

TANJA RIEMEIER, MARCEL JANKOWSKI, BETTINA KERSTEN, SABRINA PACH, ISABEL RABE,
STEFAN SUNDERMEIER UND HARALD GROPPENGISSER

Wo das Blut fließt. Schülervorstellungen zu Blut, Herz und Kreislauf beim Menschen

Where our blood flows. Students' conceptions about blood, heart and circulation

Zusammenfassung

Lerner konstruieren Wissen aktiv auf der Grundlage bereits bestehender Vorstellungen, daher ist es wichtig, diese in den Lehr-Lern-Prozess einzubinden. Im Rahmen des Modells der Didaktischen Rekonstruktion werden Befunde aus empirischen Untersuchungen zu Lernervorstellungen zum Blut und Blutkreislauf mit der Fachlichen Klärung dieses Themas in Beziehung gesetzt und auf der Grundlage der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens systematisiert. Hierbei wird unterschieden zwischen erfahrungsbasierten und imaginativen Konzepten. Diese Systematisierung ermöglicht es, wesentliche Verständnisschwierigkeiten rund um das Thema Blut und Herz-Kreislauf aufzuzeigen.

Schlüsselwörter: Schülervorstellungen, Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens, Modell der Didaktischen Rekonstruktion, Blutkreislauf,

Abstract

Students construct newly gained knowledge on the basis of previously developed conceptions. Hence such conceptions are to be accounted for in teaching/learning processes. Retrieved from interviews and teaching experiments students' conceptions of blood and of the cardiovascular-system were scrutinized. Findings were systematized applying the theory of experiential realism. Outcomes demonstrate on the one hand that students employ embodied thought in the domain of blood and the circulatory system. On the other hand their understanding is imaginative. Based on these findings learning difficulties can be identified.

Keywords: conceptions, blood circulation, experiential realism, Model of Educational Reconstruction

1 Einleitung

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

Katja ist Schülerin der 8. Klasse und das Thema »Blutkreislauf« stand noch nicht auf ihrem Stundenplan, trotzdem verfügt sie bereits über Vorstellungen dazu. Derartige Vorstellungen genügen zwar dem fachlichen Verständnis nicht, sie haben Schülern aber bisher geholfen, sich die Prozesse in ihrem Körper zu erklären. Für Lerner sind ihre Vorstellungen also durchaus sinnvoll und Lehrer sollten sie bei einem Unterricht zu diesem

Themengebiet beachten. Denn viele Lernervorstellungen können nicht einfach durch biologische Vorstellungen ersetzt werden (u. a. Duit & Treagust, 2003). Vielmehr sollen Vorstellungen der Lernenden in die Planung und Durchführung des Unterrichts einbezogen werden. Im Folgenden werden empirische Befunde aus fünf Studien zum Themengebiet Blut und Blutkreislauf dargestellt.

2 Theoretischer Rahmen

Lernen wird in den hier vorgestellten Untersuchungen im Sinne einer konstruktiv-

tischen Sichtweise (u.a. Gerstenmaier & Mandl, 1995; Duit, 1995; Terhart, 1999; Widodo & Duit, 2004; Widodo, 2004; Mandl, 2006; Riemeier, 2007) sowie der conceptual-change-Theorie (u.a. Strike & Posner, 1992; Duit & Treagust, 2003; Krüger, 2007) aufgefasst. Zur Analyse der Lernervorstellungen wird die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens genutzt (Lakoff & Johnson, 1999; Gropengießer, 2003; 2007). Nach dieser von Lakoff und Johnson (1980) begründeten Theorie bilden Erfahrungen die Grundlage unseres Verständnisses und unser Verstehen funktioniert in vielen Wissensgebieten weitgehend imaginativ durch die Verwendung von Metaphern, Analogien oder Metonymien. Die Theorie unterscheidet zwischen »verkörperten« und »imaginativen« Vorstellungen:

