

## Schülervorstellungen zum Blutkreislauf und ihre Veränderung durch Lernangebote

### Konzeption und empirische Evaluation von Lernangeboten

Sabrina Pach & Tanja Riemeier

sabrinapach@aol.com, riemeier@biodidaktik.uni-hannover.de

Universität Hannover,

Institut für Biologiedidaktik, Bismarckstr. 2, 30173 Hannover

#### **Zusammenfassung**

*Ziel dieser Untersuchung ist es, den Unterricht zum Thema Blutkreislauf zu verbessern. Hierfür wurden Lernangebote zu diesem Thema didaktisch strukturiert und mit Hilfe von Vermittlungsexperimenten evaluiert. Außerdem wurden in den Vermittlungsexperimenten Vorstellungen von Schülern der 8. Klasse zu eben diesem Thema erfasst, diese Befunde flossen wiederum in die didaktische Strukturierung ein. Einige Ergebnisse der Untersuchung sollen hier vorgestellt werden.*

#### **Abstract**

*The central aim of this study is to enhance and improve science education with respect to teaching the cardiovascular system. For this purpose, study materials about this topic were didactically structured and evaluated by means of experiments. Moreover, the conceptions of eight-graders on the subject matter were collected through the experiments. These results were incorporated in the didactic concept. This article presents selected results of the study.*

---

## 1 Einleitung

*„Das verbrauchte Blut läuft zum Herzen und im Herzen wird es umgewandelt zu frischem Blut“ (Katja, Klasse 8)*

Katja besucht die Klasse 8 eines hannoverschen Gymnasiums, das Thema »Blutkreislauf« war noch nicht Teil schulischer Vermittlungsprozesse. Trotzdem verfügt sie bereits über Vorstellungen zu diesem Thema. Die von ihr und

in ähnlicher Weise auch von ihren Mitschülern geäußerten Vorstellungen entsprechen zwar dem fachwissenschaftlichen Verständnis nicht, sie haben den Lernern aber bisher geholfen, sich die Prozesse in ihrem Körper zu erklären. Für Schüler sind diese lebensweltlich orientierten Vorstellungen also durchaus sinnvoll, da sich diese für sie im Alltag bewährt haben. Dies hat Auswirkungen auf einen Unterricht zu diesem Themengebiet, denn empirische Untersuchungen (u. a. DUIT & TREAGUST 2003) zeigten, dass lebensweltlich erworbene Vorstellungen nicht einfach durch fachliche Vorstellungen ersetzt werden können. Vielmehr sollen die Vorstellungen der Schüler aktiv in die Konzeption des Unterrichts einbezogen werden. In dieser Studie wurden Lernervorstellungen erfasst, auf deren Grundlage Lernangebote konzipiert und im Anschluss evaluiert.

## 2 Theoretische Grundlagen

Lernen wird hier im Sinne einer moderat-konstruktivistischen Sichtweise (u. a. GERSTENMAIER & MANDL 1995; DUIT 1995; TERHART 1999) sowie der weiterentwickelten Conceptual-Change-Theorie (u. a. STRIKE & POSNER 1992; DUIT & TREAGUST 2003) aufgefasst.

Die von LAKOFF & JOHNSON begründete Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens wird zur Analyse der Lernervorstellungen und zur Entwicklung von Lernangeboten herangezogen (GROPENGIEßER 2003). Nach dieser Theorie bilden Erfahrungen die Grundlage unseres Verständnisses. Das Verstehen nicht direkt erfahrbare Bereiche funktioniert metaphorisch. Innerhalb der Theorie wird zwischen »verkörperten« und »imaginativen« Vorstellungen unterschieden:

