



Marcus Hammann · Roman Asshoff

# Schülervorstellungen im Biologieunterricht

Ursachen für Lernschwierigkeiten



Kallmeyer



Marcus Hammann | Roman Asshoff

# **Schülervorstellungen im Biologieunterricht**

**Ursachen für Lernschwierigkeiten**

**Klett | Kallmeyer**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

## **Impressum**

Marcus Hammann | Roman Asshoff  
Schülervorstellungen im Biologieunterricht  
Ursachen für Lernschwierigkeiten

1. Auflage 2023

Das E-Book folgt der Buchausgabe 5. Auflage 2023

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.

© 2014. Kallmeyer in Verbindung mit Klett  
Friedrich Verlag GmbH  
D-30159 Hannover  
Alle Rechte vorbehalten.  
[www.friedrich-verlag.de](http://www.friedrich-verlag.de)

Redaktion: Inka Klenke-Paul, Brilon  
E-Book Erstellung: Friedrich Verlag GmbH, Hannover

ISBN: 978-3-7727-9090-4

Marcus Hammann | Roman Asshoff

# **Schülervorstellungen im Biologieunterricht**

**Ursachen für Lernschwierigkeiten**

**Klett | Kallmeyer**

- 7 Vorwort
- 11 Zielstellungen
- 15 Schülervorstellungen: ein Überblick

## **26** Allgemeine Denkweisen

- 27 Teleologische Schülervorstellungen: Lassen sich biologische Strukturen mit ihren Zwecken erklären?
- 33 Anthropomorphismen: Warum wird die Natur vermenschlicht?
- 39 Naiver Realismus: Ist die Welt so, wie wir sie wahrnehmen?
- 45 Psychologischer Essentialismus: Besitzen Organismen unveränderliche Eigenschaften?

## **52** Schülervorstellungen zu **Kennzeichen** des Lebendigen

- 53 Kennzeichen des Lebendigen: Was denken Lernende?

## **60** Schülervorstellungen zu **NOS** (Natur der Naturwissenschaften)

- 61 Einführung
- 66 Was ist eine Theorie?
- 73 Wie stellen sich Lernende Naturwissenschaftler vor?
- 79 Wie experimentieren Naturwissenschaftler?
- 85 Welche Bedeutung haben Modelle für den Erkenntnisgewinn?
- 91 Biologisches Wissen – ein Produkt der Scientific Community?

## **96** Schülervorstellungen zur **Zellbiologie**

- 97 Einführung
- 102 Wie groß sind Zellen?
- 106 Wenn sich Teilchen bewegen ...
- 112 Die Geschwindigkeit der Diffusion
- 115 Wenn reife Kirschen platzen und Salat im Dressing welkt ...
- 120 Wenn sich Zellen teilen ...

## **128** Schülervorstellungen zum **Stoffwechsel**

- 129 Einführung
- 134 Unterscheidet sich die Ernährung von Pflanzen und Tieren?
- 141 Wie läuft die Photosynthese ab?
- 148 Atmen Pflanzen so wie Tiere?
- 152 Wozu dient die Atmung?
- 155 Kann Körpermasse einfach verschwinden?

## **160** Schülervorstellungen zur **Genetik**

- 161 Einführung
- 164 Was sind Gene und wie wirken sie?
- 170 Was wird vererbt?
- 176 Werden erworbene Merkmale vererbt?
- 181 Sind Gene allmächtig?

## **190** Schülervorstellungen zur **Ökologie**

- 191 Einführung
- 194 Denken Lernende systemisch?
- 199 Schülervorstellungen zum Ökosystem Wald
- 205 Stoff-Flüsse und funktionelle Gruppen in einem Ökosystem
- 211 Wer zersetzt organisches Material und was entsteht dabei?
- 216 Worauf ist der Klimawandel zurückzuführen?
- 221 Lebensgemeinschaften: immer gleich oder dynamisch wandelbar?

## **228** Schülervorstellungen zur **Evolution**

- 229 Einführung
- 232 Wie lässt sich Evolution erklären?
- 238 Was ist Anpassung im Kontext der Evolution?
- 241 Welchen Ursprung haben die heute existierenden Arten?
- 248 Wer wird resistent gegen Antibiotika – Menschen oder Bakterien?
- 252 Wie werden Tiere geordnet?

## **258** Schülervorstellungen zur **Humanbiologie**

- 259 Einführung
- 262 Was ist im Inneren des menschlichen Körpers?
- 266 Was passiert mit der Nahrung, die wir essen?
- 269 Wie bewegt sich das Blut in unserem Körper?
- 273 Wie entsteht das Bild vor den Augen?
- 278 Mikroorganismen: gut oder böse?
  
- 282 Literatur/Anregungen zum Weiterlesen
  
- 309 Quellenverzeichnis



## Vorwort

Zielstellung dieses Buches ist es, eine Auswahl wichtiger Schülervorstellungen zu biologischen Themen und Fragestellungen anschaulich und verständlich zu beschreiben. Dabei stehen die Schülervorstellungen selbst im Vordergrund, nicht der Unterricht. Die Ausführungen sollen es Lehrkräften ermöglichen, sich bei der Planung von Unterricht auf die beschriebenen Vorstellungen der Schüler zu beziehen und sie in der Praxis wiederzuerkennen. Die vorliegende Zusammenfassung basiert auf der Überzeugung, dass es notwendig ist, Schülervorstellungen zu kennen, um diese bereits bei der Planung von Biologieunterricht zu berücksichtigen. Gleichzeitig haben wir bei der Ausbildung angehender Lehrkräfte erfahren, dass Studierende Beschreibungen von Schülervorstellungen, welche einen Teil der Ergebnisse der Schülervorstellungsforschung darstellen, als interessant und bereichernd empfinden. Dies gilt mit Sicherheit auch für Biologielehrerinnen und -lehrer, die in ihrem eigenen Unterricht auf Schülervorstellungen gestoßen sind und sich eingehender mit diesen beschäftigen möchten.

Die Idee für dieses Buch entstand, als wir erkannten, dass eine aktuelle und umfassende Zusammenfassung wichtiger Schülervorstellungen für den Biologieunterricht fehlt. Auch im englischen Sprachraum wurden wir nicht fündig. Hierunter leidet die universitäre Lehrerausbildung, denn Wissen über Schülervorstellungen wird als wichtiges Element des Professionswissens angesehen. Auch für Biologielehrerinnen und Biologielehrer, die in der Schulpraxis stehen, ist das Wissen über Schülervorstellungen schwer zugänglich, zumal dieses über eine große Zahl einzelner Studien zerstreut ist. Reinders Duits Bibliografie zur Schülervorstellungsforschung (<http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/>), die bis 2009 geführt wurde, listet allein für die Biologie 1343 empirische Studien. Allein schon diese große Zahl erschwert es Lehrkräften, die im Berufsalltag stehen, die Originalstudien zu recherchieren und für die eigene Praxis auszuwerten.

Sehr wahrscheinlich sind einige der hier beschriebenen Schülervorstellungen vielen Lehrkräften neu. Umso wichtiger erschien es uns, für die Texte eine Form zu finden, mit der die Schülervorstellungen verständlich gemacht und umfassend erläutert werden können. Diese Notwendigkeit ist der Tatsache geschuldet, dass sich die Vorstellungswelten von Schülerinnen und Schülern nicht selbst erschließen. Häufig erscheinen sie auf den ersten Blick rätselhaft und fremd. Dazu trägt auch bei, dass die Erinnerung an die eigenen Schülervorstellungen bereits verblasst ist. Selten besteht in Studium, Referendariat und Berufstätigkeit zudem die Möglichkeit, sich intensiv mit Schülervorstellungen zu beschäftigen. Der Umgang mit den Inhalten der Biologie im Unterricht schärft zwar den Blick für die Lernschwierigkeiten eines Themas, dies führt aber nicht notwendigerweise zur Kenntnis von Schülervorstellungen, da diese auch die Ursache von Lernschwierigkeiten darstellen und nicht nur ihre Folge.

Bei der Erprobung verschiedener Darstellungsweisen erschien uns eine enzyklopädische Auflistung sämtlicher bekannter Schülervorstellungen in der Biologie wenig hilfreich, da sich weder Auflistungen noch knappe Beschreibungen eignen, um Schülervorstellungen verständlich zu machen. Vielmehr sind hierfür ausführliche Analysen und umfassende Erläuterungen hilfreich. Auch war es uns wichtig, Schülervorstellungen inklusive der zugrunde liegenden Denkweisen vor dem Hintergrund der fachlichen Vorstellungen zu diskutieren, um wichtige Unterschiede und Gemeinsamkeiten herauszustellen. Diesbezüglich zeigte sich nämlich bei der Arbeit mit Studierenden der Vorteil, dass die Schülervorstellungen an Kontur gewinnen, wenn man sie mit den fachlich richtigen Vorstellungen vergleicht.

Hinter der gewählten Form der Darstellung steht die Überzeugung, dass längere Beschreibungen von Schülervorstellungen notwendig sind, um sie zu verstehen – und dieses Verständnis ist (im nächsten Schritt) eine Voraussetzung für ihre angemessene Berücksichtigung im Biologieunterricht. Darüber hinaus sollte sichtbar werden, in welchen Kontexten sich die Schülervorstellungen zeigten und mit welchen Methoden sie hervorgebracht wurden. Daher wurden die Schülervorstellungen in den Zusammenhängen beschrieben, in denen sie erfasst wurden. Auf diese Art und Weise lassen die Texte erkennen, wie belastbar die Aussagen über die Schülervorstellungen sind und welche Methodenkritik geübt werden muss. Statt wie „in Stein gemeißelt“ erschienen uns Schülervorstellungen nämlich häufig als kontext- und methodenabhängig.