- **verkörperte Vorstellungen:** Durch Wahrnehmung und Bewegung interagieren wir mit unserer Umwelt. Diese unmittelbare Begegnung und Interaktion von Körper und Hirn mit der physischen und sozialen Umwelt wird Erfahrung genannt. Der Begriff der Erfahrung bezieht sich also allein auf die Interaktion und nicht auch auf die erinnerte Vorstellung dazu. Wiederholte ähnliche Erfahrungen erregen ähnliche neuronale Netze, die dadurch konstituiert, strukturiert und fortlaufend besser verknüpft werden. Mit Begriffen wie »greifen«, »laufen«, »springen« oder »Stuhl«, »Baum« und »Haus« nutzen wir diese funktionalen neuronalen Netze. Weil somit unser Verstehen in diesem Bereich davon abhängt, wie wir mit unserem Körper und Hirn der Welt begegnen, werden diese konzeptuellen Strukturen »verkörperte Vorstellungen« genannt (Gallese & Lakoff, 2005; Gropengießer, 2003; Riemeier, 2005).
- **imaginative Vorstellungen:** In vielen Fällen ist die Möglichkeit der unmittelbaren Begegnung und Interaktion nicht gegeben, damit ist der entsprechende Bereich nicht unmittelbar erfahrbar. Es ist beispielsweise nicht möglich, in unserer Alltagswelt verkörperte Vorstellungen

von im Körper liegenden Organen oder von Zellen zu bilden. Unser Verständnis in diesen Bereichen erlangen wir durch Imagination: Dazu werden Vorstellungen aus einem Ursprungsbereich – meist einem unmittelbar erfahrbaren Bereich – in ihrer Struktur auf einen Zielbereich übertragen. Der Zielbereich wird also imaginativ, meist durch Metaphorik erschlossen. Metaphern werden in dieser Theorie also nicht im Sinne des klassischen Metaphernbegriffs als sprachliche Ausschmückung angesehen sondern als metaphorische Konzepte, mit denen wir Verständnis über die Welt erlangen. Neben Metaphern nutzen wir auch Metonymien oder Analogien für die Übertragung konzeptueller Strukturen (Lakoff & Johnson, 1980, 39). So werden z. B. Zellen imaginativ als Personen verstanden, die »essen« und miteinander »kommunizieren« können, sich »fortpflanzen« und über Organe wie »Füße«, »Mund« und »Gehirn« verfügen. Die Struktur der Vorstellung zur Person, die aus physischen und sozialen Erfahrungen erwachsen ist, wird also imaginativ in den Zielbereich Zellen übertragen. Indem der Zielbereich durch Metaphorik erschlossen wird, strukturiert der Ursprungsbereich das Verständnis eben dieses Zielbereiches. Sprache und Denken 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 (Lakoff & Johnson, 1999; Gropengießer, 2003).

Die Unterscheidung von »verkörperten« und »imaginativen« Vorstellungen ähnelt auf den ersten Blick der weithin üblichen, die danach fragt, woher die Vorstellungen kommen und dafür als Quellen einerseits die Sinneserfahrungen und andererseits den Einfluss der Alltagssprache, der Medien und des Unterrichts annimmt. Bei der üblichen Unterscheidung bleibt aber unklar, warum in der Alltagssprache, den Medien, im Unterricht und teilweise sogar in Hoch-

schullehrbüchern lebensweltliche und aus fachlicher Sicht sogar falsche Vorstellungen zur Sprache kommen.

Nach der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens unterscheiden wir Vorstellungen nicht nach ihren Quellen, sondern nach ihrer Genese. »Verkörperte« Vorstellungen erwachsen unmittelbar aus der Erfahrung und sind direkt verständlich. Dieses selbstverständliche und unhinterfragte Weltwissen entsteht in Situationen, die praktisch jeder Mensch wiederholt erlebt. Auf die mutmaßlichen Entstehungssituationen wird jeweils hingewiesen. Dagegen entsteht eine »imaginative« Vorstellung vor allem durch die metaphorische Nutzung der Struktur einer verkörperten Vorstellung. Hier sind Menschen zu vielfältigem – aber keineswegs beliebigem – metaphorischen Denken über einen abstrakten Wissensbereich fähig. Allerdings entsprechen die lebensweltlichen imaginativen Vorstellungen, wie sie von Schülern, Redakteuren und selbst Wissenschaftlern gedacht werden, in aller Regel nicht den wissenschaftlichen Theorien. Die Genese der imaginativen Vorstellungen ist aber im Rahmen der Verstehens- theorie erklärbar.

