

## Wachsen Haare schneller, wenn man sie öfter schneidet?

### Eine Untersuchung über Vorstellungen zum Experimentieren

Kai Niebert & Harald Gropengießer

[niebert@biodidaktik.uni-hannover.de](mailto:niebert@biodidaktik.uni-hannover.de) – [gropengiesser@biodidaktik.uni-hannover.de](mailto:gropengiesser@biodidaktik.uni-hannover.de)

Universität Hannover, Naturwissenschaftliche Fakultät,  
Institut für Biologiedidaktik, Bismarckstr. 2, 30173 Hannover

#### **Zusammenfassung**

*Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen sind in den letzten Jahren zentraler Bestandteil naturwissenschaftlichen Unterrichts geworden. Diese Untersuchung befasst sich im Rahmen des Modells der Didaktischen Rekonstruktion mit den Vorstellungen zur Planung von Untersuchungsdesigns. Dazu wurden Lerner aus Biologie-Leistungskursen, Klasse 12 im Rahmen einer qualitativen Studie aufgefordert, ein Untersuchungsdesign zur Problemstellung »Haare wachsen schneller, wenn man sie öfter schneidet.« zu erstellen. Dabei konnten Denkfiguren zu »rezeptartigen« und »wissenschaftsorientierten« Untersuchungsschemata identifiziert werden.*

#### **Abstract**

*In recent years, teaching the scientific methods has become a central aspect of science education. The aim of this qualitative study was to investigate students' and scientists' conceptions of the scientific experiment. The results of interviews with students in intensive biology-courses, within the twelfth grade of German Secondary School are presented. The students were presented the statement »Hair grows faster when you cut it more often.« Students used one of two different concepts of research-designs: either a »recipe-like concept«, or a more »scientific concept« of experimentation.*

---

## 1 Einleitung

»Ein Experiment ist, wenn man sich einem Problem widmet. Man untersucht etwas und dann stellt man einen Lehrsatz auf.« (Jana, 18)

Tagtäglich begegnen wir Problemen. In der Regel sind wir uns dabei des Problems gar nicht bewusst, sondern lösen es einfach. Irgendwie. Wir alle ver-

fügen somit über Vorstellungen vom Problemlösen, die wir lebensweltlich aus persönlichen Erfahrungen und Erlebnissen heraus konstruieren. Über welche Vorstellungen aber verfügen Lerner zum Experimentieren? Welche Vorstellungen explizieren Wissenschaftler über das Experimentieren? Diesen Fragen widmet sich die vorliegende Untersuchung.

Mit naturwissenschaftlichem Experimentieren scheinen Lerner große Schwierigkeiten zu haben: In den PISA-Studien (OECD 2001; OECD 2004) zeigte sich, dass mehr als ein Viertel der deutschen Lerner auf dem untersten Kompetenzniveau eingeordnet wurden, während nur drei Prozent das oberste Kompetenzniveau erreichten.

Ziel der Untersuchung ist es, Ansätze zur Optimierung von Lehr-Lern-Prozessen zum Experimentieren als Teil des naturwissenschaftlichen Arbeitens zu entwickeln. Dafür wurden die Vorstellungen von Lernern und Wissenschaftlern zur Erstellung eines Untersuchungsdesigns und zu verschiedenen Aspekten des Experimentierens erfasst, um sie in einem wechselseitigen Vergleich gegenüberzustellen.

## **2 Theorie**

### **2.1 Konstruktivistische Vorstellungen vom Lernen**

Der Kern der konstruktivistischen Sichtweise des Lernens wird von einem Paradigma gebildet, nach dem Lerner sich ihr Wissen in einem aktiven und selbst gesteuerten Prozess konstruieren (GERSTENMAIER & MANDL 1995, 883). Verfügbare Vorstellungen bilden dabei den Rahmen zur Konstruktion von Wissen (DUIT 1995, 905). Der dieser Untersuchung zugrunde liegende moderate Konstruktivismus akzeptiert – im Gegensatz zu seiner radikalen Variante – eine Welt außerhalb des menschlichen Bewusstseins, indem eine „doppelte Terminiertheit von Objekt und Subjekt“ (TERHART 1999, 641) beschrieben wird, die die Sachebene (die Welt außerhalb des Individuums) und die Beobachterperspektive (die Welt innerhalb eines Individuums) enthält.

Durch die Erarbeitung von Wissen durch das Individuum wird Wissen als individuelles und subjektives Konstrukt betrachtet. Dabei kann Wissen nicht einfach durch die Sinnesorgane passiv aufgenommen werden, sondern muss im Gehirn des Lernenden neu geschaffen werden. „Wissen stammt also nicht aus irgendeiner externen Quelle, sondern ist vom Individuum generiert“ (GERSTENMAIER & Mandl 1995, 875). Dies bedeutet, dass Wissen nicht einfach von Person zu Person weiter gegeben werden kann.