Neben der Art der Darstellung ist die Auswahl der Schülervorstellungen relevant. Schnell war uns klar, dass es unmöglich ist, in einem Buch alle Schülervorstellungen zu einem Thema differenziert zu beschreiben und mit Beispielen zu belegen. Dies ist aus mehreren Gründen unmöglich: Einer der wesentlichen Gründe wird durch die Interviewstudien offensichtlich, die häufig im Rahmen der qualitativen Schülervorstellungsforschung durchgeführt werden. Die Transkripte dieser Studien belegen, dass verschiedene Personen derselben Lerngruppe ganz unterschiedliche Vorstellungen zu denselben Fragen und Aufgaben äußern. Charakteristisch ist somit die große Vielfalt unterschiedlicher Vorstellungen. Häufig werden Schülervorstellungen in qualitativen Studien daher zu Denkfiguren gebündelt. Aber selbst eine Zusammenfassung aller beschriebenen Denkfiguren zu einem Thema wäre unserer Ansicht nach wenig effektiv für dieses Buch, weil sie den bestehenden Rahmen gesprengt hätte und weil wir weniger an Listen von Denkfiguren mit Belegzitate, als an eingehenderen Betrachtungen ausgewählter Schülervorstellungen interessiert waren. Liest man mehrere Interview-Transkripte, wird einem deutlich, dass es nicht leicht ist, Schülervorstellungen so zusammenzufassen, dass ihre Relevanz für den Biologieunterricht hervortritt.

Ein wesentliches Prinzip der Auswahl von Schülervorstellungen für dieses Buch bestand darin, dass sie sich in wesentlichen Aspekten von den fachlichen Vorstellungen unterscheiden und damit Ursachen für Lernschwierigkeiten darstellen. Ein Beispiel hierfür ist die Alltagserfahrung, dass Pflanzen besser wachsen, wenn man

sie düngt. Als Konsequenz denken viele Lernende, dass der Biomassezuwachs, der beim Pflanzenwachstum zu verzeichnen ist, aus festen Stoffen stammt, die in der Erde zu finden sind (und nicht maßgeblich aus dem Kohlenstoffdioxid und dem Wasser). Generell suchten wir nach Schülervorstellungen, die in ähnlicher Weise auf Alltagserfahrungen basieren und sich von den fachlichen Erklärungen unterscheiden. Häufig wurden wir fündig, beispielsweise, wenn Stoffe verschwinden (wie z. B. Körperfett beim Abnehmen), wenn Merkmale ungleich vererbt werden (die Nase vom Vater, die Haarfarbe von der Mutter), wenn sich das einzelne Teilchen zielgerichtet bewegt (und nicht zufällig) und wenn sich Organismen aktiv anpassen (und nicht angepasst werden).

Nicht immer gaben die Studien, die wir auswerteten, Auskunft über die Fragen, die wir für die vorliegende Zusammenfassung als wesentlich erachteten. Dies betrifft insbesondere Schülervorstellungen, die auf dem vorangegangenen Unterricht basieren. Eine wichtige Quelle von Schülervorstellungen ist nämlich der Biologieunterricht selbst. Allerdings wurde in den wenigsten Fällen systematisch untersucht, welche unterrichtlichen Ursachen Schülervorstellungen besitzen, die von den intendierten fachlichen Vorstellungen abweichen. Dies wäre aber für das vorliegende Buch aufschlussreich gewesen. In einem Fall wurde beispielsweise berichtet, dass die isolierte Betrachtung von Atomen im Physikunterricht und Zellen im Biologieunterricht zu der Vorstellung führte, dass Atome aus Zellen (nämlich Elektronen und Neutronen) bestehen (→ **Wie groß sind Zellen?**). Für die Praxis kann daher die Empfehlung ausgesprochen werden, unverbundene Wissenskompartimente zu vermeiden. Bei vielen weiteren Themen hätte uns die Beschreibung derartiger Zusammenhänge geholfen, die Diskussion der unterrichtlichen Konsequenzen der jeweiligen Schülervorstellung zu konkretisieren.

Darüber hinaus beobachteten wir, dass das Schwergewicht der Studien, die wir auswerteten, auf der Beschreibung von Schülervorstellungen liegt und nicht auf der Diskussion ihrer unterrichtlichen Konsequenzen. Eine umfangreiche Diskussion der unterrichtlichen Konsequenzen der Schülervorstellungsforschung und eine Beschreibung von Unterrichtsansätzen, die sich als wirksam erwiesen, wäre allerdings auch der Stoff für ein anderes Buch gewesen. Im Vordergrund steht in diesem Band die Beschreibung der Schülervorstellungen. Uns ist bewusst, dass die vorliegende Auswahl nur den Anfang einer eingehenden Beschäftigung mit Schülervorstellungen darstellt. Zudem ist in der vorliegenden Auswahl ein gewisser Grad der eigenen subjektiven Schwerpunktsetzung enthalten. Da auf Schülervorstellungen das exemplarische Prinzip nicht anwendbar ist (eine Schülervorstellung kann nicht stellvertretend für eine andere Schülervorstellung stehen), ist es wichtig, hierauf explizit hinzuweisen. Möglicherweise hätten andere Autoren andere Schwerpunkte gesetzt. Die Literatur zu den von uns dargestellten Schülervorstellungen ist sehr reichhaltig, sodass wir hier nur eine Auswahl treffen konnten. Das gilt auch für die Unterrichtsvorschläge zu den jeweiligen Thematiken, deren vollständige Berücksichtigung nicht möglich war.

Wir hoffen, mit diesem Buch dennoch eine Basis für eine breite Diskussion über Schülervorstellungen geschaffen zu haben und möchten diese anregen. Bedauernd haben wir nämlich beim Schreiben dieses Buches zur Kenntnis genommen, dass es zur Zeit zwei weitgehend unverbundene Wissensbestände über Schülervorstellungen gibt: Neben den internationalen und nationalen Publikationen, auf die wir uns in dieser Zusammenfassung fast ausschließlich berufen, verfügen Lehrkräfte über erfahrungsbasiertes Wissen, das aus dem eigenen Unterricht stammt. Dieses Wissen ist wertvoll, konnte aber nicht in die vorliegende Zusammenstellung einfließen. Eine Möglichkeit der Weiterentwicklung der Schülervorstellungsforschung besteht unserer Ansicht nach in der Zusammenführung forschungs- und erfahrungsbasierter Wissensbestände. Wir bitten daher die Leserinnen und Leser dieses Buches, uns ihre eigenen Erfahrungen mit Schülervorstellungen mitzuteilen. Wir haben hierfür die E-Mail-Adresse [schuelervorstellungen@uni-muenster.de](mailto:schuelervorstellungen@uni-muenster.de) eingerichtet. Darüber hinaus sollten alle, die an der Unterrichtsentwicklung beteiligt sind, nach Wegen suchen, wie das Wissen über Schülervorstellungen, das sich aus vielen Quellen speist, gemeinsam weiterentwickelt werden kann.

Wir sind für Unterstützung bei der Erstellung dieses Buches vielen Personen zu Dank verpflichtet. Insbesondere danken wir Prof. Dr. Bayrhuber für wertvolle Anmerkungen zu Teilen des Manuskripts. Wir danken auch unseren Kolleginnen und Kollegen am Zentrum für Didaktik der Biologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster für anregende Gespräche. Herrn Manfred Schniggendiller und Herrn Werner Lamkemeyer danken wir für die tatkräftige Unterstützung bei der Beschaffung der Literatur und für die Korrektur des Manuskripts. Ein besonderer Dank geht an unsere Studierenden. Sie vermittelten uns, wie wichtig ihnen eine Zusammenfassung wesentlicher Schülervorstellungen für die Vorbereitung auf die Schulpraxis wäre.

Marcus Hammann und Roman Asshoff

## Zielstellungen

Zeitgemäße Ansätze des Lehrens und Lernens basieren auf der Berücksichtigung von Schülervorstellungen. Durch die vorliegende Zusammenfassung empirischer Studien werden ausgewählte Schülervorstellungen sichtbar gemacht und damit Voraussetzungen geschaffen, den Biologieunterricht auf diese auszurichten. Zudem werden Aufgaben beschrieben, mit denen Schülervorstellungen hervorgerufen werden können, um Lernprozesse anzuregen und interessante Unterrichtsphasen zu gestalten.

### **Schülervorstellungen hervorrufen und für Lernprozesse nutzen**

Wie kein anderer Bereich biologiepädagogischer Forschung hat die Schülervorstellungsforschung in den letzten 50 Jahren Erkenntnisse erbracht, die den Biologieunterricht verändern können. Ihre Anliegen sind die Erfassung und Beschreibung von Schülervorstellungen, die Erarbeitung allgemeiner Strategien und konkreter Unterrichtsvorschläge zur Vermittlung fachlicher Inhalte unter Berücksichtigung von Schülervorstellungen und die empirische Überprüfung der Effektivität dieser Strategien und Ansätze.