- »verkörperte Vorstellungen«: Durch den Kontakt mit unserer physischen und sozialen Umwelt sammeln wir unmittelbare Erfahrungen und können durch diese konzeptuelle Strukturen bilden. In diesem Zusammenhang wird das Entstehen von konzeptuellen Strukturen als »Verkörperung« verstanden und die konzeptuellen Strukturen werden als »verkörperte Vorstellungen« begriffen (GROPENGIEßER 2003; RIEMEIER 2005).
- »imaginative Vorstellungen«: Ist ein Bereich nicht unmittelbar erfahrbare, ist es nicht möglich, verkörperte Vorstellungen von ihm zu bilden. Um trotzdem zu einem Verständnis in diesem Bereich zu gelangen, werden Vorstellungen aus einem unmittelbar erfahrbaren Bereich, dem Ursprungsbereich, auf diesen Zielbereich übertragen; anders ausgedrückt: der Zielbereich wird

durch Metaphorik erschlossen. So werden z. B. Erfahrungen aus dem Ursprungsbereich der Nahrungsaufnahme auf den Bereich der kognitiven oder emotionalen Verarbeitung übertragen, wenn wir z. B. davon sprechen, dass eine Information oder eine Nachricht „schwer zu verdauen“ ist und man sie erst einmal „sacken lassen muss“. Man kann auch mit Informationen „gesättigt sein“ und manchmal muss eine Information einfach „geschluckt werden“.

Indem der Zielbereich durch Metaphorik erschlossen wird, strukturiert der Ursprungsbereich das Verständnis eben dieses Zielbereiches (GROPENGIEBER 2003). Sprache, Denken und Handeln sind Ausdruck des in weiten Teilen metaphorisch strukturierten kognitiven Systems. Dadurch ist eine Untersuchung der kognitiven Konstrukte z. B. durch die Analyse von Metaphern möglich (RIEMEIER 2005).

### **3 Forschungsfragen**

Folgende Fragen waren leitend für das Vorgehen:

- Über welche Vorstellungen vom Blutkreislauf verfügen Lerner?
- Welche didaktisch strukturierten Lernangebote erweisen sich als lernförderlich bzw. lernhinderlich?
- Welche Vorstellungsänderungen finden bei den Lernern durch die Auseinandersetzung mit den Lernangeboten statt?

### **4 Untersuchungsdesign: Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion**

Das Ziel der Untersuchung war es, den Lehr-Lernprozess zum Thema Blutkreislauf zu optimieren. Hierfür wurden, einer konstruktivistischen Sichtweise folgend, Lernangebote entwickelt, die die Vorstellungen der Lerner einbezogen und deren Einsatz sich nach den geäußerten Lernervorstellungen richtete.

Die Entwicklung der Lernangebote erfolgte auf Grundlage des Modells der Didaktischen Rekonstruktion (KATTMANN, GROPENGIEBER & KOMOREK 1997), das als theoretischer und methodischer Rahmen für die Planung, Durchführung und Evaluation fachdidaktischer Forschungsarbeiten erarbeitet worden ist. Zur theoriegeleiteten und empirisch begründeten Konzeption von Unterrichtsinterventionen wurden Vorstellungen von Lernern und Wissenschaftlern vom Blutkreislauf erfasst und analysiert. Daran anschließend wurden aus einem wech-

selseitigen Vergleich dieser Vorstellungen heraus Leitlinien für den Lehr-Lernprozess formuliert. Diese Leitlinien fanden ihre Umsetzung in Lernangeboten, die ebenfalls im Rahmen der Arbeit empirisch evaluiert wurden.

## 5 Methoden

Für die fachliche Klärung im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion wurden die Vorstellungen von Wissenschaftlern im Bereich Blutkreislauf mit Hilfe einer Dokumentenanalyse aus einem aktuellen Hochschullehrbuch (SCHMIDT et al. 2004) erfasst und analysiert. Die Untersuchungsaufgabe »Erfassen der Lernervorstellungen« gliederte sich in zwei Untersuchungsabschnitte: zunächst wurden die Vorstellungen der Lerner mit einer Metaanalyse empirischer Primärerhebungen, später in Interviewphasen innerhalb von Vermittlungsexperimenten erfasst. Schließlich wurden die Ergebnisse aus den einzelnen Untersuchungsteilen in der »Didaktischen Strukturierung« zueinander in Beziehung gesetzt, um Leitlinien zur Strukturierung von Vermittlungssituationen und darauf aufbauend Lernangebote zu entwickeln. Diese wurden in insgesamt sechs Vermittlungsexperimenten auf ihre Wirksamkeit hin überprüft. Dies bedeutet, dass die Analyse der Vermittlungsexperimente einerseits zur Erfassung des Lernerverständnisses, andererseits zur Überprüfung der Lernangebote genutzt wurde. Die im Vermittlungsexperiment erfassten Lernervorstellungen flossen wieder in die didaktische Strukturierung ein, so dass sich ein rekursives Vorgehen ergab. Die Auseinandersetzung mit den Daten erfolgte in allen Untersuchungsteilen anhand der qualitativen Inhaltsanalyse nach MAYRING (2003), die für die Anforderungen der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung modifiziert wurde (GROPENGLIEBER 2005)

