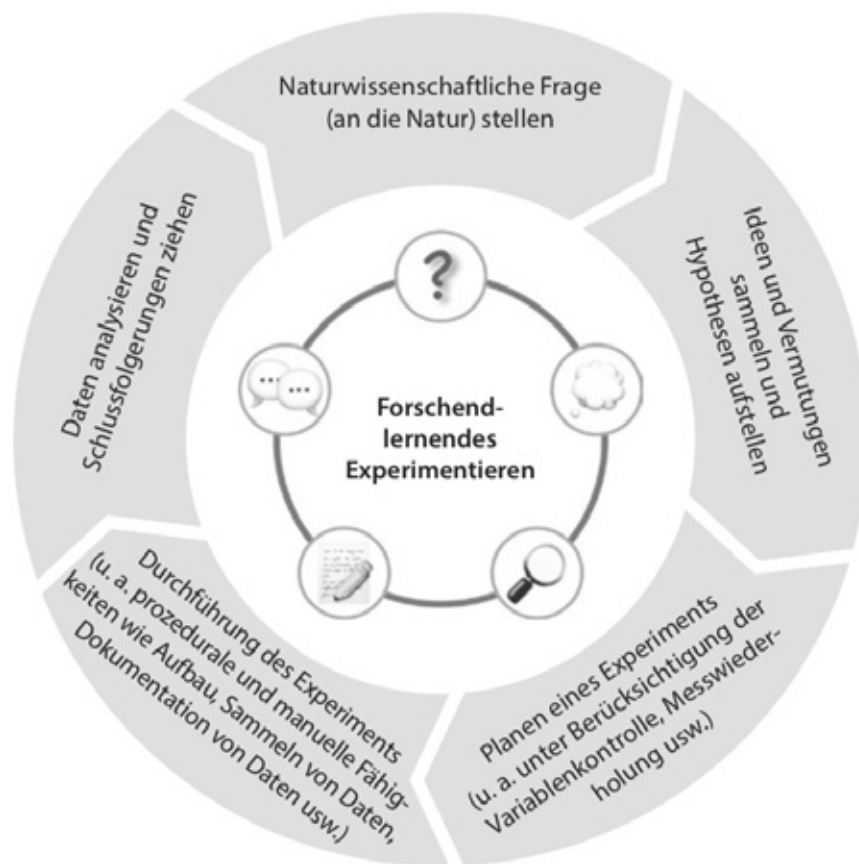
Im ersten Schritt werden Fragestellungen und Hypothesen formuliert, wobei die Schüler/innen dies in Abhängigkeit von ihrer Erfahrung mehr und mehr selbstständig tun sollten. Anknüpfend daran planen sie Experimente, führen diese durch und werten sie aus, um daraus im Idealfall erneute Fragestellungen abzuleiten oder zumindest Weiterentwicklungsmöglichkeiten zu skizzieren. Warum „Forschendes Lernen“ leichter in Schülerlaboren zu realisieren ist, zeigt sich an der Ausgestaltung

des Experiments. Es sollte möglichst ergebnisoffen angelegt sein (Arnold et al., 2014) und möglichst in parallelen Arbeitsgruppen durchgeführt werden, um eine breite Datenbasis zu generieren, die dann kritisch sowohl hinsichtlich der Prozesse und dabei aufgetretenen Fehler als auch hinsichtlich ihrer Ergebnisse diskutiert werden können. Damit kommt „Forschendes Lernen“ wissenschaftlichem Vorgehen recht nahe und erlaubt den Schüler/innen vergleichsweise tiefe Einblicke in naturwissenschaftliche Forschungsprozesse.

**Experimente machen und Experimentieren verstehen – ein Gegensatz?**

Die schulische Praxis und die Ergebnisse fachdidaktischer Forschung der letzten Jahre zeigen, dass die Durchführung von Experimenten und die Entwicklung eines Verständnisses für

eine der zentralen Erkenntnismethoden der heutigen Naturwissenschaften kein Gegensatz bleiben müssen. Es zeigt sich aber auch, dass viele unserer Schüler/innen den Schritt von der schematischen Bearbeitung von Experimentalaufgaben zu einem grundlegenden Verständnis von Experimentieren noch nicht bewältigt haben. Es bleibt also noch viel zu tun. **■**



Quelle: adaptiert von H. Weitzel

Abb. 3: Förderung naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung durch Forschendes Lernen (Kremer et al. 2019).

**Quellen:**

- **Arnold, J., Kremer, K., & Mayer, J. (2014):** Schüler als Forscher – Experimentieren kompetenz-orientiert unterrichten und beurteilen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU)*, 67(2), 83–91.
- **Hasse, S. & Hammann, M. (2016):** Erkenntnis gewinnen. Fehler beim Experimentieren kennen und verstehen. *Unterricht Biologie*, 417, 20-25.
- **Kremer, K., Möller, A., Arnold, J. & Mayer, J. (2019):** Kompetenzförderung beim Experimentieren. In J. Groß, M. Hammann, P. Schiemann & J. Zabel (Hrsg.) *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis*, S. 113-128. Springer: Berlin, <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58443-9>
- **Ministerium für Kultus, Jugend und Sport (2016):** Gemeinsamer Bildungsplan für die Sekundarstufe I. (Fächer Biologie, Chemie, NwT, Physik) <http://www.bildungsplaene-bw.de/Lde/Startseite>

**Unser Autor**



**Prof. Dr. Holger Weitzel** ist Professor für Didaktik Naturwissenschaftlichen Lernens an der PH Weingarten, Herausgeber der Zeitschrift *Unterricht Biologie*, Autor zahlreicher Veröffentlichungen, Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Professionalisierung von Lehrkräften, Optimierung naturwissenschaftlicher Lehr-Lern-Prozesse, Digitalisierung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Kontakt: [weitzel@ph-weingarten](mailto:weitzel@ph-weingarten)

**Impressum**

Die *Unterrichtspraxis* – Beilage zu „bildung und wissenschaft“, Zeitschrift der Gewerkschaft Erziehung und Wissenschaft Baden-Württemberg, erscheint unter eigener Redaktion achtmal jährlich.

Redaktion: Joachim Schäfer (verantwortlicher Redakteur), Karl-Heinz Aschenbrenner, Helmut Däuble und Nicole Neumeister  
 Anschrift der Redaktion: Joachim Schäfer, Meisenweg 10, 71634 Ludwigsburg, E-Mail: [unterrichtspraxis@gmx.de](mailto:unterrichtspraxis@gmx.de)  
 Dieses Heft kann auch online abgerufen werden: [www.gew-bw.de/unterrichtspraxis](http://www.gew-bw.de/unterrichtspraxis)

Gestaltung: Tomasz Mikusz, Süddeutscher Pädagogischer Verlag

Zur Mitarbeit sind alle Kolleginnen und Kollegen herzlich eingeladen. Manuskripte sollten direkt an die Redaktion der *Unterrichtspraxis* adressiert werden.