Primäre Zielstellung dieses Buchs ist es, einen Zugang zu dem erstgenannten Anliegen der Schülervorstellungsforschung zu schaffen. Eine *Auswahl wichtiger Schülervorstellungen* wird hier in den Zusammenhängen beschrieben, in denen sie erfasst wurden. Zudem werden *Unterschiede zu den fachlichen Vorstellungen* herausgestellt sowie die *Bedeutung der Schülervorstellungen für den Biologieunterricht* diskutiert. Dabei werden auch *Aufgaben zur Hervorrufung von Schülervorstellungen* beschrieben. Die Texte sollen damit eine Basis schaffen, um die Schülervorstellungen bereits bei der Planung von Biologieunterricht zu berücksichtigen, um diesen auf eben diese Vorstellungen der Schüler auszurichten. Bestehende Unterrichtsansätze, mit denen Schülervorstellungen explizit berücksichtigt werden können, werden erwähnt. Das Schwergewicht der Texte liegt allerdings auf der Beschreibung von Schülervorstellungen und der Darstellung von Aufgaben, mit denen diese hervorgerufen werden können. Im Unterricht können diese Aufgaben Lernprozesse anregen und zur Diskussion über Schülervorstellungen genutzt werden.

### **Welche Relevanz hat die Hervorrufung von Schülervorstellungen?**

Die Darstellung der Schülervorstellungen richtet sich an Personen, die sich über diese informieren wollen: Biologielehrerinnen und -lehrer, Referendarinnen und Referendare sowie Studierende des Lehramts Biologie. Ihnen allen sollen die Texte helfen, wichtige Schülervorstellungen kennenzulernen und damit ihr Professionswissen zu erweitern. Dabei werden die Schülervorstellungen so konkret wie möglich beschrieben, sodass sie bei der Planung von Unterricht genutzt und in der Praxis wiedererkannt werden können. In den seltensten Fällen treten Schülervorstellungen in der Praxis nämlich zufällig zu Tage. Sie bleiben meistens im Verborgenen, ins-

besondere, wenn man sie nicht explizit hervorruft. So ist es möglich, die Themen des Biologieunterrichts in der Schule über Jahre hinweg zu unterrichten, ohne mit Schülervorstellungen in Kontakt zu treten.

Dies bedeutet aber nicht, dass es für die Planung, Durchführung und Auswertung von Biologieunterricht belanglos ist, ob man als Lehrerin und Lehrer die entsprechenden Schülervorstellungen kennt oder nicht. Vielmehr wurde sehr gut dokumentiert, dass die Lernenden ihre alten Vorstellungen zur Erklärung naturwissenschaftlicher Phänomene nutzen, wenn man ihnen keine Gelegenheit gibt, die neuen fachlichen Vorstellungen explizit zu den bereits bestehenden Schülervorstellungen in Bezug zu setzen. Lernprozesse müssen hierfür gezielt auf Schülervorstellungen ausgerichtet werden und Gelegenheit zur Reflektion über eben diese bieten.

Ein weiterer wesentlicher Befund der Schülervorstellungsforschung ist in diesem Kontext relevant, besonders wenn es sich dabei um tief verankerte handelt, die sich in vielen Situationen des täglichen Lebens als tragfähig erwiesen haben. Schülervorstellungen lassen sich nicht durch fachliche Vorstellungen ersetzen, korrigieren oder „auslöschen“. Vielmehr bedarf es wiederholter Anstrengungen, diese zu verändern. Dabei wird an bestehende Schülervorstellungen angeknüpft und aus ihnen heraus ein neues, fachlich angemesseneres Verständnis aufgebaut. Manchmal erscheinen Schülervorstellungen sogar instruktionsresistent. So ist es eine zeitgemäße Auffassung über das Lernen in den Naturwissenschaften, dass die neu erworbenen fachlichen Vorstellungen von den Lernenden zusätzlich abgespeichert werden, ohne diese zu ersetzen. Man spricht daher heute also eher von einer Koexistenz unterschiedlicher Vorstellungen bzw. einem kontextspezifischen Wandel als von einem Konzeptwechsel. Daher ist es notwendig, dass sich die Lernenden der Unterschiede zwischen den neuen Vorstellungen und den bereits bei ihnen bestehenden Vorstellungen bewusst werden. In fachlichen Kontexten können dann die fachlichen Vorstellungen genutzt werden und in Alltagskontexten die alten Schülervorstellungen. Gelernt wird somit die Fähigkeit, verschiedene Vorstellungen angemessen zu verwenden.

Vor diesen Hintergründen besitzt die Hervorrufung von Schülervorstellungen, die ein Kernanliegen dieses Buches darstellt, Vorteile für das Lernen im Biologieunterricht: Werden die Leserinnen und Leser dieses Buches durch die beschriebenen Methoden und Aufgaben angeregt, Schülervorstellungen im eigenen Unterricht hervorzurufen, können sich die Schülerinnen und Schüler ihrer eigenen Vorstellungen bewusst werden und sie im Sinne konstruktivistischer Lerntheorien für Lernprozesse nutzen. Auf diese Weise können die Lernenden erkennen, welche Vorstellungen in welchem Kontext angemessen sind. In diesem Zusammenhang sei darauf verwiesen, dass die Schülervorstellungen, die hier in 40 Kapiteln dargestellt werden, in der Realität varianten- und facettenreicher auftreten, da jeder Schritt der Zusammenfassung empirischer Ergebnisse eine Reduktion beinhaltet. Bei der vorliegenden Zusammenfassung liegen mindestens zwei Reduktionsschritte vor, denn auch in den Originalstudien wurden die Schülervorstellungen abstrahierend wiedergege-

ben. Auch deshalb werden die Schülervorstellungen in den Zusammenhängen beschrieben, in denen sie erfasst wurden. Der Einfluss der Erhebungsmethode auf die Forschungsergebnisse wird bei dieser Darstellungsart deutlich, insbesondere wenn Schülervorstellungen mit mehreren Methoden erhoben wurden und dabei unterschiedliche Facetten der Schülervorstellungen klar hervortraten.

Darüber hinaus wird es den interessierten Lesern durch die kombinierte Darstellung von Schülervorstellungen und Erhebungsmethoden möglich, geeignete Aufgaben zur Hervorrufung von Schülervorstellungen im eigenen Unterricht einzusetzen. So können interessante Unterrichtsaktivitäten entstehen und die Lehrerinnen und Lehrer gewinnen Einblicke in die Denkweisen ihrer Lernenden. Auf dieser Grundlage können sie Entscheidungen über die weiteren unterrichtlichen Schritte treffen. Damit dienen die Aufgaben und Unterrichtsaktivitäten auch der formativen Evaluation, d. h. der Gewinnung von Informationen über Zwischenergebnisse von Lernprozessen, die zur weiteren Unterrichtsplanung genutzt werden können.

#### **Welche Schülervorstellungen wurden ausgewählt?**

Schülervorstellungen wurden aus einer Fülle empirischer Studien ausgewählt, ohne dass sie in ihrer ganzen Komplexität und Vielfalt wiedergegeben werden konnten. Dazu sind die Vorstellungswelten zu individuell und reichhaltig. Jeder Versuch einer enzyklopädischen Übersicht muss daher scheitern. Vielmehr wurden Schülervorstellungen ausgesucht, die in wesentlichen Aspekten den fachlichen Vorstellungen entgegengesetzt sind und aus unterschiedlichen biologischen Themengebieten stammen, die für den Biologieunterricht relevant sind. Dabei wurde auch der große Bereich der Natur der Naturwissenschaften berücksichtigt, der seit vielen Jahren wesentliche Innovationen in den Unterricht gebracht hat und auch in Deutschland zunehmend Beachtung findet. Weiterhin wurden Schülervorstellungen ausgewählt, die in mehreren unabhängigen Studien und mit möglichst unterschiedlichen Methoden erfasst wurden, um eine belastbare empirische Grundlage für die Berücksichtigung von Schülervorstellungen im Biologieunterricht zu schaffen.

#### **Was können die Leserinnen und Leser von den Texten erwarten?**

Mit der getroffenen Auswahl an Schülervorstellungen und ihrer problemorientierten Beschreibung hoffen die Autoren, Orientierung und Anregung für die Praxis zu geben, denn es werden Schülervorstellungen beschrieben, deren Berücksichtigung schon aufgrund der Distanz zu den fachlichen Vorstellungen ratsam erscheint. Beispiele hierfür sind die Vorstellungen der Merkmalsvererbung, der inversen Respiration und der Anpassungsnotwendigkeit. Vorab werden übergreifende Denkweisen beschrieben, nämlich Anthropomorphismen, teleologische Vorstellungen, Essentialismus und naiver Realismus. Kenntnis dieser Denkweisen erweist sich als relevant für das Verständnis der anschließenden Darstellungen von Schülervorstellungen, die thematisch gruppiert wurden, um den Einsatz des Buches in der Praxis zu erleichtern.