Das methodische Vorgehen zur Erfassung der Lernervorstellungen soll im Folgenden genauer beschrieben werden:

### 5.1 Metaanalyse empirischer Primärerhebungen

In der Metaanalyse wurden empirische Befunde von vier Erhebungen (Tab. 1) qualitativ reinterpretiert, wobei nur die Ergebnisse berücksichtigt wurden, die in Hinblick auf die Fragestellung relevant erschienen. Die Auswahl der Primärerhebungen fand mit Hilfe der Bibliographie von DUIT (2004) statt. Es wurden Arbeiten ausgewählt, die in ihrer Fragestellung Lernervorstellungen zu den Themen Blutkreislauf, Herz-Kreislauf-System und Aufbau vom eigenen Körper berücksichtigen. Das Vorgehen erfolgte in drei Schritten: Zunächst wurden die Primärerhebungen unter Berücksichtigung der Fragestellung kritisch gesichtet

und zusammenfassend dargestellt. In einem zweiten Schritt folgte eine Zusammenfassung der Befunde auf der Ebene von Konzepten und Denkfiguren. Die sich anschließende Interpretation der Befunde erfolgte vor dem Hintergrund der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. Diese Analyse aus neuer theoretischer Perspektive sollte ein tieferes Verständnis der Lernervorstellungen ermöglichen.

**Tab. 1:** Zusammenfassung der untersuchten Primärerhebungen zum Blutkreislauf

Autor(en)	Stichprobe	Erhebungsinstrument
GELLERT (1962)	4 bis 16-jährige amerikanische Schüler	Zeichnungen und Interview
ARNAUDIN & MINTZES (1985; 1986)	amerikanische Schüler der 5., 8. und 10 Klasse sowie Studienanfänger	concept-maps, offene Fragen, multiple choice
CUTHBERT (2000)	7- bis 11-jährige britische Schüler	Zeichnungen
SUNDERMEIER (2004)	deutsche Schüler der 8. Klasse eines Gymnasiums	leitfadenzentrierte Interviews

## 5.2 Vermittlungsexperiment

Die Methode des Vermittlungsexperiments ermöglicht es, Lernervorstellungen unmittelbar vor einem Lernangebot und während der Auseinandersetzung mit diesem Lernangebot zu erfassen. Eine ausführliche Darstellung hierzu gibt RIEMEIER (2005). Für das Vermittlungsexperiment wurden Kleingruppen mit je drei Schülern mit den Lernangeboten zum Thema Blutkreislauf konfrontiert. Die Durchführung in Kleingruppen soll eine Diskussion der Lerner untereinander fördern und gleichzeitig die Kommunikationswege der Lerner überschaubar bleiben lassen. Während der Vermittlungssituation kann der Experimentleiter immer wieder Interviewphasen einfügen, um die Vorstellungen der Lerner detaillierter zu erfragen. In diesen Phasen sollen neue Ideen, der Vokabulargebrauch oder auch Verständnisprobleme expliziert werden. Damit jeder Lerner seine Vorstellungen gleichberechtigt äußern kann, ist es erforderlich, die Gesprächssituation an geeigneten Stellen zu unterbrechen, um jeden Lerner einzeln seine Vorstellungen formulieren zu lassen.

Jedes Vermittlungsexperiment startete mit der gleichen Eingangsfrage. Der weitere Verlauf richtete sich nach den von den Probanden geäußerten Vorstellungen. So wurden unterschiedliche Typen von Lernangeboten in die Gruppe gereicht: (1) Lernangebote, die Fragen aufwerfen und damit Lernervorstellungen abfragen sollten. (2) Lernangebote, die beim Lösen von Problemen helfen

sollten oder (3) Lernangebote, die eine gefundene Lösung bzw. eine bestehende Vorstellung bestätigen sollten oder aber auch Zusatz-Informationen liefern sollten. Die Vermittlungsexperimente wurden videographisch dokumentiert, um eine anschließende Auswertung mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse (MAYRING 2003) zu ermöglichen.