Lernen im Sinne von Wissenserwerb wird dabei als Aufbau und kontinuierliche Modifikation von Wissensrepräsentationen verstanden (STEINER 2001, 164). Es muss somit als eine aktive Konstruktion auf Basis vorhandener Vorstellungen betrachtet werden (DUI 1995, 905), wobei Wahrnehmungen in Abhängigkeit von Vorwissen und bestehenden Überzeugungen interpretiert werden (GERSTENMAIER & MANDL 1995, 874). Das heißt, Lerner begegnen einem neuen Bereich in der Regel nicht inhaltsleer: Sie bringen bestimmte Vorstellungen mit, die häufig lebensweltlicher Herkunft sind. Diese lebensweltlichen Vorstellungen können verschieden von den wissenschaftlichen Vorstellungen sein und sich gegenüber Vermittlungsversuchen als sehr resistent erweisen. So konnten DUI & TREAGUST (1998) zeigen, dass Lerner dazu neigen, sich nicht von empirischen Ergebnissen überzeugen zu lassen. Die Vorstellungen, die Lerner mit in den Unterricht bringen, können sowohl lernhinderlich sein, wenn ihnen eine Anknüpfung der wissenschaftlichen Vorstellungen an lebensweltliche Vorstellungen nicht gelingt (DUI 1995), als auch lernförderlich sein, wenn sie als Ausgangspunkt eines Lernprozesses dienen (KATTMANN 2003).

## **2.2 Science Discovery as Dual Search (SDDS)**

KLAHR (2002) schlägt vor, naturwissenschaftliche Forschung als einen „komplexen Prozess des Problemlösens“ zu betrachten. Eine Problemlösung beginnt an einem Ausgangspunkt (das Problem) und hat einen Zielzustand (das gelöste Problem), der Weg dazwischen wird als »Suche im Problemraum«, oder auch »Problemlösungsprozess« bezeichnet.

Dabei wird davon ausgegangen, dass naturwissenschaftliches Forschen eine Suche in zwei Räumen (Dual Search) ist: dem »Hypothesen-Suchraum« und dem »Experiment-Suchraum«.

**Hypothesen-Suchraum:** Der Hypothesen-Suchraum beginnt in der Sammlung von Wissen aus einem Bereich und endet in der Formulierung einer Hypothese. Die Suche im Hypothesen-Suchraum wird geleitet von vorhandenem Wissen (Konzepte, Theorien) und Ergebnissen von Experimenten (Fakten).

**Experiment-Suchraum:** Die Suche im Experiment-Suchraum befasst sich damit, ein Experiment zu entwerfen, das durch die Kontrolle bestimmter Variablen interpretierbare Ergebnisse liefert. Geleitet wird die Suche von einer vorhandenen Hypothese. Genauso kann diese Suche aber auch der Vorbereitung einer Formulierung von Hypothesen dienen.

### 3 Fragestellungen

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, das Lernen und Lehren des Experimentierens als Teil des naturwissenschaftlichen Arbeitens zu optimieren. Dazu sollen mithilfe der Didaktischen Rekonstruktion die Vorstellungen von Lernern und Wissenschaftlern kritisch analysiert werden, um daran anschließend unterrichtliche Leitlinien zu entwerfen. Dafür sollen folgende Teilfragen untersucht werden:

Welche aktuellen fachwissenschaftlichen (wissenschaftstheoretischen) Konzepte vom Experimentieren liegen bei den Schülern und Wissenschaftlern vor?

Inwieweit sind Lerner in der Lage, zu der gegebenen Problemstellung (Kontext) ein naturwissenschaftliches Vorgehen zu planen?

Haben Lerner ein metakonzeptuelles Verständnis von der Planung einer Untersuchung? Sind Lerner somit in der Lage, Schritte, Aspekte und Kriterien einer solchen Untersuchung zu benennen?

Es wird also sowohl untersucht, ob ein konkretes Problem gelöst werden kann, als auch, ob und wie weit die Lerner über ein metakonzeptuelles Verständnis vom Experimentieren verfügen, und darüber hinaus, in welcher Beziehung die Problemlösefähigkeit und das Verständnis stehen.

### 4 Untersuchungsdesign: Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion

Das Forschungsmodell der Didaktischen Rekonstruktion ist als theoretischer und methodischer Rahmen für die Planung, Durchführung und Evaluation fachdidaktischer Forschungsarbeiten, mit dem Ziel der Gestaltung nachhaltiger und fruchtbarer Lehr-Lernprozesse, entwickelt worden (KATTMANN & GRO-PENGBIEBER 1998, 3). Ausgangspunkt war die Einsicht, dass für die Gestaltung optimaler Unterrichtsprozesse Fachwissen nicht einfach aus wissenschaftlichen Kontexten herausgetrennt und in schulische Lernsituationen unbesehen übernommen werden kann. Vielmehr hat es sich als sinnvoll erwiesen, fachliches Wissen unter didaktischen Gesichtspunkten einer Revision zu unterziehen, und es mit Blick auf das Wissen der Lerner didaktisch zu strukturieren. Im Prozess dieser Didaktischen Rekonstruktion werden die Vorstellungen von Lernern in gleicher Weise geachtet wie die von Wissenschaftlern. Denn letztlich handelt es sich bei dem von Wissenschaftlern geäußerten Wissen auch nur um „persönliche Konstrukte“ (KATTMANN & GRO-PENGBIEBER 1998, 3), wenngleich dieses Wissen stärker geprüft, expliziter und reflektierter ist als lebensweltliches Wis-

sen. Auch wenn die Vorstellungen der Lerner als nicht kongruent mit denen von Wissenschaftlern identifiziert werden, haben sie ihre Tauglichkeit in der Regel in alltäglichen Lebenszusammenhängen erwiesen, zumindest aber in Erklärungskonstrukten der jeweiligen Lerner.

## 5 Methodik

Da Vorstellungen nach der konstruktivistischen Sichtweise vom Lernen von jedem Individuum selbst konstruiert werden, muss sich auch die Forschungsmethode zur Erfassung individueller Vorstellungen daran ausrichten. Dafür erschienen qualitative Erhebungs- und Auswertungsmethoden adäquat, weil es darum ging, unterschiedliche, individuelle Wissenskonstrukte in ihrer Vielfalt zu erfassen. Die qualitativ erfassten Kategorien von Vorstellungen zum Experimentieren sind dann überhaupt erst eine Grundlage für quantitative Forschung (MAYRING 2003, 19).