Die Texte sollen anregen, sich mit Schülervorstellungen näher zu befassen. Hinweise auf weiterführende Literatur finden sich daher am Ende des Buchs. Der Fokus der Texte liegt auf der Beschreibung von Schülervorstellungen und auf den Aufgaben zu ihrer Diagnose. Darüber hinaus beinhaltet die Berücksichtigung von Schülervorstellungen im Unterricht viele Aspekte, die in dem vorliegenden Buch auch erwähnt, aber manchmal leider nur gestreift werden können, beispielsweise die Erzeugung eines kognitiven Konflikts zwischen Schülervorstellungen und fachlichen Vorstellungen, die Umstellung und Neuakzentuierung von Themen und die Überprüfung bewährter Vorgehensweisen vor dem Hintergrund der Frage, ob sich Schülervorstellungen verändert haben. Das Buch soll anregen, hierüber nachzudenken und die entsprechenden Erfahrungen in der Praxis zu sammeln. Es soll weiterhin neugierig machen, den eigenen Unterricht auf Schülervorstellungen auszurichten, denn es sind faszinierende Momente, wenn es gelingt, Schülervorstellungen hervorzurufen und für Lernprozesse zu nutzen.

## Schülervorstellungen: ein Überblick

Der Begriff *Schülervorstellungen* bezeichnet ganz allgemein die *Vorstellungen von Lernenden zu Phänomenen und Begriffen* (Häußler u. a. 1998). Häufig werden auch die Begriffe *Alltagsvorstellungen*, *lebensweltliche Vorstellungen* und *Lernerperspektiven* verwendet, manchmal auch der Begriff *Präkonzepte*. Schülervorstellungen werden im Rahmen konstruktivistischer Lerntheorien als Anknüpfungspunkte für das Lernen im Unterricht betrachtet. Ihre Kenntnis ist wichtig für das Lehren und Lernen im Biologieunterricht (Kattmann 2007a). Aus dem Vergleich von vorunterrichtlichen Schülervorstellungen und fachlichen Vorstellungen kann sich ergeben, dass die Lernenden über ein Phänomen ganz anders denken als die Fachwissenschaftler. Es existieren aber auch vorunterrichtliche Schülervorstellungen, die den fachwissenschaftlichen Vorstellungen ähneln. In beiden Fällen können Schülervorstellungen als Anknüpfungspunkte für das Lernen im Unterricht genutzt werden. Prinzipiell gilt, dass Schülervorstellungen bei der Planung, Durchführung und Auswertung des Unterrichts berücksichtigt werden sollten.

### Vorunterrichtliche Schülervorstellungen

Als wichtige Quellen von vorunterrichtlichen Schülervorstellungen gelten die *Erfahrungen* und die *Sprache des Alltags* (Häußler u. a. 1998). Vorunterrichtliche Schülervorstellungen können beispielsweise bei Kindern beobachtet werden, die noch nicht in der Schule waren. Bereits im Vorschulalter machen Kinder die Erfahrung, dass Pflanzen wachsen und Wasser aufnehmen. Sie nutzen diese Beobachtung, um Pflanzen von unbelebten Objekten zu unterscheiden. Kinder besitzen daher die vorunterrichtliche Schülervorstellung, dass Pflanzen Lebewesen sind (→ **Kennzeichen des Lebendigen: Was denken Lernende?**). An diese fachlich zutreffende Schülervorstellung kann angeknüpft werden, beispielsweise wenn die Kennzeichen des Lebendigen unterrichtet werden. Allerdings denken Lernende auch, dass die Pflanzen sämtliche Stoffe, die für die Biomassezunahme beim Wachstum notwendig sind, dem Boden entnehmen (→ **Ernähren sich Pflanzen wie die Tiere?**). Sie besitzen somit die fachlich unzutreffende vorunterrichtliche Schülervorstellung, dass sich die Pflanzen (wie die Menschen) heterotroph ernähren.

### Ermittlung des Lernbedarfs

Durch die genaue Beschreibung von vorunterrichtlichen Schülervorstellungen und ihren Vergleich mit den fachlichen Vorstellungen lässt sich der *Lernbedarf* für ein Thema ermitteln (Leach / Scott 2002; 2003). Dies soll am Beispiel der oben erwähnten Schülervorstellung erläutert werden, dass auch Pflanzen Lebewesen sind. Da diese Schülervorstellung der fachwissenschaftlichen Vorstellung ähnelt, könnte man denken, dass die Schülervorstellungsforschung keinen Lernbedarf für dieses Thema ergab. Man befragte Lernende, die Pflanzen als Lebewesen klassifizierten, woran sie denn erkennen, ob es sich um Lebewesen handeln würde. Dabei nannten sie kon-

krete Lebensäußerungen und keine allgemeinen Kennzeichen des Lebendigen, wie speziell, dass Pflanzen blühen. Kennzeichen des Lebendigen gelten aber für alle Lebewesen und liegen daher auf einer anderen Abstraktionsebene als die Lebensäußerungen. Es handelt sich bei den Kennzeichen des Lebendigen z. B. um Stoffwechsel und Reproduktion. Durch den Vergleich von Schülervorstellungen und fachlichen Vorstellungen wurde somit der Lernbedarf deutlich, dass zwischen spezifischen Lebensäußerungen einzelner Organismen und den allgemeinen Kennzeichen des Lebendigen unterschieden werden muss (→ **Kennzeichen des Lebendigen: Was denken Lernende?**).

Bei der Ermittlung des Lernbedarfs können *Vorhersagen über Lernwege* gemacht werden, die von den Schülerinnen und Schülern beschritten werden müssen: Stehen sich vorunterrichtliche Vorstellungen und fachliche Vorstellungen konträr gegenüber, kann man *diskontinuierliche Lernwege* erwarten. Die Lernenden müssen dann ihre Vorstellungen vollständig rekonstruieren. Dies ist beispielsweise bei Stoffvernichtungsvorstellungen der Fall. Lehrkräfte können dabei versuchen, einen *kognitiven Konflikt* bei den Lernenden hervorzurufen. Nach der *Conceptual Change Theorie* müssen nämlich bestimmte Bedingungen herrschen, damit die Lernenden ihre Vorstellungen rekonstruieren (Krüger 2007). Hierzu gehört u. a., dass die Lernenden mit ihren eigenen Vorstellungen *unzufrieden* werden. Weiterhin muss die neue Vorstellung *verständlich* sein. Man muss mit ihr *Probleme lösen* können und sie muss auf andere Bereiche *anwendbar* sein.

Liegen bei den Schülervorstellungen hingegen Anknüpfungspunkte für die fachlichen Vorstellungen vor, sind *kontinuierliche Lernwege* möglich. Aufgrund von Übereinstimmungen reichen kleinere Erweiterungen und Veränderungen aus. Beispielsweise zeigte sich bei der Analyse von Schülerzeichnungen zum Blutkreislauf, dass ein einfacher Kreislauf gezeichnet wurde, ohne dass der Lungenkreislauf berücksichtigt wurde (→ **Wie bewegt sich das Blut in unserem Körper?**). Schülervorstellungen müssen in diesem Fall nicht völlig umstrukturiert werden, sondern können erweitert werden. Dies ist ebenfalls der Fall, wenn jüngere Kinder einen Magen in den Körperumriss eines Menschen einzeichnen, der über die Speiseröhre mit dem Mund verbunden ist, aber keine Verbindung zum Darm besitzt (→ **Was passiert mit der Nahrung, die wir essen?**).

Kenntnisse über vorunterrichtliche Schülervorstellungen werden darüber hinaus genutzt, um ein Thema umfassend *didaktisch zu rekonstruieren*. Hierfür wurde das *Modell der Didaktischen Rekonstruktion* entwickelt (Kattmann u. a. 1997; Kattmann 2007b). Dieser Rahmen für fachdidaktische Forschung und Entwicklung umfasst die drei Komponenten der fachlichen Klärung, der Beschreibung von Schülervorstellungen und der didaktischen Strukturierung. Übergeordnete Zielstellung ist dabei die Suche nach Wegen „wie die Lernerperspektiven und die fachlich geklärten Vorstellungen der Wissenschaftler so zu einem unterrichtlichen Wissen zusammengebracht werden können, dass fruchtbares und sinnvolles Lernen möglich wird“ (Gropengießer 2003, S. 12). Eine große Zahl der Schülervorstellungen, über die in diesem

Buch berichtet wird, beruht auf Interviewstudien, die im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion durchgeführt wurden. Analysen von Schülervorstellungen zum Sehen ergaben beispielsweise den Lernbedarf, dass das Sehen als funktionale Leistung des Gehirns begriffen werden sollte (Gropengießer 1997). Es wurde nämlich die naiv-realistische Schülervorstellung ermittelt, dass wir die Welt genau so wahrnehmen, wie sie ist (→ **Wie entsteht das Bild vor den Augen?**).

### **Tief verankerte Schülervorstellungen**

Der Begriff der vorunterrichtlichen Schülervorstellungen darf nicht missverstanden werden. Vorunterrichtliche Schülervorstellungen sind nicht nur bei Kindern im Vorschulalter zu beobachten, sondern auch bei älteren Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen. Sie sind vielmehr dadurch gekennzeichnet, dass sie *tief verankert* und deshalb *schwer veränderbar* sind. Sie haben sich im Alltag bewährt und stellen eine vertraute Sicht der Umwelt dar. Ein Beispiel hierfür ist die Stoffvernichtungsvorstellung, dass Stoffe verschwinden und nicht in Stoffkreisläufen erhalten bleiben (→ **C Kann Körpermasse einfach verschwinden?**). Häufig wird im Unterricht die Erfahrung gemacht, dass derartige tief verankerte Vorstellungen durch den Unterricht nicht (oder nur teilweise) verändert werden. Es wird auch berichtet, dass die Lernenden ihre vorunterrichtlichen Vorstellungen komplett beibehalten und nur in bestimmten Kontexten auf die neuen Vorstellungen zurückgreifen. Man spricht von einer *kontextspezifischen* Verwendung unterschiedlicher Vorstellungen. Damit ist beispielsweise gemeint, dass die vorunterrichtlichen Vorstellungen in Alltagskontexten und die fachlichen Vorstellungen in naturwissenschaftlichen Kontexten (z. B. im Biologieunterricht) gebraucht werden.