3 Fragestellung der Untersuchung

Das Ziel der Untersuchung ist die Erfassung von Schülervorstellungen zum Thema Blut und Blutbewegung bzw. -kreislauf. Dazu werden die Vorstellungen im Rahmen der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens interpretiert. Aus dieser Zielsetzung ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Über welche Vorstellungen verfügen Lerner zu Blut und dessen Bewegung im Körper?
- Welche Vorstellungen der Lerner gründen in Erfahrungen, welches sind imaginative Vorstellungen?
- Welche Verstehensschwierigkeiten sind zu erwarten und welche Lernmöglichkeiten eröffnen sich?

4 Methoden

Das methodische Vorgehen der Untersuchung orientiert sich am Forschungsrahmen der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997; Kattmann, 2007a). Die fachwissenschaftlichen Vorstellungen im Bereich Blut und Blutkreislauf wurden mit Hilfe einer Dokumentenanalyse aktueller Hochschullehrbücher (Klinke, Pape & Silbernagl, 2003; Schmidt & Lang, 2004) fachlich geklärt. Zum »Erfassen der Lernervorstellungen« wurden drei Untersuchungen durchgeführt: Erstens eine Erhebung des Stands der Forschung zu empirischen Untersuchungen im Themenbereich Blut und Blutkreislauf und eine anschließende Reinterpretation dieser Ergebnisse, zweitens leitfadenstrukturierte Interviews und drittens Interviewphasen von Vermittlungsexperimenten. Die beiden letztgenannten Methoden wurden gewählt, um individuelle Denkstrukturen von Lernenden zum Thema Blut und Blutkreislauf erfassen zu können. Dieses Ziel setzt eine subjektbezogene Datenerhebung mit einem offenen und interaktiven Verfahren voraus, wie es mit qualitativen Untersuchungsmethoden vorliegt. Die Aufbereitung und Auswertung der Daten erfolgte jeweils anhand der Qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2003; Gropengießer, 2005). Dies bedeutet, dass die Aussagen der Lernenden mit den folgenden fünf Schritten aufbereitet und ausgewertet wurden: (1) Transkription der Interviews, (2) Redigieren der Transkripte, d.h. eine Überführung der Schüleraussagen in eine grammatikalisch korrekte Form, (3) Ordnen der Schüleraussagen (Zusammenfassung gleicher oder ähnlicher Aussagen zu Themenkomplexen), (4) Explikation, d.h. Interpretation der Aussagen sowie Identifikation von Vorstellungen und Erfahrungen, die diese Vorstellungen bedingen, (5) Einzelstrukturierung (Formulierung von Konzepten).

Um vorunterrichtliche Lernervorstellungen untersuchen zu können, wurde die Stichprobe in allen hier dargestellten Untersuchungen so gewählt, dass die Probanden noch keinen Unterricht zum Thema Blut

und Blutkreislauf hatten. Das methodische Vorgehen zur Erfassung der Lernervorstellungen soll im Folgenden genauer beschrieben werden.

4.1 Stand der Forschung und Reinterpretation empirischer Ergebnisse aus Primärerhebungen

Aus der Gesamtheit der Einträge in der Bibliographie Students' and Teachers' Conceptions and Science Education (Duit, 2009) wurden mit den Suchwörtern *Blut/blood, Kreislauf/circular/vascular, Herz/heart* thematisch einschlägige Publikationen herausgezogen. Es wurden dann Arbeiten ausgewählt, die empirische Befunde zu Lernervorstellungen enthielten. Eine weitere uns bekannte Publikation (Hammann, 2003) wurde ebenfalls einbezogen (Tabelle im Anhang). Das weitere Vorgehen erfolgte in drei Schritten: Zunächst wurden die Primärerhebungen unter Berücksichtigung der Fragestellung kritisch gesichtet und zusammenfassend dargestellt. Danach folgte eine Strukturierung der Befunde auf der Ebene von Konzepten und Denkfiguren. Die sich anschließende Interpretation der Befunde erfolgte vor dem Hintergrund der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens.