Die Untersuchungsgruppe bestand aus insgesamt 17 Schülern (elf Mädchen, sechs Jungen; also fünf Dreier- und eine Zweier-Gruppe), die zur Zeit der Datenaufnahme die 8. Klasse eines Gymnasiums besuchten. Durch die niedersächsischen Rahmenrichtlinien und Vorabsprachen mit den entsprechenden Lehrkräften war sicher gestellt, dass die Lerner das Thema Blutkreislauf nicht im Unterricht behandelt hatten. Die Schüler wurden von mir während ihres Unterrichts um ihre Mithilfe gebeten. Die Vermittlungsexperimente wurden außerhalb der Unterrichtszeit in den Räumen der Universität Hannover durchgeführt.

## **6 Darstellung und Diskussion der Ergebnisse**

Zunächst sollen die identifizierten Schülervorstellungen vom Blut und vom Blutkreislauf beschrieben werden. Daran anschließend wird auf die prozessorientierte Analyse einiger Lernangebote zum Blutkreislauf eingegangen.

### **6.1 Schülervorstellungen zum Blutkreislauf**

#### Lernervorstellungen vom Aufbau des Blutkreislaufs

*„Das Blut mit Sauerstoff und Nährstoffen verteilt sich im ganzen Körper. Und durch die Venen fließt es zurück zur Lunge, zum Herzen.“* (Markus)

Zum Aufbau des Blutkreislaufs gibt es unterschiedliche Lernervorstellungen. Einige Schüler stellen sich vor, dass das Blut zwischen dem Herzen und einem anderen Organ zirkuliert, die Lunge findet hierbei keine Berücksichtigung. Es gibt aber auch Lerner, die sich vorstellen, dass das Blut im Kreislauf auch die Lunge passiert. Wie Markus verorten sie einige Schüler in Fließrichtung vor, andere hinter dem Herzen. Nur wenige Schüler äußern die wissenschaftlich angemessene Vorstellung eines zweigeteilten Kreislaufs mit einer Lungen- und einer Körperpassage.

### Lernervorstellungen vom Ort der Sauerstoffaufnahme

Viele Lerner können sich vorstellen, dass der Mensch über die Lunge Sauerstoff aufnimmt. Daneben können sich einige Schüler vorstellen, dass auch die Haut als Atemorgan fungiert.

*„[...] Und im Herz wird das Blut sozusagen umgewandelt, dass es wieder frisches Blut, also mit Sauerstoff ist.“ (Katja)*

Manche Lerner wie Katja sind zwar der Auffassung, dass die Atemluft in die Lunge gelangt, stellen sich aber vor, dass der Sauerstoff von der Lunge aus zum Herzen geleitet wird und erst dort ins Blut gelangt. Das Herz hat für sie die Funktion eines Blutumwandlers. Es wandelt sauerstoffarmes in sauerstoffreiches Blut um.

Im Zusammenhang mit der Sauerstoffaufnahme sprechen viele Schüler von „frischem“ und „verbrauchtem Blut“. Obwohl sie benennen können, dass sie darunter sauerstoffreiches bzw. -armes Blut verstehen, verwenden sie die letzteren Bezeichnungen nur selten.

### Lernervorstellungen vom Übergang zwischen Arterien und Venen

*„In einem Gewebe sind ganz viele Zellen drin, die liegen dicht an dicht. Dann fließt eine Ader, da ran und dann geht eine Vene weg. Und das Blut fließt an den Zellen vorbei. [...] Das Blut fließt in die Zellen rein. Und die geben das auch weiter. Die Zellen nehmen sich das, was sie brauchen und dann geht das Blut einfach raus.“ (Markus)*

Viele Schüler können sich vorstellen, dass Arterien direkt in Venen übergehen. Eine Vorstellung von Kapillaren wurde weder in der Reanalyse noch im Vermittlungsexperiment identifiziert. Einige Schüler können sich sogar vorstellen, dass Blut die Gefäße verlässt und Organe durchspült. Am Austrittspunkt des Organs schließt eine Vene an, das Blut fließt in diese hinein und wird zurück zum Herzen geleitet. Außerdem formulieren einige Lerner wie Markus die Vorstellung, dass Blut direkt in die Zellen gelangt.