Prinzipiell ist eine derartige *Zweisprachigkeit* nicht problematisch, sofern die Vorstellungen kontextspezifisch angemessen verwendet werden (Gebhard 2005). Schließlich sagen selbst naturwissenschaftlich gebildete Personen im Alltag, dass die Sonne auf- und untergeht, obwohl sie den Sachverhalt genau kennen. Im Alltag wird Farbe auch als Eigenschaft eines Gegenstandes begriffen („Der Pullover ist rot.“), obwohl Physiker Farbe als Eigenschaft der Wechselwirkungen zwischen einfallendem Licht und Oberflächenstruktur des Gegenstandes sehen. Auch Evolutionsbiologen sprechen davon, dass Tiere sich im Verlauf der Evolution anpassen. Es ist somit ein Wesen unserer Alltagssprache, dass sie Denkweisen reflektiert, die den fachwissenschaftlichen Vorstellungen widersprechen. Es kann auch nicht erwartet werden, dass wir die Sprache des Alltags – aufgrund unseres naturwissenschaftlichen Verständnisses – komplett ändern. Wichtig ist aber die Fähigkeit, aufgrund des fachwissenschaftlichen Verständnisses Abstand von der Alltagssprache und ihren Metaphern nehmen zu können, wenn es die Situation erfordert.

### **Ursachen für Lernschwierigkeiten**

Häufig stehen die Kategorien, mit denen Naturwissenschaftler Phänomene erklären, im Gegensatz zu den Denkweisen des Alltags. Dies macht es besonders schwie-

rig, fachwissenschaftliche Vorstellungen zu erwerben und angemessen zu verwenden. Verschiedene Beispiele aus der Biologie, Chemie und Physik können angeführt werden, um dies zu erläutern. Im Alltag wird Kraft als eine Fähigkeit angesehen, die ein Lebewesen oder eine Maschine besitzt und die auf einen anderen Gegenstand ausgeübt wird (z. B. einen Verschluss kraftvoll verschließen). In der Physik wird Kraft hingegen als Wechselwirkung zwischen Körpern verstanden. Im Alltag besteht ferner die Vorstellung, dass Stoffe in Energie umgewandelt werden können. Energie wird dabei als etwas Stoffliches gedacht. In den Naturwissenschaften wird im Gegensatz hierzu zwischen Energieträger und Energie unterschieden. Die Beispiele zeigen, dass in den naturwissenschaftlichen Fächern für die Erklärung vieler Phänomene Kategorien erworben werden müssen, die sich von den Kategorien des Alltags unterscheiden bzw. im Alltag nicht existieren.

Im Kontext der Diffusion gelang es, den Vergleich zwischen fachlichen Vorstellungen und Schülervorstellungen zu nutzen, um Vorhersagen darüber zu treffen, wie schwer es den Lernenden fallen wird, die fachlich angemessenen Vorstellungen zu erwerben (Chi 2005). Speziell wurde die Überlegung angestellt, dass der Erwerb von fachlichen Vorstellungen zur Diffusion einen *Kategorienwechsel* erfordern dürfte, weil den Schülern Konzentrationsausgleich durch zufällige Teilchenbewegung (*diskontinuierlicher Lernweg*) aus dem Alltag nicht geläufig sein sollte, im Gegensatz zu einem gerichteten Transport durch Konvektion (*kontinuierlicher Lernweg*). Diese Vorhersage wurde anschließend empirisch überprüft. Es zeigte sich, dass es den Lernenden leichter fiel, die fachlich angemessenen Vorstellungen zum Blutkreislauf zu erwerben als jene zur Diffusion. Viele Schülerinnen und Schüler erklärten nach dem Unterricht das Phänomen der Diffusion immer noch als einen zielgerichteten Prozess. Beim Blutkreislauf waren fachlich unzutreffende Schülervorstellungen nach dem Unterricht weniger häufig zu beobachten. Damit konnte empirisch belegt werden, dass vorunterrichtliche Schülervorstellungen eine Ursache für Lernschwierigkeiten darstellen.

Allgemein sind es die Phänomene und Begriffe, die außerhalb des Erfahrungsbereichs der Lernenden liegen, die schwer zu verstehen sind. Speziell sind es die im Alltag unbekannt Phänomene, die mit naturwissenschaftlichen Kategorien erklärt werden. Schülervorstellungen resultieren dann aus einer unsachgemäßen Übertragung von vorunterrichtlichen Vorstellungen aus einem bekannten Bereich (z. B. zielgerichtetes Handeln) auf einen unbekannt Bereich, in dem andere Gesetzmäßigkeiten gelten (z. B. zufällige Teilchenbewegung).

### **Nicht alle Schülervorstellungen sind vorunterrichtlich**

Eine weitere wichtige Quelle von Schülervorstellungen ist der vorangegangene Unterricht (Häußler u. a. 1998, S. 176). Man sollte in diesem Fall allerdings nicht von vorunterrichtlichen Schülervorstellungen sprechen, sondern von *Schülervorstellungen, die auf unbeabsichtigten Wirkungen des Unterrichts beruhen*. Hierfür schlagen wir die Bezeichnungen *Unterrichtsvorstellungen* (in Analogie zu „Alltagsvorstellungen“) bzw.

*unterrichtsbedingte Vorstellungen* (in Analogie zu „lebensweltliche Vorstellungen“) vor. Hans-Dieter Barke (2006) spricht in diesem Kontext nicht ganz unberechtigt von hausgemachten Schülervorstellungen. Beispiele für unterrichtsbedingte Vorstellungen werden in den folgenden Kapiteln gegeben. So unterrichtete man die Lernenden zunächst über die Struktur der Materie, dann über Zellen als kleinste Einheiten des Lebens. Diese beiden Themen wurden in kurzen Einheiten unterrichtet, die nicht aufeinander bezogen wurden (additives Lernen). Nach dem Unterricht konnte man die unterrichtsbedingte Schülervorstellung beobachten, dass Atome aus Zellen bestehen (→ **Wie groß sind Zellen?**). Das Beispiel verdeutlicht, dass es sich hier nicht um eine vorunterrichtliche Schülervorstellung handeln kann, zumal die Alltagserfahrungen in diesem Bereich fehlen.

Die Unterscheidung zwischen vorunterrichtlichen Schülervorstellungen und Schülervorstellungen, die auf vorangegangenem Unterricht beruhen, ist bedeutsam. Es müssen nämlich unterschiedliche Schlussfolgerungen gezogen werden. Nur bei den vorunterrichtlichen Schülervorstellungen ist es möglich, durch einen Vergleich von Schülervorstellungen und fachlichen Vorstellungen den Lernbedarf für ein Thema zu ermitteln. Bei den Schülervorstellungen, die auf unbeabsichtigten Wirkungen des Unterrichts beruhen, müssen die Schlussfolgerungen den Unterricht betreffen.

Dies soll an einem Beispiel illustriert werden: Einige Lernende denken, dass Zwei-Chromatid-Chromosomen nach der Befruchtung der Eizelle entstehen, indem sich ein mütterliches und ein väterliches Ein-Chromatid-Chromosom aneinander lagern und ein Zwei-Chromatid-Chromosom bilden (→ **Wenn sich Zellen teilen ...**). Fachlich korrekt ist, dass Zwei-Chromatid-Chromosomen durch identische Reduplikation aus Ein-Chromatid-Chromosomen in der Interphase des Zellzyklus entstehen. Die Ursachen dieser Schülervorstellung lassen sich nicht eindeutig festlegen. Vermutungen sollten sich aber auf den vorangegangenen Unterricht beziehen. Möglicherweise waren die Vorgänge während der Interphase des Zellzyklus den Lernenden nicht eindeutig genug erklärt worden oder sie waren ihnen nicht mehr präsent. Stattdessen zogen die Lernenden den ihnen vertrauten Aspekt der „Verschmelzung“ des mütterlichen und väterlichen Erbguts bei der Befruchtung heran. Vielleicht war den Lernenden beim Unterricht zur Befruchtung nicht deutlich geworden, welche Strukturen „verschmelzen“. Möglich ist auch, dass die Metapher der Verschmelzung unangemessen oder irreführend ist. Das Denken in Metaphern ist für die Forschung an vorunterrichtlichen Schülervorstellungen bedeutsam und ist Gegenstand intensiver Forschung (vgl. Gropengießer 2003; 2007).