Die Befunde aus dem Stand der Forschung können genutzt werden, um eine grundlegende Unterscheidung der Lernervorstellungen zu Blut und Blutkreislauf in verkörperte oder imaginative Vorstellungen zu treffen: Vorstellungen, die so ausgedrückt werden, als ob sie auf unmittelbare Erfahrungen zurückgehen, ordnen wir den erfahrungsbasierten Vorstellungen zu. Tatsächlich haben wir Erfahrungen mit dem Lebenssaft Blut, mit den sichtbaren bläulichen Adern unter der Haut und mit dem je nach Gefühlslage veränderlichen Herzschlag und der geröteten Haut (vgl. Loughran et al., 2001, 297). Die darin gründenden Vorstellungen sind verkörpert. Sie können den Bereichen *Bluten, Adern, Hautröte* und *Herzschlag* zugeordnet werden. Hingegen

sind Vorstellungen wie die von den Herzkammern, den Kapillaren oder dem Blutkreislauf für unsere Probanden imaginativ. Innerhalb der Thematik Blut und Blutkreislauf können mindestens vier verschiedene Bereiche identifiziert werden, in denen imaginative Vorstellungen verfügbar sind: Vorstellungen zu den Bestandteilen und der Funktion des Blutes, Vorstellungen zur Blutbewegung, Vorstellungen zur Funktion des Herzens und Vorstellungen zur Struktur des Herzens.

Unsere Befunde aus den Einzelinterviews bzw. den Interviewphasen der Vermittlungsexperimente (siehe 4.2 und 4.3) werden im Folgenden zu den oben beschriebenen Bereichen in Beziehung gesetzt. Um hierbei regelgeleitet vorzugehen, wurden die erfassten Schüleraussagen von der Erstautorin und einem weiteren Forscher den beiden Kategorien zugeordnet und die Kategorisierung kommunikativ validiert (Mayring, 2003, 112).

Die Vorstellungen werden auf der Ebene von Konzepten beschrieben. Innerhalb eines Konzeptes werden mindestens zwei Begriffe gedanklich miteinander in Beziehung gesetzt.

4.2 Leitfadenzentrierte Einzelinterviews

Zur Erhebung der Schülervorstellungen wurden durch einen Leitfaden strukturierte Einzelinterviews durchgeführt. Es wurden insgesamt 7 Schüler (2 weiblich, 5 männlich) der Klassenstufe 6, 7 und 8 verschiedener Gymnasien in der Umgebung von Hannover interviewt (Sundermeier, 2006; Rabe, 2007). Die Schüler hatten bis zum Zeitpunkt der Erhebung keinen Unterricht zum Thema Blut und Blutkreislauf. Die Interviews fanden an einem öffentlichen Ort außerhalb der Schule bzw. bei den Schülern zu Hause statt. Die Tonaufzeichnungen der Interviews wurden transkribiert und mithilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2003) ausgewertet (siehe Einleitung Kapitel 4).