### Lernervorstellungen vom Aufbau und von der Funktionsweise des Herzens

*„Es müsste mit zwei Herzkammern reichen. Es muss auf jeden Fall mehr als eine sein.“ (Markus)*

*„Es fließt Blut mit Sauerstoff und Blut mit Kohlenstoffdioxid durch das Herz. Darum muss das Herz zwei Kammern haben – mindestens.“ (Katja)*

Wie Markus und Katja verfügen viele Schüler über das Konzept „Herz mit zwei Kammern“. Einige Lerner formulieren das Konzept „Herz mit vier Kam-

mern“, sie können jedoch nicht begründen, wozu das Herz vier Kammern benötigt.

Zur Funktionsweise des Herzens gibt es ebenfalls unterschiedliche Vorstellungen. Viele Schüler stellen sich vor, dass das Blut durch Kontraktion des Herzmuskels aus dem Herzen gepresst wird, danach fließt wieder Blut in das Herz hinein. Einige Schüler stellen sich vor, dass das Blut nicht bloß in das Herz hineinfließt, sondern eingesogen wird. Manche Schüler können sich vorstellen, dass das Blut durch die Bewegung der Herzklappen gepumpt wird.

#### Lernervorstellungen von der Funktion des Kreislaufs

*„Vom Herz fließt das Blut mit dem Sauerstoff Richtung Fuß. Und wenn der Sauerstoff vom Fuß verbraucht ist, fließt es wieder durch die Venen zurück.“*  
(Lisa)

Viele Lerner verfügen über die Vorstellung, dass durch den Blutkreislauf Sauerstoff zu den Organen hin und Kohlenstoffdioxid von den Organen weg transportiert wird. Einige Schüler formulieren auch die Vorstellung vom Nährstofftransport. Außerdem können sich manche Schüler vorstellen, dass durch das Blut Stoffe, die die Zelle nicht mehr benötigt, abtransportiert werden.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass Lernervorstellungen vom Blut und vom Kreislauf durch Schemata und Metaphern geprägt sind. So ließen sich in Lerner aussagen ein Start-Weg-Ziel-Schema, ein Transport-Schema und ein Personen-Schema identifizieren.

#### - Start-Weg-Ziel-Schema

Nach der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens erlangt man Verständnis in einem nicht unmittelbar erfahrbaren Bereich, indem man verkörperte Vorstellungen auf diesen überträgt. Lerner nutzen ein Start-Weg-Ziel-Schema, um sich den Stofftransport innerhalb des Blutkreislaufs zu erklären. Dieses Schema ist aus der kinästhetischen Grunderfahrung entstanden, dass wir einen Ort A verlassen, um zu einem Ort B zu gelangen. Dieses intentionale Verhalten wird nun auf den Stofftransport im Kreislauf übertragen: Nährstoffe werden an einem Ort vom Blut aufgenommen, um zum Ort des Stoffbedarfs transportiert zu werden. Dieser intentionale, teleologische Transport erfolgt durch die Blutkörperchen, somit sind Start-Weg-Ziel-Schema und Personen-Schema hier eng miteinander verknüpft.

#### - Transport-Schema

Die Lerner übertragen ihre alltäglichen Erfahrungen, dass unbewegliche Objekte durch ein Individuum oder ein Vehikel transportiert werden müssen,

um ihre Position zu ändern, auf den Blutkreislauf. Die Atemgase und Nährstoffe können sich nicht selbstständig im Körper bewegen, sondern werden von den Blutkörperchen transportiert und verteilt.

- Personen-Schema

Den »Blutkörperchen« werden von den Lernern menschliche Eigenschaften zugesprochen, sie personifizieren die Blutzellen. Die Blutkörperchen wandern durch den Körper, nehmen Stoffe auf oder geben diese wieder ab.