### **Allgemeine und spezielle Schülervorstellungen**

Eine weitere wichtige Unterscheidung betrifft die Frage, ob sich eine Schülervorstellung auf eine große Anzahl von Phänomenen und Begriffen bezieht oder nur auf sehr wenige. Begrifflich wird daher zwischen *allgemeinen* und *speziellen* Schülervorstellungen unterschieden (Häußler u. a. 1998, S. 177). Die Schülervorstellung des *nai-*

*ven Realismus* wird explizit als allgemeine Schülervorstellung bezeichnet, da sie eine große Zahl unterschiedlicher Aspekte zur Natur und Reichweite der Naturwissenschaften betrifft (Häußler u. a. 1998, S. 177). In der Biologie bezieht sich die Schülervorstellung des naiven Realismus allerdings nicht nur auf erkenntnistheoretische Fragen, sondern auch auf die Sinneswahrnehmung. Naive Realisten denken, dass man die Welt so wahrnehmen kann, wie sie ist, und dass naturwissenschaftliche Erkenntnis ein Abbild der Wirklichkeit ist (→ **Naiver Realismus: Ist die Welt so, wie wir sie wahrnehmen?**). Als weitere allgemeine Aspekte werden in diesem Band *teleologisches Denken*, *Anthropomorphismen* und *der psychologische Essentialismus* ausgewiesen. Sie werden am Anfang vorgestellt und allgemein charakterisiert. Die speziellen Schülervorstellungen schließen sich dann thematisch gegliedert an. Sie betreffen verschiedene Themen und Fragestellungen des Biologieunterrichts zur Zellbiologie, Stoffwechselphysiologie, Genetik, Ökologie, Evolution und Humanbiologie.

### **Welche Schülervorstellungen sind vorunterrichtlich?**

In einer zusammenfassenden Darstellung von Schülervorstellungen kann eine Kennzeichnung, welche der vorgestellten allgemeinen und speziellen Schülervorstellungen vorunterrichtlich sind, berechtigt erwartet werden. Zwei Aspekte sind in diesem Zusammenhang bemerkenswert: Erstens unterscheiden die Autoren der Studien, die für die vorliegende Zusammenstellung genutzt wurden, selten zwischen vorunterrichtlichen Schülervorstellungen und unbeabsichtigten Wirkungen des vorangegangenen Unterrichts. Zweitens vermitteln viele Diagnosestudien zu biologie-didaktisch relevanten Themen den Eindruck, dass keine vorunterrichtlichen Schülervorstellungen beschrieben wurden, sondern unbeabsichtigte Wirkungen des Unterrichts. In denselben Studien fehlen zudem häufig genauere Angaben zu Art, Umfang und Durchführung des vorangegangenen Unterrichts. In diesen Fällen ist es unmöglich, konkrete Empfehlungen abzuleiten, wie unbeabsichtigte Wirkungen des Unterrichts vermieden werden können.

Die Ergebnisse psychologischer Forschung sind besonders aussagekräftig hinsichtlich der Frage, welche der hier vorgestellten Schülervorstellungen vorunterrichtlich sind. Als vorunterrichtliche Schülervorstellungen gelten u. a.:

- Anthropomorphismen (z. B. Piaget 1992),
- teleologisches Denken (z. B. Keleman 1999),
- psychologischer Essentialismus (z. B. Gelman 2003),
- Schülervorstellungen zu den Kriterien des Lebendigen (z. B. Inagaki/Hatano 1996; Richards/Siegler 1986) und
- Schülervorstellungen zur Humanbiologie, z. B. zur Vererbung (Springer/Keil 1989).

In der psychologischen Literatur ergaben sich diese Hinweise auf vorunterrichtliche Vorstellungen, weil sich Entwicklungspsychologen fragen, ab wann Kinder ein Ver-

ständnis biologischer Phänomene besitzen. In diesem Zusammenhang wird nicht von vorunterrichtlichen Schülervorstellungen gesprochen, sondern von „distinct biological domain“, „rudimentary biology“ und „biologically specific beliefs“ (Keleman 1999, S. 462; Springer/Keil 1989, S. 637). Als ein wesentlicher Befund gilt, dass Kinder den menschlichen Körper und seine Funktionen zunächst vor allem psychologisch und sozial (und nicht biologisch) begreifen (Carey 1985). Andere Ergebnisse belegen, dass bereits bei Kindern im Vorschulalter Denkweisen und Vorstellungen anzutreffen sind, die man als biologiespezifisch bezeichnen kann. Diese müssen allerdings nicht fachlich korrekt sein.

Beispielsweise wurden die Vorstellungen sehr junger Kinder zur Vererbung untersucht (Springer/Keil 1989). Kinder im Vorschulalter besitzen die Vorstellung, dass Merkmale, die eine Funktion besitzen, eher vererbt werden als Merkmale ohne eine Funktion. Entscheidend ist dabei, dass die Kinder ihr Urteil davon abhängig machen, ob es sich um biologische Funktionen handelt (und nicht um soziale bzw. psychologische). Dies wird als ein Hinweis auf die Tatsache gewertet, dass Kinder bereits im Vorschulalter über biologische Vorstellungen verfügen, die sich klar von sozialen und psychologischen Vorstellungen unterscheiden.

Darüber hinaus wurden die folgenden vorunterrichtlichen Schülervorstellungen in der fachdidaktischen Forschung beschrieben:

- Naiver Realismus (z. B. Carey u. a. 1989; Grygier 2008),
- Stoffvernichtungsvorstellungen (z. B. Barke 2006) und
- Schülervorstellungen zur Pflanzenernährung (Leach u. a. 1996).

Zusätzlich hat die Analyse von Metaphern und verkörperten Erfahrungen ergeben, dass es Schemata gibt, die auf frühkindlichen Erfahrungen beruhen, und die beim Erklären naturwissenschaftlicher Phänomene angewendet werden (Gropengießer 2003). Auf das Teilungs-Schema wird beispielsweise in → **Wenn sich Zellen teilen ...** eingegangen. Bei der Analyse von Schülervorstellungen zur Zellteilung zeigte sich, dass die Lernenden denken, dass das makroskopisch sichtbare Wachstum einer Pflanze allein durch Zellteilung (und nicht auch durch Zellvergrößerung) erklärt werden kann. Dabei wird ein Teilungsschema des Alltags aktiviert. Dieses Schema besitzt den verborgenen Aspekt, dass „mehr werden“ (bezogen auf die Anzahl der Teile) nicht auch „größer werden“ (bezogen auf die Gesamtgröße der Teile, wenn man sie zusammenlegt) bedeutet. Auch bei der Diffusion spielt ein Schema eine Rolle, wenn intentionale Schülervorstellungen auftreten: das Start-Ziel-Schema. Obwohl die Lernenden im Alltag vielleicht noch nichts von Zellteilung und Diffusion gehört haben mögen, kann man durch die Analyse der verwendeten Schemata vorunterrichtliche Schülervorstellungen zur zielgerichteten Bewegung der Teilchen erkennen.

Im Übrigen wurden keine vorunterrichtlichen Schülervorstellungen zum Vitalismus gefunden (Miller/Bartsch 1997). Vitalismus bezeichnet hier die Vorstellung, dass beispielsweise die Organe des Menschen über eigene Wirkkräfte verfügen. Ge-

mäß vitalistischer Vorstellungen schlägt das Herz, weil es „hart daran arbeitet, Leben und Energie mit dem Blut in den Körper zu schicken“ (Miller / Bartsch 1997, S. 156).

### **Weitere Merkmale von Schülervorstellungen**

*Schülervorstellungen sind kulturell bedingt.* Einige Schülervorstellungen können auf die Landessprache zurückgeführt werden. Ein Beispiel hierfür wird im Kapitel „Kennzeichen des Lebendigen: Was denken Lernende?“ beschrieben. Im Hebräischen bedeutet CHAI<sub>m</sub> bzw. CHAI<sub>a</sub> lebendig. Lernenden fällt es leichter, Tiere (CHAI<sub>m</sub>) als Lebewesen zu identifizieren als Pflanzen (ZeMach). Diese Beobachtung wird auf Ähnlichkeiten und Unterschiede im Schriftbild und Wortlaut zurückgeführt. (Stavy/Wax 1989, S. 93) In anderen Ländern wurden Pflanzen problemloser als Lebewesen klassifiziert. Es ist zu erwarten, dass es viele weitere Unterschiede zwischen den Vorstellungen der Lernenden unterschiedlicher Länder gibt. Allerdings gibt es auch Schülervorstellungen, die in vielen Ländern übereinstimmend belegt wurden.

*Schülervorstellungen sind vielfältig.* Je nach Vorerfahrungen und Vorwissen kann man bei verschiedenen Menschen unterschiedliche Schülervorstellungen antreffen. Bei der Erklärung von Zersetzungsprozessen können beispielsweise die folgenden Schülervorstellungen beobachtet werden (→ **Wer zersetzt organisches Material und was entsteht dabei?**):

- Der Apfel verschwindet (Stoffvernichtungsvorstellung).
- Der Apfel wird zu Erde.
- Der Apfel wird von Destruenten zerkleinert, aber nicht mineralisiert.

In qualitativen Interviewstudien werden offene Impulse eingesetzt, um die Vielfalt der Schülervorstellungen zu einem Thema beschreiben zu können. Ähnliche Möglichkeiten eröffnet die Gruppendiskussion. Werden Schülervorstellungen dargestellt, besteht insbesondere bei kurzen Zusammenfassungen die Gefahr, dass man sich auf einige wesentliche Schülervorstellungen beschränkt, ohne die Vielfalt der Schülervorstellungen anzudeuten.