4.3 Analyse von Interviewphasen in Vermittlungsexperimenten

Die Methode des Vermittlungsexperiments ist angelehnt an die der *teaching experiments* (Steffe, 1983; Katu et al., 1993). Dies ermöglicht, Lernervorstellungen unmittelbar vor, während und nach der Auseinandersetzung mit diesem Lernangebot zu erfassen. Eine ausführliche Darstellung hierzu gibt Riemeier (2005). Für die Vermittlungsexperimente zum Thema Blutkreislauf wurden Kleingruppen mit je drei Schülern gebildet. Die gewählte Sozialform sollte die Diskussion der Lerner untereinander fördern. Die kleine Gruppengröße hält die Kommunikation der Lerner untereinander in einem überschaubaren Rahmen. Während der Vermittlungsexperimente kann der Leiter immer wieder Phasen der Ermittlung von Vorstellungen einfügen (Interviewphasen). In diesen Phasen werden neue Ideen beschrieben, die Bedeutung verwendeter Wörter erläutert oder Verständnisprobleme behoben. Manchmal ist es erforderlich, die Vermittlungssituation an geeigneten Stellen zu unterbrechen und jeden Lerner aufzufordern, seine Vorstellungen zu formulieren. Dadurch können dem Ziel der Untersuchung entsprechend auch in der Gruppensituation individuelle Denkstrukturen von Schülern erfasst werden. Die Vermittlungsexperimente wurden videographiert, um neben der Sprache auch die nonverbale Kommunikation zu erfassen sowie die Sprecher sicher zu identifizieren.

An zwei Untersuchungen nahmen insgesamt 26 Schüler (17 Mädchen, 9 Jungen) aus der Umgebung von Hannover teil, die zur Zeit der Datenaufnahme die 8. Klasse eines Gymnasiums besuchten (Pach, 2006; Kersten, 2008). Zur Auswahl der Probanden wurden Kollegen verschiedener hannoverscher Gymnasien gebeten, Schüler dieser Altersklasse zu benennen, die als kommunikativ gelten. Die Lernenden wurden unabhängig von der Schulsituation angesprochen. Die Vermittlungsexperimente wurden in den Räumen der Leibniz Universität Han-

nover durchgeführt. Von diesem, wie auch dem folgenden Vermittlungsexperimenten werden hier lediglich die Befunde aus den Interviewphasen dargestellt.

In einer weiteren Untersuchung (Jankowski, 2009) wurden die Vorstellungen von insgesamt 27 Schülern einer 8. Klasse in der Schulsituation (Gymnasium in der Umgebung von Hannover) erfasst. Die Probanden arbeiteten hierbei in Gruppen von jeweils drei Schülern zusammen an einer Aufgabenserie zum Thema Blut und Blutkreislauf, die auf der Basis der empirischen Befunde aus Pach (2006) entwickelt wurde.

5 Ergebnisse

5.1 Erfahrungsbasierte Konzepte

„Blut ist im Körper und man kann es sehen, wenn man sich schneidet oder Nasenbluten hat.(...) Es ist rot und sieben bis acht Liter Blut fließen durch den Körper“. (Andrea, Klasse 8)

„Das Blut weiß, wo es lang fließen muss, weil es strömt.“ (Lisa, Klasse 8)

Zu der Thematik Blut und Blutkreislauf machen wir im Verlauf unseres Lebens einige direkte Erfahrungen mit unserem Körper. So erfahren wir bereits frühzeitig in unserer Kindheit, dass wir bei Verletzungen wie einem Schnitt in den Finger bluten. D.h. eine rote Flüssigkeit, das Blut, fließt aus der Körperstelle der Verletzung. Aus dieser Erfahrung erwachsen Vorstellungen über das Blut, die sich in den empirischen Befunden finden lassen. So stellen sich Schüler Blut als rote Flüssigkeit vor, die durch den Körper fließt (Konzept *Rote Flüssigkeit* und *Blut fließt*, vgl. Arnaudin & Mintzes, 1985).

Im Zusammenhang mit dem Bluten ist die Schorfbildung über der Verletzung, d. h. der Wundverschluss, eine weitere, wiederholte Erfahrung. Aus der blutähnlichen Farbe des Schorfes kann das Konzept *Blut trocknet* erwachsen. Michael (Klasse 8) stellt sich z. B. vor, dass sich das Blut wie eine „Kruste“ auf die Wunde setzt und die Ader

verschließt. Dabei ist die Kruste seiner Vorstellung nach „getrocknetes Blut“.