Die Erhebung der Lernervorstellungen erfolgte mittels problemzentrierter Einzelinterviews, die durch einen Leitfaden strukturiert und anschließend qualitativ ausgewertet wurden. Eine qualitative Inhaltsanalyse als Untersuchungsmethode war an dieser Stelle adäquat, weil sie sich durch Problemzentrierung, Offenheit und Interaktivität auszeichnet (GROPENGIEBER 2005, 175).

Da das Lehren naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen, speziell die Planung, Durchführung und Dokumentation von Experimenten, expliziter Inhalt der niedersächsischen Rahmenrichtlinien für die gymnasiale Oberstufe (1999, 7, 12ff., 36f.) ist, wurden für die Untersuchung Lerner ausgewählt, die den 12. Jahrgang besuchten und in der Kursstufe einen Leistungskurs Biologie belegt hatten.

Für die Untersuchung wurden insgesamt zehn Interviews geführt, von denen drei für die anschließende Auswertung herangezogen wurden. Die Auswahl der auszuwertenden Interviews erfolgte anhand folgender Kriterien: a) größtmögliche Varianz der Lernervorstellungen, b) Kommunikativität der Lerner und c) technische Qualität der Aufzeichnung.

Die Entwicklung eines Untersuchungsplanes ist ein hauptsächlich kognitiver Prozess. Damit wird allerdings nur ein Teil der zum Experimentieren benötigten Kompetenz in den Blick genommen: Experimentieren ist in der Umsetzungsphase auch mit einem hohen Maß an psychomotorischen Fähigkeiten verbunden. In dieser Untersuchung soll jedoch das Augenmerk auf die Entwicklung eines Untersuchungsdesigns gelegt werden.

## 6 Ergebnisse und Diskussion

In der Untersuchung wurden die Vorstellungen von Lernern und Wissenschaftlern bzw. Wissenschaftstheoretikern zum Experimentieren als naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise (siehe 6.1) erhoben. In der Auswertung wurde dabei zwischen den Vorstellungen, die die Lerner im Kontext »Wachsen Haare schneller, wenn man sie öfter schneidet?« (siehe 6.2) und auf der Metaebene »Welche Schritte geht man, um eine naturwissenschaftliche Problemstellung zu lösen?« äußerten (siehe 6.3), unterschieden. Schließlich wurde auch die Qualität der einzelnen Untersuchungsdesigns unabhängig von den dabei gemachten Schritten untersucht (siehe 6.4).

### 6.1 Wissenschaftlervorstellungen zum Experimentieren

Überraschend war, dass sich bei der fachlichen Klärung des »Experimentierens« kein aktuelles und autoritatives Werk zum Experimentieren in der Biologie finden ließ, was auch durch die Leitung der Zentralen Einrichtung für Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsethik (ZEW) der Universität Hannover bestätigt wurde. Deshalb wurde für die fachliche Klärung auf die historische Quelle »Logik der Forschung« (POPPER 1935) zurückgegriffen, relativiert und ergänzt durch einschlägige Aufsätze der »Enzyklopädie der Philosophie und Wissenschaftstheorie« (MITTELSTRASS 2002) und konkretisiert durch den Untersuchungsplan eines befragten Fachwissenschaftlers.

Zusammenfassend kann Experimentieren in der Biologie wie folgt beschrieben werden:

Das Experiment ist eine Methode, mit der im Erkenntnisprozess Beschreibungen und Erklärungen erlangt werden sollen. Das Vorgehen eines Naturwissenschaftlers ist in der Regel ein deduktives, da eine gültige Verallgemeinerung von Ergebnissen mithilfe der Induktion nicht möglich ist. Ein Experiment wird von einer vorher aufgestellten Hypothese geleitet und ist damit bis zu einem gewissen Grade theoriegeleitet. Die Entwicklung eines Untersuchungsdesigns findet somit aufgrund der in der Hypothese definierten Vorannahmen statt. Die Biologie versucht mit ihrer Forschung Erklärungen und Beschreibungen in verschiedenen Dimensionen zu liefern – in der Regel auf der Basis der in Tabelle 1 dargestellten Aspekte für naturwissenschaftliche Untersuchungen.