## 6.2 Entwicklung der Vorstellungen während der Auseinandersetzung mit den Lernangeboten

In diesem Abschnitt soll an ausgewählten Beispielen die Entwicklung der Schülervorstellungen durch die Auseinandersetzung mit den didaktisch rekonstruierten Lernangeboten nachgezeichnet werden. Die Lernangebote werden hier unter den Leitlinien genannt, die aus der didaktischen Strukturierung entwickelt wurden. Die Schülerzitate sind chronologisch geordnet, d. h. Zitate, die hier vor der Beschreibung der Lernangebote stehen, wurden in der Untersuchung vor der Auseinandersetzung mit diesem Lernangebot geäußert; Zitate nach der Beschreibung wurden nach der Auseinandersetzung mit dem Lernangebot geäußert.

### »Lunge als Komponente des Kreislaufes begreifen«

*„Der Sauerstoff kommt durch die Atmung und durch die Haut ins Blut. Der Mensch atmet den Sauerstoff ein und der kommt dann von der Lunge ins Herz und das Herz wandelt das um.“ (Katja)*

Die Schüler verfügen über unterschiedliche Konzepte zur Sauerstoffaufnahme: *Herz als Ort der O<sub>2</sub>-Aufnahme*, *Lunge als Ort der O<sub>2</sub>-Aufnahme* und *Hautatmung*. Durch die Interventionen zur Leitlinie »Lunge als Komponente des Kreislaufes begreifen« sollen die Lerner erkennen, dass Sauerstoff in der Lunge ins Blut gelangt und die Lunge somit ein notwendiger Bestandteil des Kreislaufes ist. Das Lernangebot umfasst eine Abbildung der Atmungsorgane und einen Info-Text zum Ort der Sauerstoffaufnahme. Diese Lernangebote bewirken bei den Schülern eine Vorstellungsänderung.

*„Ach so! Dann ist es so, dass das Herz einfach nur pumpt.“ (Anna)*

Die Schüler lehnen das vorherige Konzept von der Sauerstoffaufnahme im Herzen ab und betonen die Funktion des Herzens als Pumpe.

### »Herz als doppelte Pumpe begreifen«

*„Das Herz hat vier Kammern, oder? Das verbrauchte Blut kommt da rein und wird dann hoch gepumpt zur Lunge. Auf der anderen Seite kommt das frische Blut wieder rein und wird dann wieder rausgepumpt.“ (Anna)*

*„Aber zwei Kammern würden doch dann auch reichen. Eine für den Hinweg und eine für den Rückweg.“ (Katja)*

Durch die Interventionen zur Leitlinie »Herz als doppelte Pumpe begreifen« sollen die Schüler erkennen, dass das Herz sowohl Körper- als auch Lungenpassage antreibt.

Bei vielen Schülern besteht eine Diskrepanz zwischen ihren Vorstellungen vom Aufbau des Herzens und dessen Funktionsweise. So formulieren einige Schüler zwar zu Beginn des Vermittlungsexperiments die Vorstellung, dass das Herz vier Kammern besitzt, sie verfügen jedoch nicht über eine zu dieser Vorstellung passende Erklärung der Funktionsweise. Dies führt dazu, dass sie das Konzept Herz mit vier Kammern verwerfen und für ein Herz mit zwei Kammern plädieren.

Im nächsten Schritt bekamen die Schüler einen Infotext zum Aufbau und der Funktionsweise des Herzens. Dann sollten sie den Blutfluss durch das Herz anhand eines Strukturmodells nachvollziehen. Hierbei traten drei Probleme auf. (1) Manche Schüler schlossen von der Farbe der Blutgefäße (rot bzw. blau) auf die Fließrichtung des sich darin befindenden Blutes, „blau“ bedeutete damit „Blut fließt zum Herzen“, dies ergibt vor allem für die Funktionszuweisung von Lungenarterie bzw. -vene Probleme. (2) Für einige Schüler erschien die Herzkammer als Sackgasse, denn sie erkannten die geschlossenen Taschenklappen des Modells nicht als Ausgang aus der Kammer. Das Blut konnte die Herzkammer daher nur verlassen, indem es wieder zurück in den Vorhof floss. (3) Außerdem schlossen einige Schüler vom Ansatz der Blutgefäße auf die weitere Fließrichtung im Körper.

Der Einsatz eines Funktionsmodells vom Herzen erleichterte den Schülern das Verständnis vom Blutfluss durch das Herz. Allerdings löste es für die Schüler nicht das Problem, wie das Blut von der Richtung Kopf weisenden Aorta in den Fuß gelangen kann.