*Schülervorstellungen sind kontext- und methodenspezifisch.* Mit dem Begriff des Kontexts ist der Zusammenhang gemeint, in dem sich eine Schülervorstellung zeigt. Lernende beantworteten beispielsweise die Frage, ob erworbene Merkmale vererbt werden oder nicht, je nach Kontext unterschiedlich (→ **Werden erworbene Merkmale vererbt?**). Einerseits war es für die Lernenden bei der Beantwortung dieser Frage bedeutsam, um welches Merkmal es sich handelte. Darüber hinaus war es wichtig, ob ein Merkmal früh im Leben erworben wurde (und nicht spät) und ob der Erwerb über mehrere Generationen andauerte (und nicht nur eine Generation). Die genauere Kenntnis der Situation, die erklärt werden musste, ist daher für ein Verständnis der Schülervorstellungen unerlässlich. Darüber hinaus sind Schülervorstellungen

methodenspezifisch. Bei der Diagnose von Schülervorstellungen zu den Kennzeichen von Naturwissenschaftlern konnte beispielsweise beobachtet werden, dass es bedeutsam ist, ob Lernende aufgefordert wurden, eine oder zwei Zeichnungen anzufertigen. Auf der zweiten Zeichnung waren ganz andere Kennzeichen erkennbar. Darüber hinaus ergaben Schülerzeichnungen von Naturwissenschaftlern andere Einblicke in Schülervorstellungen als mündliche Befragungen (Interviews) (→ **Wie stellen sich Lernende Naturwissenschaftler vor?**).

*Schülervorstellungen werden ad hoc gebildet.* Befragt man Lernende zu Phänomenen, zu denen sie noch keine Vorstellungen entwickelt haben, konstruieren sie spontan Erklärungen. Ad hoc-Vorstellungen gelten als leicht veränderbar (Häußler u. a. 1998). Im Gegensatz zu vorunterrichtlichen Schülervorstellungen und unterrichtsbedingten Schülervorstellungen beziehen sich ad hoc-Vorstellungen weder auf bekannte Phänomene des Alltags noch auf Vorstellungen, die aus dem vorangegangenen Unterricht stammen.

*Die Ergebnisse der Schülervorstellungsforschung beruhen auf Interpretationsleistungen.* Grundsätzlich beruhen die Beschreibung und Erklärung von Schülervorstellungen auf Interpretationsleistungen der Schülervorstellungsforscher (Niebert/Gropengießer 2014). Die Auswertungsmethoden (z. B. der qualitativen Inhaltsanalyse) tragen dieser Tatsache Rechnung. Interpretationsleistungen können durch den Vergleich von Interviewsequenzen und Deutungen herausgestellt werden: In einer Untersuchung sagten Kinder, dass man Hornissen nicht töten soll: „Tiere gehören sich selbst wie auch Menschen sich selbst gehören“ (Bilman-Mahecha/Gebhard 2014, S. 154). Diese Aussage wurde dahingehend interpretiert, dass „bereits acht- bis neunjährige Kinder den modernen kulturell geprägten Gedanken des autonomen Subjekts formulieren und für sich in Anspruch nehmen“ (Bilman-Mahecha/Gebhard 2014, S. 155). Wie groß der Interpretationsspielraum ist, hängt allerdings von der Art der Erhebungsmethode ab. Bei Aufgaben, die speziell für die Diagnose einer spezifischen Schülervorstellung entwickelt wurden, die sich von den fachlichen Vorstellungen unterscheidet, ist die Interpretationsleistung eher gering. Beispielsweise wurde die sogenannte Pflanzenvergleichsaufgabe entwickelt, um die bereits erwähnte vorunterrichtliche Schülervorstellung zu diagnostizieren, dass Pflanzen die Stoffe, die zum Biomassezuwachs notwendig sind, ausschließlich dem Boden entnehmen (→ **Unterscheidet sich die Ernährung von Pflanzen und von Tieren?**).

Konstruktivistische Lerntheorien basieren auf der Überzeugung, dass das neu zu erwerbende Wissen in Beziehung gesetzt wird zu dem bereits vorhandenen Wissen. Dabei wird neues Wissen nicht passiv übernommen, sondern es muss von den Lernenden aktiv mit den bereits vorhandenen Wissensbeständen verknüpft werden (Krüger 2007). Um Unterricht auf der Basis von Schülervorstellungen zu verwirklichen, wurden u. a. die folgenden vier Grundsätze formuliert: „1. Die Perspektiven

der Schülerinnen und Schüler insgesamt ernst nehmen, 2. die vorunterrichtlichen Vorstellungen berücksichtigen, 3. aktive Auseinandersetzung mit einem Problem oder Thema anregen und 4. Reflexion über das eigene Wissen und den eigenen Lernprozess anregen“ (Häußler u. a. 1998, S. 199 – 200).

Die Aufgaben, die zur Diagnose von Schülervorstellungen verwendet wurden und die in den folgenden Kapiteln vorgestellt werden, können als ein erster Schritt angesehen werden, Schülervorstellungen im obigen Sinne für das Lernen zu berücksichtigen. Ihr Einsatz ermöglicht es auch, dass „Lehrkräfte die Vorstellungen innerhalb der Lerngruppe kennen [lernen] und mit diesen im Unterricht arbeiten“ (Riemeier 2010, S. 29). Dabei kann das gesamte Spektrum unterschiedlicher Aufgabentypen genutzt werden, die in diesem Buch beschrieben werden. Beispielsweise eignen sich Zeichnungen, die von den Lernenden angefertigt werden, aber auch Kartenabfrage, Vorhersageprüfung und Concept Mapping (siehe auch Riemeier 2010).

Es gibt inzwischen auch Sammlungen von speziell entwickelten Aufgaben, die Lehrkräfte einsetzen können, um Lernende anzuregen, sich im Unterricht mit Schülervorstellungen zu beschäftigen (Keeley u. a. 2005; 2007; 2008; 2009). Ausgangspunkt ist häufig eine naturwissenschaftliche Fragestellung (siehe **Kasten 1**). Dann werden Schülervorstellungen referiert. Die Lernenden werden aufgefordert, sich mit diesen zu beschäftigen und eine begründete Position zu beziehen. Auf diese Art und Weise kann es gelingen, dass sich Lernende mit ihren eigenen Vorstellungen auseinandersetzen und die Vorstellungen anderer kennenlernen. Dies stellt die Voraussetzung für das eigenständige Reflektieren und Rekonstruieren von Schülervorstellungen dar.

## DIAGNOSE

### Die Erdmasse

Im Herbst fallen die abgestorbenen Blätter von den Bäumen. Jeden Tag beseitigen Tiere Abfall. Alle Pflanzen und Tiere sterben schlussendlich. Und das Ergebnis – was passiert mit der Erdmasse? Kreise die richtige Antwort ein.

- a) Die Erdmasse nimmt stetig ab.
- b) Die Erdmasse nimmt stetig zu.
- c) Die Erdmasse bleibt ungefähr gleich.

### Aufgabe

Erkläre deine Entscheidung. Beschreibe die Gesetzmäßigkeit bzw. die Denkweise, die deiner Wahl zugrunde liegt.

**Kasten 1: Aufgabe zur unterrichtlichen Behandlung von Schülervorstellungen zu Stoffkreisläufen (nach Keeley 2008, S. 147). Die Hintergründe der dargestellten Schülervorstellungen werden in → **Wer zersetzt organisches Material und was entsteht dabei?** dargestellt.**

# Denkweisen

DENKWEISEN

KENNZEICHEN

NOS

ZELLBIOLOGIE

STOFFWECHSEL



---

## »» Allgemeine Denkweisen

---

In der Schülervorstellungsforschung wird zwischen speziellen und allgemeinen Schülervorstellungen unterschieden. Spezielle Schülervorstellungen beziehen sich auf spezifische biologische Phänomene. Ein typisches Beispiel ist die Vorstellung mancher Schüler, dass Merkmale (und keine Gene) vererbt werden. Allgemeine Schülervorstellungen, die im Folgenden beschrieben werden, zeigen sich als übergreifende Denkweisen anhand einer Reihe unterschiedlicher biologischer Phänomene. Bei den allgemeinen Denkweisen handelt es sich um teleologisches Denken, Anthropomorphismen, naiven Realismus und psychologischen Essentialismus.

## ➤ Teleologische Schülervorstellungen: Lassen sich biologische Strukturen mit ihren Zwecken erklären?

Gemäß teleologischer Vorstellungen existieren Organismen und ihre Strukturen, damit sie einen Zweck erfüllen. Dabei wird die Zweckmäßigkeit als die Ursache ihrer Entstehung bzw. Existenz angesehen. Vielmehr ist es jedoch das Prinzip von Ursache und Wirkung (Kausalität), das Erklärungscharakter in der Biologie hat.