**Tab. 1:** Aspekte naturwissenschaftlichen Experimentierens.

<p><b><i>Formulierung einer naturwissenschaftlichen Fragestellung</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eingrenzung eines Phänomens auf einen naturwissenschaftlich untersuchbaren Bereich</li> <li>• Formulierung einer Fragestellung für die Untersuchung</li> </ul> <p><b><i>Klärung des theoretischen Rahmens</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Theorien zum Untersuchungsfeld zusammentragen</li> <li>• Vergleich konkurrierender Theorien</li> </ul> <p><b><i>Hypothesenbildung</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hypothesenbildung aufgrund des geklärten theoretischen Hintergrunds</li> <li>• Falsifizierbarkeit der Hypothese</li> </ul> <p><b><i>Untersuchungsdesign entwickeln</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Isolation (Störfaktoren ausschließen / randomisieren)</li> <li>• Experiment auf Untersuchung von Beschreibungs- <u>und</u> Erklärungsebene ausrichten</li> <li>• Wiederholbarkeit sicherstellen</li> <li>• Entscheidbarkeit des Experiments sicherstellen</li> <li>• Verallgemeinerbarkeit prüfen</li> <li>• Vergleichs-/Kontrollgruppe einbeziehen</li> </ul> <p><b><i>Durchführung des Experiments</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zugänglichkeit des Untersuchungsmaterials und der Instrumente herstellen</li> <li>• Vorbereitung des Untersuchungsmaterials und der Instrumente</li> <li>• Sammlung der Daten</li> </ul> <p><b><i>Datenaufbereitung</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• graphisch, tabellarisch etc.</li> <li>• eventuelle Anwendung statistischer Methoden</li> <li>• Vorbereitung anschließender Auswertung</li> </ul> <p><b><i>Auswertung der Daten und Schlussfolgerung</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretation der Daten anhand der zugrunde liegenden Theorie</li> <li>• Stimmigkeit der Daten zur Hypothese prüfen, ggf. Formulierung einer Störhypothese</li> <li>• Möglichkeit zur Stützung oder Falsifikation der Hypothese prüfen</li> <li>• evtl. Verfeinerung der Eingangshypothese</li> <li>• Formulierung neuer Fragen</li> </ul> <p><b><i>Kommunikation</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Darstellung der Ergebnisse in geeigneter Form</li> <li>• Diskussion innerhalb der Wissenschaftler-Gemeinschaft</li> </ul>
--

Folgt man Paul Feyerabends These des »anything goes« (FEYERABEND 1983), lässt sich naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten nicht in Schemata pressen. Die in der Tabelle aufgeführten Punkte stellen somit eine Zusammenstellung von Aspekten, aber keine zwingende Abfolge dar.

## 6.2 Lernervorstellungen zum Experimentieren im Problemkontext

Die erhobenen Vorstellungen zum Vorgehen beim Experimentieren werden als Konzepte kategorisiert, um sie besser vergleichen zu können. So ist es möglich, Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den jeweiligen Vorstellungen zu identifizieren.

Im Laufe der Interviews zeigte sich, dass für alle Lerner eine Untersuchung in mehrere Abschnitte gegliedert ist. Die einzelnen Schritte, die die Probanden in ihren Untersuchungsdesigns ansprechen, sind im Folgenden tabellarisch dargestellt. Aufgeführt ist dabei nicht, ob sie diesen Schritt explizit benennen konnten. Kriterium für die Aufnahme war ausschließlich, dass der Untersuchungsschritt in der Planung berücksichtigt wurde.

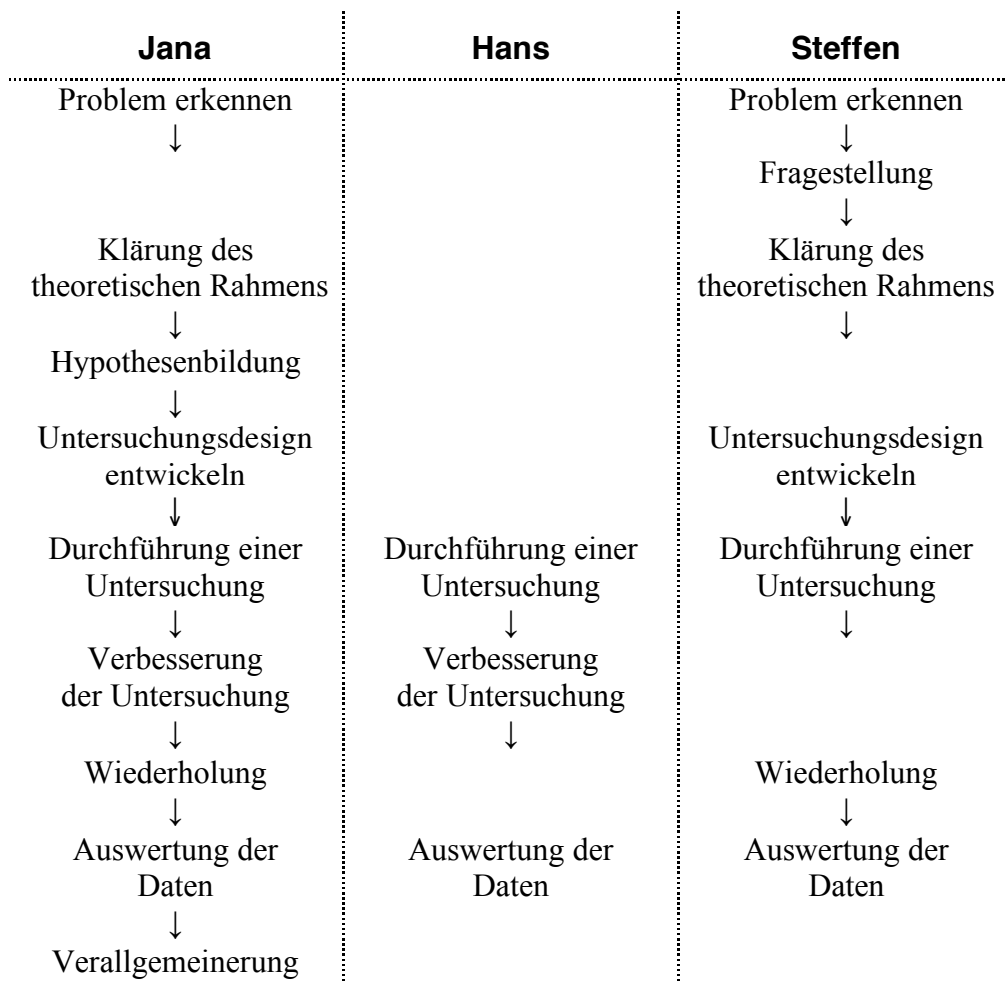
Im Folgenden soll exemplarisch der Lösungsansatz von Jana vorgestellt werden, bevor anschließend die Lernervorstellungen verallgemeinert werden (Tab. 2).