*„Ich würde das Modell auf den Kopf drehen, weil ich glaube, dass die Aorta, also zumindest ihr Ansatz, nach unten geht.“ (Markus)*

»Kapillaren als Übergang zwischen Arterien und Vene begreifen«

*„Es gibt eine Hauptarterie, die fließt hin und von da gehen immer wieder kleine Arterien weg. Das Blut fließt immer noch in den Arterien lang. Und dann gibt es kleine Zugänge zu den Venen, wo das Blut wieder zurückfließen kann.“*  
(Anna)

Viele Schüler stellen sich vor, dass das Blut in unterschiedlichen Adern vom Herzen und zum Herzen fließt, allerdings hat sich beim »Erfassen der Lernerperspektive« keine Vorstellung identifizieren lassen, die mit der Wissenschaftlervorstellung von terminalen Strombahnen vergleichbar wäre. Einige Lerner können sich stattdessen vorstellen, dass das Blut die Adern an den Geweben verlässt und dann wieder in die Adern aufgenommen wird.

In Vermittlungssituationen soll den Lernern deutlich werden, dass die bisher genannten Aufgaben der Blutgefäße, nämlich Hin- und Rücktransport des Blutes, nicht ausreichen und somit eine dritte Gefäßart für die Versorgung der Gewebe erforderlich ist. Diese Vermittlungsaufgabe steht in engem Zusammenhang mit der Vermittlungsaufgabe von einem geschlossenen Blutkreislauf, ist jedoch nicht damit gleich zu setzen. Für die Lerner muss ein Übergang von Arterie zu Vene nicht auch bedeuten, dass das Blut in den Adern verbleibt.

Im Vermittlungsexperiment sollte eine farbige Abbildung (rot/blau) den Schülern das fachwissenschaftliche Verständnis vom Übergangsbereich näher bringen. Die Schüler sahen durch die zweifarbige Darstellung ihre Vorstellung als bestätigt an, dass es einen plötzlichen Wechsel zwischen Arterien und Venen gibt. In Kombination mit der Abbildung ist darüber hinaus der Einfluss eines Info-Textes über das Gefäßsystem auf die Lernervorstellungen nur sehr gering. Erst nach ausdrücklichem Verweis auf die Textinformationen erkennen die Schüler die Kapillaren als Gebiet des Stoffaustausches an.

*„Ach so, die Arterien geben das Blut an die Kapillaren ab.“* (Anna)

*„Hier findet der Sauerstoffwechsel statt.“* (Lisa)

»Blutkreislauf als geschlossenes System begreifen«

*„In einem Gewebe sind ganz viele Zellen drin, die liegen dicht an dicht. Dann fließt eine Ader, da ran und dann geht eine Vene weg. Und das Blut fließt an den Zellen vorbei.“* (Markus)

*„Das Blut fließt in die Zellen rein. Und die geben das auch weiter. Die Zellen nehmen sich das, was sie brauchen und dann geht das Blut einfach raus.“*  
(Markus)

Der wechselseitige Vergleich hat gezeigt, dass sich nicht alle Lerner den Blutkreislauf als geschlossenes System vorstellen. Die Wissenschaftler verfügen über die Vorstellung von Stoffaustausch durch Diffusion. Einige Lerner können sich jedoch nicht vorstellen, dass die Transportstoffe die Adern ohne das Blut verlassen können, sie verfügen stattdessen über das Konzept *Blut verlässt Adern*. Ausgehend von ihren lebensweltlichen Erfahrungen vom Transport (so kann z. B. das Päckchen die letzten Meter vom Postauto bis zur Haustür nicht allein zurücklegen) erklären sich die Schüler den, für sie nicht direkt erfahrbaren Bereich der Stoffverteilung im Körper.

## 7 Diskussion

Ausgehend von Schülervorstellungen wurden Lernangebote entwickelt und in Vermittlungsexperimenten evaluiert. Hierbei erwiesen sich einige Lernangebote als lernförderlich, andere hingegen als überarbeitungsbedürftig. Vor allem das Herzmodell und farbige Abbildungen von Blutgefäßen bereiteten den Schülern Schwierigkeiten. Ein Funktionsmodell erwies sich als sinnvolle Ergänzung zum Strukturmodell des Herzens. Welchen Einfluss eine Präparation auf das Verständnis der Lerner hat, ist noch empirisch zu überprüfen.