### Erklärungen in der Biologie: kausal vs. teleologisch / final

Aus wissenschaftstheoretischer Perspektive hat nur das *Prinzip von Ursache und Wirkung* (Prinzip der Kausalität) erklärenden Charakter in den Naturwissenschaften (Nachtigall 2010, S. 53). Beispielsweise lassen sich verzögertes Wachstum in der Pubertät ursächlich auf einen Wachstumshormonmangel zurückführen und die fehlende Pigmentierung von Albinos auf einen Gendefekt. Dies sind proximate Ursachen, also unmittelbar wirkende, physiologische Ursachen. Darüber hinaus lassen sich auch ultimate Ursachen anführen, also evolutionäre Ursachen, um biologische Phänomene kausal zu erklären (Mayr 1984). Im Gegensatz zu *kausalen* Erklärungen, führen *teleologische* Erklärungen (auch *finale Erklärungen* genannt) die Zweckmäßigkeit von Organismen und ihren Strukturen an. Strukturen oder Teilstrukturen existieren, damit etwas Bestimmtes ermöglicht wird: Das Herz schlägt, *damit* der Körper mit Blut versorgt werden kann. Teleologische Erklärungen sind damit grundsätzlich problematisch, denn Zweckmäßigkeit erklärt nichts, sondern muss vielmehr erklärt werden (Nachtigall 2010, S. 54).

Kausale und teleologische Erklärungen unterscheiden sich in der Art der In-Bezug-Setzung von Ereignissen (Toepfer 2004, S. 23). Teleologische Erklärungen fokussieren auf *die Folgen* eines Ereignisses. Es liegt eine Zweckverknüpfung vor: „Man schwitzt, damit der Körper überschüssige Wärme abgeben kann“ (siehe **Kasten 2**). Bei kausalen Erklärungen wird hingegen ein Phänomen mechanistisch erklärt, indem auf die *vorher liegenden* Ereignisse verwiesen wird: „Muskeln um die Schweißdrüsen kontrahieren, sodass man schwitzt.“ Es liegt eine kausale Verknüpfung von Ereignissen vor. Das Beispiel illustriert zudem weitere wesentliche Unterschiede: teleologische Erklärungen basieren auf ganzheitlichen Betrachtungen, fokussieren auf die Wirkungen, die für eine systemische Betrachtung wichtig sind, und sind weniger komplex als mechanistische Erklärungen (Toepfer 2004, S. 20).

Zwei grundsätzliche Probleme teleologischer Schülervorstellungen sind demnach, dass bei biologischen Phänomenen ...

- zielgerichtetes Handeln impliziert wird und
- Ziele von Handlungen als Ursachen angesehen werden (vgl. Bartov 1978).

Häufig lassen teleologische Erklärungen darüber hinaus die Vorstellung einer *Zwecksetzung* erkennen. Dies kann mit der Vorstellung verbunden sein, dass Organismen

im Laufe der Evolution absichtsvoll handeln, um sich anzupassen: „Der Mensch muss greifen können. Folglich läuft er auf zwei Beinen, *damit* die Hände zum Greifen frei werden“ (Nachtigall 2010, S. 50).

Prinzipiell ist die Natur zweckfrei. Deshalb ist auch die Annahme falsch, dass die Natur selbst Zwecke setzt, beispielsweise den übergeordneten Zweck ihrer eigenen Daseinserhaltung (Küppers 2008, S. 526). Da die Evolution nicht auf Zwecke gerichtet ist, wird in der modernen Biologie zwischen Zweckgerichtetheit (Teleologie) und Zweckmäßigkeit (Teleonomie) unterschieden. Mit dem Begriff der Teleonomie wird zum Ausdruck gebracht, dass funktionelle Betrachtungen sinnvoll sind, da sich im Laufe der Evolution Eigenschaften herausgebildet haben, die sich für einen Organismus als vorteilhaft und damit als zweckmäßig erwiesen, aber nicht zweckgerichtet sind. Wesentliche Kennzeichen des Teleonomie-Begriffs wurden von Bernd-Olaf Küppers (1990) folgendermaßen beschrieben: „Im Unterschied zum *Teleologie*-Begriff, der die Zweckmäßigkeit lebender Systeme durch die Existenz einer Endursache oder eines Endzwecks deutet, kennzeichnet der *Teleonomie*-Begriff rein deskriptiv den Sachverhalt der Zweckmäßigkeit, ohne zugleich eine Erklärung für die Ursachen des Phänomens zu implizieren“ (ebd., S. 33).

### **Teleologischer Realismus im Alltag**

Im Alltag trifft man *teleologische Handlungserklärungen* häufig an. Sie sollen näher charakterisiert werden, da sie teleologische Schülervorstellungen zu biologischen Veränderungen verständlich machen. Wird das Verhalten eines Menschen erklärt, indem man den Sachverhalt angibt, auf den sich das Verhalten richtet, so liegt eine teleologische Erklärung vor. Scott Sehon (2010) illustriert dies mit dem folgenden Beispiel: „Joan ging in die Küche, um Wein zu holen“ (ebd., S. 225). Bei teleologischen Handlungserklärungen wird die zu erklärende Handlung („Joan ging in die Küche“) mit dem Sachverhalt oder Ziel erklärt, auf den sich das Verhalten richtet („um Wein zu holen“). Würde man das Kausalitätsprinzip beachten, müsste man Handlungsursachen für Joans Verhalten angeben, beispielsweise ihren Durst. Joans Handlung ließe sich dann ursächlich folgendermaßen erklären: „Joan ging in die Küche, weil sie Wein wollte“ oder „Joan ging in die Küche, um ihren Wunsch nach Wein zu erfüllen“ (Sehon 2010, S. 225–226). Man kann allerdings leicht aus dem (sichtbaren) Sachverhalt, auf den sich die Handlung richtet, auf die (unsichtbare) Handlungsursache schließen, zumindest bei zielgerichteten Handlungen von Menschen. Nach dem „teleologischen Realismus“ stellt man sich also die Frage, welches Ziel mit einer Handlung verfolgt wird und ob die Strategie, die verfolgt wird, geeignet ist, das Handlungsziel zu erreichen. Ist dies der Fall, führt man das Ziel der Handlung oder den Handlungsgegenstand als Handlungsbegründung an (Löhner 2011, S. 12). In der Biologie ist dies im Gegensatz hierzu allerdings problematisch, da sich Existenz und Entwicklung von Strukturen und Prozessen nicht durch ihre Funktionen erklären lassen.

### Teleologische Schülervorstellungen und zielgerichtetes Handeln

Teleologische Schülervorstellungen in der Biologie sind weit verbreitet, und treten besonders in Situationen auf, in denen biologische Veränderungen erklärt werden müssen. Mit biologischen Veränderungen ist beispielsweise der Artwandel gemeint oder Veränderungen im Laufe der Entwicklung eines Individuums. In diesem Band werden teleologische Schülervorstellungen insbesondere in den Kapiteln zur Diffusion (→ **Wenn sich Teilchen bewegen ...**) und zur Evolutionsbiologie beschrieben (→ **Wie lässt sich Evolution erklären?**).

Zunächst sollen die eingangs dargestellten teleologischen Handlungserklärungen des Alltags (teleologischer Realismus) auf ein Beispiel aus der Botanik bezogen werden. Man zeigte Lernenden unter anderem ein Bild einer Bohnenpflanze, die in die Richtung eines sonnigen Fensters wuchs und forderte sie auf, das dargestellte Phänomen zu erklären (Abrams/Southerland 2001). Speziell wurde die Frage gestellt, wie es dazu kommt, dass eine Bohnenpflanze in Richtung Licht wächst. Die spezifische Formulierung der Fragestellung ist in diesem Kontext relevant und lautete folgendermaßen: „How does this happen?“ Wesentliche Befunde dieser Studie sind, dass 42 % der untersuchten Lernenden (Klassen 2 bis 12) die dargestellten biologischen Veränderungen nicht kausal erklären konnten und dass die Häufigkeit kausaler Erklärungen auch nicht im Laufe der Schulzeit zunahm. Vielmehr erklärten einige Lernende die Frage „Wie kommt es dazu?“, indem sie die Frage uminterpretierten und eine Antwort auf die (nicht gestellte) Frage „Welchen Zweck hat dies?“ gaben. Dies wird von den Autoren der Studie mit einer Sequenz aus einem Interview mit einem Lernenden der 5. Klasse belegt:

- Interviewer:** Was passiert auf diesem Bild?  
**Lernender:** Sie wächst in Richtung der Berge, in Richtung der Sonne.  
**Interviewer:** Ahm, wie kommt es dazu? (Ahm, how would that happen?)  
**Lernender:** Weil man (die Pflanze) Licht braucht zum Wachsen. Deshalb wächst sie so.  
 (Abrams / Southerland 2001, S. 1275)

Ähnlich wie bei der im vorherigen Abschnitt dargestellten teleologischen Handlungsbegründung, wird in der vorliegenden Interviewsequenz eine „Handlung“ („Sie wächst in Richtung der Sonne“) mit dem Gegenstand, auf den die Handlung ausgerichtet ist, ursächlich erklärt („Weil die Pflanze das Licht braucht zum Wachsen. Deshalb wächst sie so.“). Die Interviewsequenz impliziert, dass Pflanzen Absichten verfolgen und zielgerichtet handeln (→ **Anthropomorphismen: Warum wird die Natur vermenschlicht?**). Ein spezifisches Kennzeichen vieler teleologischer Erklärungen besteht nämlich in der – expliziten oder impliziten – Annahme, dass die zu erklärende Veränderung von dem beteiligten Organismus zielgerichtet angestrebt wurde und dass der Gegenstand, auf den sich die „Handlung“ richtet, ihre Ursache darstellt. Lernende verhalten sich demnach wie teleologische Realisten: Sie suchen nach dem Ziel, für dessen Realisierung die zu erklärende Handlung die optimal angemessene