**Tab. 2:** Auszüge aus Janas Vorstellungen vom Untersuchungsdesign.

<b>Lerneräußerung</b>	<b>Untersuchungsschritt</b>
»Die Frage ist, ob das Haar ein Abfallprodukt ist und ob der Abfall zunimmt, wenn man das Haar abschneidet?«	<i>Formulierung der Fragestellung</i>
»Ich müsste mich informieren und alles, was es über Haare gibt herausfinden.«	<i>Klärung des theoretischen Rahmens</i>
»Allgemein würde ich sagen: der Haarwuchs ist nach dem Schneiden nicht stärker, weil [...]«	<i>Hypothesenbildung</i>
»Ich messe bei 300 Personen: Der Kopf wird halbseitig geschnitten und anschließend drei Wochen lang, alle sieben Tage gemessen. Die Haarlängen der Kopfhälften stelle ich dann in Proportion.«	<i>Untersuchungsdesign entwickeln</i>
»Wenn ich mit einer Methode Ergebnisse erhalten habe, versuche ich sie auf eine andere Art und Weise zu überprüfen. Zum Beispiel herausfinden, warum Haare schneller wachsen. [...] Ich würde immer gucken, ob man das Experiment auch noch besser machen kann.«	<i>Wiederholung, Verbesserung der Untersuchung</i>
»Dann würde ich die Ergebnisse auswerten [...] und schließlich einen Lehrsatz aufstellen«	<i>Auswertung der Daten, Verallgemeinerung</i>

Kategorisiert man die Vorstellungen der drei untersuchten Lerner, finden sich folgende Untersuchungsschritte (Tab. 3):



**Tab. 3:** Strukturvergleich der entwickelten Untersuchungsdesigns.

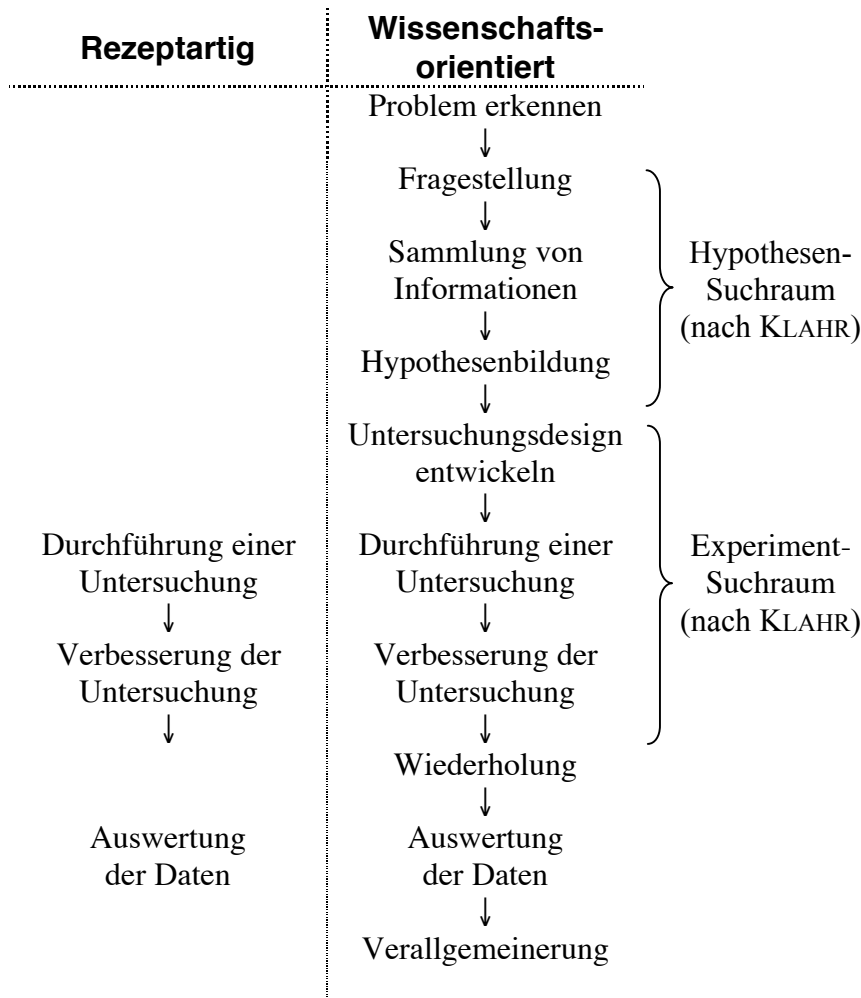
Es wird deutlich, dass die drei Lerner ein unterschiedlich elaboriertes Verständnis vom Experimentieren haben: Für Jana und Steffen beginnt die Untersuchung bei der Problemstellung und geht über die Entwicklung eines Untersuchungsdesigns bis zur Auswertung der Daten. Dabei sind auch Unterschiede zwischen Jana und Steffen erkennbar. Für Hans hingegen beginnt die Untersuchung erst mit dem eigentlichen Experiment, das er durchführt und schließlich auswertet.

Die Herangehensweisen lassen sich somit in zwei Denkfiguren kategorisieren, die im Folgenden »wissenschaftsorientiert« und »rezeptartig« genannt werden. Sie sind wie in Tabelle 4 dargestellt charakterisiert.