„Blut ist, wenn man sich schneidet, rot. Wenn man auf die Haut guckt, sieht Blut, das in den Adern fließt, blau aus. Das könnten diese Röhrchen und die Haut machen. Oder das Blut ändert an der Luft, wenn es rauskommt, die Farbe, weil es mit ihr verbunden wird und wird rot.“ (Yvonne, Klasse 8)

„Blutadern sind Leitungen, so wie beim Wasser. Sie leiten das Blut, das durch das Herz durch sie hindurch gepumpt wird, überall hin, damit es nicht irgendwo wirt im Körper herumirrt.“ (Benjamin, Klasse 7)

In Hinblick auf das Blutkreislaufsystem machen wir Erfahrungen in den Bereichen der Adern und des Herzschlags. Adern können wir an verschiedenen Stellen des Körpers (z.B. an den Unterarmen) durch die Haut sehen. Diese Erfahrung erklärt den Befund, nach dem sich alle Probanden in der von uns untersuchten Stichprobe den Blutfluss in Adern oder Leitungen/Röhren/Bahnen vorstellen (Konzept *Blut in Adern*). Allerdings erscheinen die Adern blau, was blaues Blut nahe legt. Dies steht im Gegensatz zu unserer Erfahrung beim Bluten, wo rotes Blut austritt. Yvonne löst diesen Gegensatz, indem sie sich vorstellt, Blut in den Adern sei blau und färbe sich an der Luft rot (Konzept *Blaues Blut*).

„Man wird rot, wenn einem etwas peinlich ist. (...) Wenn man schnell rennt, wird man auch rot.“ (Hans, Klasse 6)

Peinliche und anstrengende Situationen hat jeder schon erfahren. Das begleitende Rot werden erklären sich Schüler der 6., 7. und 8. Klasse durch schnellere oder stärkere Durchblutung, die als rote Färbung sichtbar ist.

„Das Herz ist in der Mitte.“ (Sara, Klasse 8)

„Das Blut wird vom Herzen auf die ganzen Adern verteilt. Wenn man schnell läuft, pumpt es schneller. Darum kann es auch immer mehr Blut transportieren.“ (Michael, Klasse 8)

Das Schlagen des Herzens ist eine Erfahrung, die uns vor allem bei Veränderungen

der Herzschlagfrequenz (z. B. bei körperlicher Anstrengung) bewusst wird. Dem Herzen wird dabei eine zentrale Rolle im Körper zugesprochen (Abb. 1). Dementsprechend ist das Herz das in Schülerzeichnungen am häufigsten eingezeichnete Organ (z. B. Porter, 1974; Blum, 1997; Cuthbert, 2000; Reiss & Tunnicliffe, 2001). Das Herz wird als Zentrum oder Mitte des Körpers vorgestellt, Extremitäten wie Finger oder Füße werden der Körperperipherie zugeordnet. Diesem Zentrum-Peripherie-Schema (Lakoff, 1987, 274) folgend wird dem Herzen eine größere Bedeutung als der Peripherie zugeschrieben. Dementsprechend liegt das Herz für viele Schüler in der Mitte des Körpers (Konzept *Herz als Mitte*).

Des Weiteren wird durch die sehr präsente Erfahrung des Herzschlags erklärbar, weshalb der Herzschlag mit dem Blutfluss verbunden und das Herz dabei zum Antrieb des Blutstroms wird (Konzept *Herz als Antrieb*).

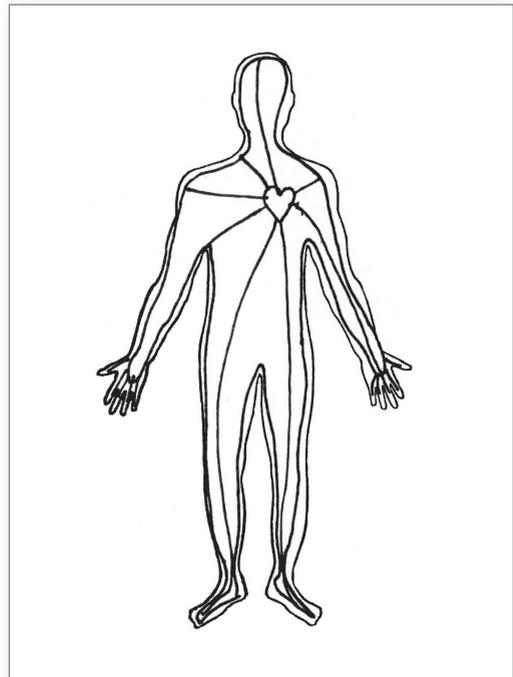


Abb. 1: Schülerzeichnung zur Blutbewegung im menschlichen Körper (Zagareth, Klasse 8 eines Gymnasiums, vorunterrichtlich).