Die klassische farbige Darstellung von Blutgefäßen in Rot und Blau erwies sich sowohl beim Strukturmodell des Herzens als auch bei Abbildungen des Gefäßsystems als lernhinderlich. Es ist zu überprüfen, welchen Einfluss eine dreifarbige Darstellung mit einem gesonderten Farbton für die Kapillaren oder der Verzicht auf eine mehrfarbige Darstellung auf das Verständnis der Lerner haben.

Eine Klärung der Größenverhältnisse von Blutzellen, Transportstoffen und »regulären Ausgängen« aus den Adern könnte das Verständnis von einem geschlossenen Blutkreislauf erleichtern. So dürfte deutlich werden, dass die Blutzellen zum einen nicht aus den Adern austreten können, die Transportstoffe zum anderen jedoch mehrere Möglichkeiten haben, die Adern zu verlassen. Es soll außerdem deutlich werden, dass Blutzellen nicht in die Gewebezellen »hinein passen«. In diesem Zusammenhang könnten die Transportmechanismen Konvektion und Diffusion besprochen werden und so dabei helfen, die lebensweltliche Vorstellung vom Transport zu reflektieren. Eine generelle Klärung der Blutzusammensetzung könnte auch ausreichen, um den Schülern das Verständnis des Stoffaustauschs zu erleichtern. Die Einsicht, dass Blut aus fes-

ten und flüssigen Bestandteilen besteht, wird dem Verständnis des Stoffaustauschs zuträglich sein.

## Literatur

- ARNAUDIN, M.W. & J.J. MINTZES (1985): Students' alternative conceptions of the human circulatory system: a cross-age study. *Science Education* **69** (5), 721-733.
- ARNAUDIN, M.W. & J.J. MINTZES (1986): What Research says. The cardiovascular system: children's conceptions and misconceptions. *Science and Children* (2), 48-51.
- SCHMIDT, R., F. LANG & G. THEWS (Hrsg.) (2004): *Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie*. Springer, Berlin, 603-663.
- CUTHBERT, A.J. (2000): Do children have a holistic view of their internal body maps? *School Science Review* **82** (299), 25-32.
- DUIT, R. (1995): Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik* **41** (6), 905-923.
- DUIT, R. & D.F. TREGUST (2003): Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education* **25** (6), 671-688.
- DUIT, R. (2004): Bibliography – STCSE. Students' and teachers' conceptions and science education. <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse.html> (02.04.2004).
- GELLERT, E. (1962): Children's conceptions of the content and functions of the human body. *Genetic psychology monographs* **65**, 293-405.
- GERSTENMAIER, J. & H. MANDL (1995): Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik* **41** (6), 867-888.
- GROPENGIEBER, H. (2003): *Lebenswelten / Denkwelten / Sprechwelten. Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Band 4.* Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg.
- GROPENGIEBER, H. (2005): Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In: MAYRING, P. & M. GLÄSER-ZIKUDA (Hrsg.): *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse*. 172-189.
- KATTMANN, U., H. GROPENGIEBER & M. KOMOREK (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* **3** (3), 3-18.
- MAYRING, P. (2003): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Beltz, Weinheim.
- RIEMEIER, T. (2005): *Biologie verstehen: Die Zelltheorie*. Didaktisches Zentrum Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg.
- STRIKE, K. & G. POSNER (1992): A Revisionist Theory of Conceptual Change. In: DUSCHL, R. & R. HAMILTON (Hrsg.): *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practise*. State University of New York Press, New York, 147-176.
- SUNDERMEIER, S. (2004): *Vorstellungen zum Blut im menschlichen Körper. Empirische Untersuchung von Schülervorstellungen und fachlichen Vorstellungen. Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien, eingereicht am Fachbereich für Erziehungswissenschaften der Universität Hannover.*
- TERHART, E. (1999): Konstruktivismus und Unterricht. Gibt es einen neuen Ansatz in der Allgemeinen Didaktik? *Zeitschrift für Pädagogik* **45** (5), 627-647