Aus der theoretischen Perspektive von KLAHR (2002) wird deutlich, dass Lerner den »Hypothesen-Suchraum« und »Experiment-Suchraum« unterschiedlich nutzen. Hans, der ein rezeptartiges Vorgehen plant, konzentriert sich ausschließlich auf das Experiment an sich, ohne nach Theorien oder Hypothesen zu suchen und schließlich das Experiment aus ihnen abzuleiten. Er bewegt

sich mit dem rezeptartigen Vorgehen somit ausschließlich im »Experiment-Suchraum«. Jana und Steffen hingegen, die – mehr oder weniger differenziert – ihrem Experiment Hypothesen und Theorien voranstellen, nutzen bei ihrem wissenschaftsorientierten Vorgehen zusätzlich den »Hypothesen-Suchraum«.

**Tab. 4:** Denkfiguren zu naturwissenschaftlichen Untersuchungen.



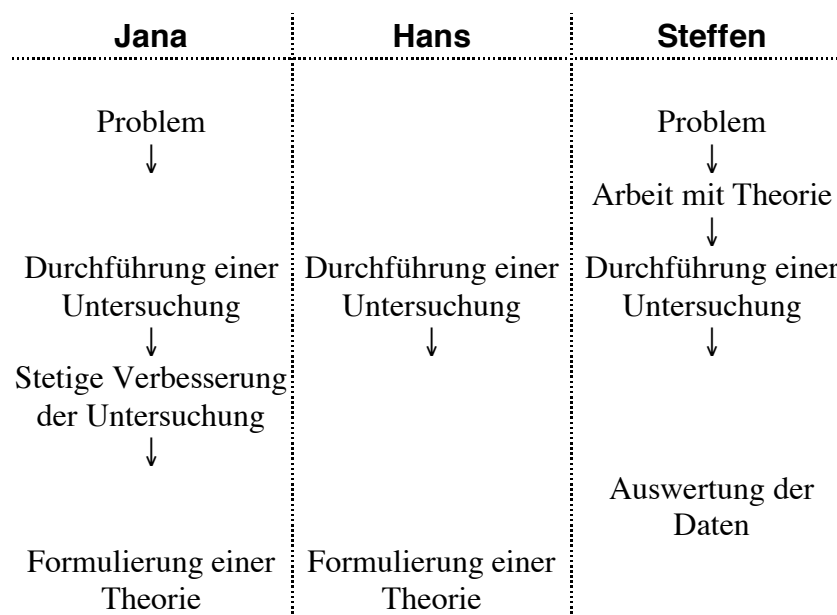
Die Nutzung eines »rezeptartigen« oder »wissenschaftsorientierten« Untersuchungsschemas könnte auf die bisherigen unterrichtlichen Experimentiererfahrungen der Lerner zurückzuführen sein: In der Regel werden schulische Experimente als so genannte Einführungsexperimente oder Bestätigungsexperimente durchgeführt, die rezeptartig umgesetzt werden (KÖHLER 2004, 164). Dabei müssen die Lerner das Experiment meist nicht selbst planen, sondern lediglich eine vorgegebene Versuchsanleitung durchführen und die erhaltenen Ergebnisse deuten (also auch den »Experiment-Suchraum« nur teilweise nutzen). Damit bleibt ihnen ein entscheidender Aspekt des Experimentierens – das selbstständige Entwickeln eines Untersuchungsdesigns über eine Theorie bzw.

Hypothese aus einer Problemstellung – vorenthalten. Vergleicht man das wissenschaftsorientierte Vorgehen der Lerner mit wissenschaftlichen Kriterien des Experimentierens (siehe 6.1) wird deutlich, dass Lerner relativ wissenschaftsnahe Vorstellungen vom naturwissenschaftlichen Vorgehen haben. Unterschiede zeigen sich jedoch in der Bewertung und Ausführung einzelner Punkte (Isolation von Variablen, Sicherstellung der Wiederholbarkeit).

### 6.3 Lernervorstellungen zum Experimentieren auf der Metaebene

Nachdem die Lerner ein Untersuchungsdesign zum Problem des Haarwachstums als Kontext entwickelt hatten, wurden sie weiterhin aufgefordert, die einzelnen Schritte einer naturwissenschaftlichen Untersuchung explizit zu (be)nennen. Die Antworten wurden entsprechend aufbereitet, um sie den vorher genannten Vorstellungen vom Untersuchungsdesign gegenüber stellen zu können.

**Tab. 5:** Schritte naturwissenschaftlicher Untersuchungen.



Alle untersuchten Lerner sind somit in der Lage, bestimmte Schritte einer an einem Problem geplanten Untersuchung zu benennen und mit Inhalt zu füllen. Im Gegensatz zu den Vorstellungen vom Experimentieren im Kontext des »haarigen Problems« sind die Vorstellungen ohne diesen Kontext stark reduziert. So äußert Jana im kontextunabhängigen Teil des Interviews lediglich, dass „*Experimente aus einem Problem entstehen und fortlaufend verbessert werden*“, während Hans dort erklärt, dass „*Experimente durch ausgiebige Untersuchungen und anschließendes Arbeiten mit der Theorie*“ charakterisiert sind – ohne den Ursprung dieser Theorie zu benennen. Steffen hingegen äußert

im kontextunabhängigen Teil des Interviews ein differenziertes Verständnis vom Experimentieren: „*Experimente bestehen aus einem Problem, einer Überlegung, der Durchführung und der Auswertung*“.