Tab. 1: Erfahrungsbasierte Konzepte zu Blut, Herz und Kreislauf

Bereiche	Konzeptnamen	Konzepte
Bluten	<i>Rote Flüssigkeit</i>	Blut ist flüssig und rot.
	<i>Blut fließt</i>	Blut fließt durch den Körper.
	<i>Blut trocknet</i>	Blut trocknet an der Luft.
Adern	<i>Blut in Adern</i>	Blut fließt in Adern durch den Körper.
	<i>Blaues Blut</i>	Innerhalb der Adern erscheint das Blut blau.
Hautröte	<i>Rot werden</i>	Erröten kommt von starker Durchblutung.
Herzschlag	<i>Herz als Mitte</i>	Das Herz ist die Mitte des Körpers.
	<i>Herz als Antrieb</i>	Das Herz treibt den Blutfluss im Körper an.

5.2 Imaginative Konzepte

Neben den beschriebenen erfahrungsbasierten Konzepten sind bei Lernenden imaginative Vorstellungen verfügbar. Innerhalb der Thematik Blut und Blutkreislauf sind in vier verschiedenen Bereichen imaginative Konzepte verfügbar: Vorstellungen zu den Bestandteilen des Blutes und zur Funktion des Blutes, Vorstellungen zur Blutbewegung, Vorstellungen zur Funktion des Herzens und Vorstellungen zur Struktur des Herzens.

Vorstellungen zu den Bestandteilen und zur Funktion des Blutes

„Blutkörperchen, das sind so kleine Männchen, die da in den Adern herum laufen, wie kleine Bällchen vielleicht. (...) Blutgruppen sind wahrscheinlich unterschiedliche Formen von Blutkörperchen. Manche Formen passen einfach nicht zusammen und die machen sich gegenseitig kaputt, also einfach wie Streit – dass die sich nicht verstehen und dann gegenseitig kaputt machen.“ (Michael, Klasse 8)

„Verschiedene Blutgruppen stoßen sich halt wieder ab. Weil die kennen die anderen ja nicht. Kennen ja nur sich, die eigene Blutgruppe. Und wenn es z. B. statt A B ist, dann

kennen sie die B-Teilchen überhaupt nicht.“ (Sven, Klasse 8)

Wie die Aussage von Michael verdeutlicht, übertragen die Lernenden menschliche Fähigkeiten auf Blutzellen (Konzept *Blutkörperchen*). Hierbei stellt die eigene Person den Ursprungsbereich und die Blutzelle den Zielbereich dar. Die Metapher drückt sich schon im Namen *Blutkörperchen* aus. Dabei wurde in keiner der eigenen Studien der Terminus „Blutkörperchen“ durch die Untersuchungsleiter in das Interview eingeführt. Vielmehr ist dieser Ausdruck weithin üblich, der Terminus *Blutzellen* wird dagegen von unseren Probanden sehr selten gebraucht. Weiterhin konnten Vorstellungen erfasst werden, in denen die Unverträglichkeit verschiedener Blutgruppen ähnlich einem Streit zwischen den Blutgruppen beschrieben wird. Wie in dem Zitat von Sven werden den Blutkörperchen kognitive Leistungen zugebilligt. So können sie die eigene Blutgruppe „erkennen“ oder die Blutkörperchen „verstehen sich nicht“ und vernichten sich daraufhin. Hierbei wird die metaphorische Übertragung menschlicher Eigenschaften vermutlich auch durch den Terminus „Blutgruppen“ gefördert, da wir Gruppen lebensweltlich als eine Ansammlung von Menschen verstehen.