#### **6.4 Qualität der entwickelten Untersuchungsdesigns**

Neben der Nennung einzelner Untersuchungsschritte (6.2 und 6.3) wurde auch die Qualität der Untersuchungsdesigns dahingehend untersucht, ob die Problemstellung »Wachsen Haare schneller, wenn man sie öfter schneidet?« mit den entwickelten Designs überhaupt lösbar ist. Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Entwürfe von Jana (siehe Tab. 2) und Hans dem Untersuchungsdesign des Wissenschaftlers ähneln und zur Beantwortung der Problemstellung beitragen können. Die Herangehensweise ist jedoch unterschiedlich: Der Wissenschaftler plant das Experiment anhand eines statistischen Analyseverfahrens und testet mögliche Einflussfaktoren im Vorfeld, während die Lerner Einflussfaktoren aufgrund von Vermutungen antizipieren und diese ohne weiteres in ihr Untersuchungsdesign einbeziehen. Jana und Hans überbewerten jedoch die Bedeutung von einzelnen Belegen und unterschätzen ihre Interpretation beziehungsweise die statistische Analyse der Daten. Der Untersuchungsentwurf von Steffen ist dagegen nicht dazu geeignet, die Forschungsfrage zu bearbeiten, unter anderem deshalb, weil er an keiner Stelle die Eingangsvoraussetzungen seiner Probanden klärt: »*Man vergleicht die Haarwuchsgeschwindigkeit von langhaarigen Frauen mit der Wuchsgeschwindigkeit von kurzhaarigen Männern. Wenn die Haare der Männer schneller wachsen, stimmt die These [...]*«. Die Anfangsbedingungen sind somit völlig unklar. Dass Steffen eine Beobachtung und kein Experiment plant, wird ihm ebenfalls an keiner Stelle der Untersuchung bewusst. Es wird somit deutlich, dass Steffen wohl Vorstellungen von einer Problemlösung hat, aber nicht in der Lage ist, dies auch tatsächlich in einem Untersuchungsdesign adäquat umzusetzen.

#### **6.5 Fazit**

Zusammenfassend können somit folgende Ergebnisse formuliert werden:

- In der Fachlichen Klärung konnten einzelne Elemente eines wissenschaftlichen Experiments identifiziert und expliziert werden (Tab. 1). Eine aktuelle wissenschaftstheoretische Darstellung eines biologischen Experiments bleibt ein Desiderat.
- Es wurden zwei Denkfiguren zum Experimentieren gefunden: das rezeptartige und das wissenschaftsorientierte Vorgehen.

- Es wird deutlich, dass Lerner eine Problemstellung mithilfe eines Experiments lösen können, ohne die dazugehörige Theorie verstanden zu haben. Sie können somit eine Aufgabe praktisch bearbeiten, ohne ihr Vorgehen auf einer Metaebene explizieren zu können.
- In dieser Untersuchung konnte keine klare Verbindung zwischen den Vorstellungen über Untersuchungsdesigns und der Fähigkeit zur adäquaten Planung eines Experiments gefunden werden.

## 7 Konsequenzen für die Vermittlung

Die von den Lernern vorgeschlagene »rezeptartige Untersuchung« mit ihrer Abfolge »Untersuchung → Verbesserung der Untersuchung → Auswertung« ist in dieser Weise nicht in den Vorstellungen der Wissenschaftler wieder zu finden. Es ist zu vermuten, dass diese Vorstellungen auf unterrichtliche Experimentiererfahrungen zurückzuführen sind, da die Schüleraktivität hier häufig auf ein Abarbeiten eines vorgegebenen Experimentierschemas reduziert wird (RYAN et al. 1992; AIKENHEAD 1987).

Zum Verständnis naturwissenschaftlichen Vorgehens muss somit deutlich gemacht werden, dass Naturwissenschaftler nicht sofort beginnen zu experimentieren, wenn sie eine Untersuchung durchführen, sondern der Problemlösungsprozess schon vorher beginnt: Bevor ein Experiment durchgeführt werden kann, muss ein Problem erst erkannt und eingegrenzt werden, dann wird nach der Hypothesenbildung die Suche im Experiment-Suchraum durchgeführt, um eine adäquate Lösungsmöglichkeit zu finden. Schüler müssen also lernen, eine zu einem Problem adäquate Untersuchung zu planen und diese auszuwerten. In der didaktischen Literatur sind bereits mehrere Unterrichtskonzepte beschrieben und evaluiert, mithilfe derer das naturwissenschaftliche Arbeiten geübt werden kann (z. B. MAYER 2002; HAMMANN 2004; REHOREK 2004; KRUPA 2005).

Dabei ist es allerdings nicht angebracht, den Lernern ein bestimmtes Schema naturwissenschaftlichen Arbeitens zu vermitteln, da dies nicht der tatsächlichen Arbeit eines Wissenschaftlers entspricht. Vielmehr sollten Lerner in Lehr-Lernsituationen ganz unterschiedliche Problemstellungen lösen. Genau wie ein Naturwissenschaftler seine Herangehensweise von der jeweiligen Problemstellung abhängig macht, sollten Lerner in die Lage versetzt werden, Probleme selbstständig zu erkennen, Hypothesen zu bilden, Experimente zu entwickeln, durchzuführen und auszuwerten. Aufgabe der Lehrkraft ist es nicht, diesen Prozess direkt zu steuern, sondern den Lernern Kriterien an die Hand zu geben,

anhand derer die Wissenschaftlichkeit einer Untersuchung überprüft werden kann. Dazu können Lerner mit Fragestellungen konfrontiert werden, die sich an den in der fachlichen Klärung herausgearbeiteten Aspekten des Experimentierens (Tab. 1) orientieren.

Betrachtet man naturwissenschaftliche Forschung als eine elaborierte Form des Problemlösens (KLAHR 2002), sollten Lerner mithilfe der in den naturwissenschaftlichen Fächern gelernten Lösungsstrategien in der Lage sein, diese auch in andere Bereiche zu übertragen. Problematisch erscheint jedoch der Begriff des »Problemlösens«. Naturwissenschaftliche »Probleme« im eigentlichen Sinne werden eher von Technikern und Ingenieuren gelöst. Ein rein naturwissenschaftliches Vorgehen besteht darin, Phänomene zu erzeugen, zu beschreiben und schließlich zu erklären.

Die hier vorgestellte Untersuchung bewegt sich in einem Bereich, der – besonders in der angloamerikanischen Didaktik – als Lehre von der »Natur der Naturwissenschaften« (»nature of science«) bezeichnet wird. Wie im Laufe dieser Arbeit auch deutlich geworden ist, ist der Begriff »Natur der Naturwissenschaften« jedoch irreführend, da »Natur« etwas Natürliches kennzeichnet, welches ohne das Zutun des Menschen entstanden ist. Das Vorgehen der Naturwissenschaften ist jedoch keinesfalls natürlich, unumstößlich oder unveränderlich, sondern von Menschen erdacht und im Rahmen kultureller Entwicklung und intersubjektiven Austauschs entstanden (WOLPERT 1993). Von daher wäre es angemessener, von einer »Kultur der Naturwissenschaften« zu sprechen. Dies könnte nicht nur Lernern, sondern auch Lehrern das Vorgehen naturwissenschaftlichen Forschens, das Zustandekommen und die soziale Bedingtheit naturwissenschaftlichen Wissens wesentlich deutlicher vor Augen führen.

## Zitierte Literatur

- AIKENHEAD, G.S. (1987): High-school graduates' beliefs about science-technologysociety. III. Characteristics and limitations of scientific knowledge. *Science Education* 71 (2), 145-161.
- DUIT, R. & D.F. TREAGUST (1998): Learning in Science – From behaviourism towards social constructivism and beyond. In: B. FRASER & K. TOBIN (Hrsg.): *International handbook of science education*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 3-26.
- DUIT, R. (1995): Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschafts-didaktischen Lehr-Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik* 41 (6), 905-926.
- FEYERABEND, P. (1983): *Wider den Methodenzwang*. Suhrkamp, Frankfurt am Main.
- GERSTENMAIER, J. & H. MANDL (1995): Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik* 41 (6), 867-888.

- GROPENGBIEBER, H. (2005): Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In: P. MAYRING & M. GLÄSER-ZIKUDA: Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse. Beltz, Weinheim Basel.
- HAMMANN, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht* **57** (4), 196-203.
- KATTMANN, U. & H. GROPENGBIEBER (1998): Schulnahe fachdidaktische Lehr-Lernforschung: Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Oldenburger Vordrucke 364. Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg.
- KATTMANN, U. (2003): „Vom Blatt zum Planeten“ – Scientific Literacy und kumulatives Lernen im Biologieunterricht und darüber hinaus. In: B. MOSCHNER, H. KIPER & U. KATTMANN: PISA 2000 als Herausforderung. Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler, 115-137.
- KLAHR, D. (2002): Exploring Science: The Cognition and Development of Discovery Processes. MIT Press, Cambridge.
- KÖHLER, K. (2004): Welche fachgemäßen Arbeitsweisen werden in der Biologie eingesetzt? In: U. SPÖRHASE-EICHMANN & W. RUPPERT (Hrsg.): *Biologiedidaktik – Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II*. Cornelsen-Scriptor, Berlin.
- KRUPA, J. (2005): Does Wedding Rice Cause Birds To Explode or Were Ann Landers, Martha Stewart & Bart Simpson Wrong? *The American Biology Teacher* **67** (4), 223-230.
- MAYRING, P. (2003): Qualitative Inhaltsanalyse – Grundlagen und Techniken. Deutscher Studien Verlag, Weinheim.
- MAYER, J. (2002): Vom Schulversuch zum Forschenden Unterricht. URL [www.sinustransfer.de/index.php?id=113](http://www.sinustransfer.de/index.php?id=113)
- MITTELSTRASS, J. (1996) (Hrsg.): Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie, Bibliographisches Institut, Mannheim Zürich Wien.
- NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (1999): Rahmenrichtlinien für die gymnasiale Oberstufe. Hannover.
- OECD (2001): Lernen für das Leben – Erste Ergebnisse von PISA 2000.
- OECD (2004): Lernen für die Welt von morgen – Erste Ergebnisse von PISA 2003.
- POPPER, K.R. (1935; 8. Auflage 1984): Logik der Forschung. Julius Springer, Wien.
- REHOREK, S. (2004): Inquiry-Based Teaching. An example of descriptive science in action. *The American Biology Teacher* **66** (7), 493-499.
- RYAN, A. & G. AIKENHEAD (1992): Students' Preconceptions about the Epistemology of Science. *Science Education* **76** (6), 559-580.
- STEINER, G. (2001): Lernen und Wissenserwerb. In: A. KRAPP & B. WEIDENMANN: *Pädagogische Psychologie*. Beltz, Weinheim, 139-205.
- TERHART, E. (1999): Konstruktivismus und Unterricht. *Zeitschrift für Pädagogik* **45** (5), 629-647.
- WOLPERT, L. (1993): *The unnatural nature of science*. Harvard University Press, Cambridge.