„Blut transportiert Sauerstoff, andere Sachen und Kohlenstoffdioxid. Es transportiert

Sauerstoff zu den Muskeln und die Muskeln brauchen den Sauerstoff, damit sie die Sachen verrichten können, die sie machen müssen.“ (Sven, Klasse 8)

„Blut hat man, um irgendwelche Nahrungsstoffe wie Zucker, Eisen oder so zu den Sachen, wo man sie braucht, z. B. den Muskeln zu transportieren.“ (Michael, Klasse 8)

Anhand der zitierten Äußerungen von Sven und Michael wird deutlich, dass die Lernenden dem Blut die Aufgabe des Transports von Stoffen durch den Körper zuschreiben. Das Blut versorgt die Muskeln bzw. Organe mit „Nahrungsstoffen“ oder „Sauerstoff“ und „sorgt für den Abtransport von nicht mehr gebrauchten Stoffen wie Kohlenstoffdioxid“ (Yvonne, Klasse 8). Diese Vorstellungen können zu dem Konzept *Blut versorgt* verallgemeinert werden, wobei als transportierte Stoffe Sauerstoff, Nährstoffe, Kohlenstoffdioxid oder auch „Abfallstoffe“ genannt werden.

Im Zusammenhang mit diesem Konzept sprechen Schüler auch von „frischem“ und „verbrauchtem Blut“. Obwohl sie sagen können, dass sie darunter sauerstoffreiches bzw. -armes Blut verstehen, verwenden sie diese Bezeichnungen nur selten. Die Schüler übertragen hierbei vermutlich die Redewendung von der frischen und verbrauchten Luft, die lebensweltlich genutzt wird und auf einen hohen bzw. geringen Sauerstoffgehalt in Räumen abzielt, auf das Blut. Dies zeigt, dass die Versorgung mit Sauerstoff, der als unbedingt lebensnotwendig gilt, als Hauptaufgabe des Blutes vorgestellt wird (siehe auch Kattmann, 2007b).

Die Funktionen des Blutes (vgl. Mintzes, 1984; Arnaudin & Mintzes, 1985; Sungur et al., 2001) werden hauptsächlich in der Versorgung des Körpers gesehen. Das Konzept *Blut versorgt* wird von Marcus konsequent zu Ende gedacht: *„Das Blut fließt in die Zellen rein. Und die geben das auch weiter. Die Zellen nehmen sich das, was sie brauchen und dann gibt das Blut einfach raus.“* Das Transportmedium Blut muss die zu transportierenden Stoffe an die Orte und Stellen bringen, wo sie hingehören – in die Zellen oder

in den Fuß. Dies wird auch in dem weiter unten stehenden Zitat von Lisa deutlich.

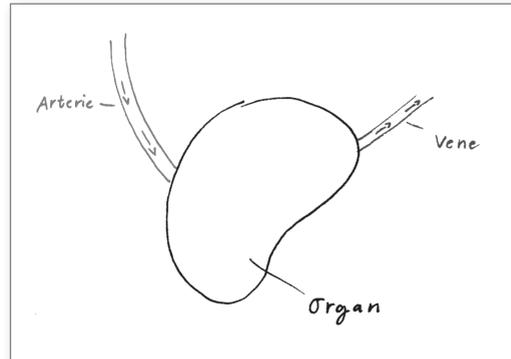


Abb. 2: Schülerzeichnung zum Übergang zwischen Arterien und Venen (Svenja, Klasse 8 eines Gymnasiums, vorunterrichtlich).

Auch ein Organ, so stellen sich die Schüler vor, wird mit Blut versorgt, indem das Blut eine Arterie verlässt, das Organ durchspült und in eine Vene austritt. Svenja: *„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.“* Wie Abb. 2 zeigt, bewegt sich das Blut im Verständnis mancher Lerner in einem halboffenen System.

Andere Schüler stellen sich einen abrupten Übergang zwischen den Gefäßen vor, d. h. die Arterie wird direkt zur Vene (Abb. 3). Kapillaren und deren Funktion werden in diesen Vorstellungen nicht berücksichtigt. Vor dem Hintergrund der Theorie des er-

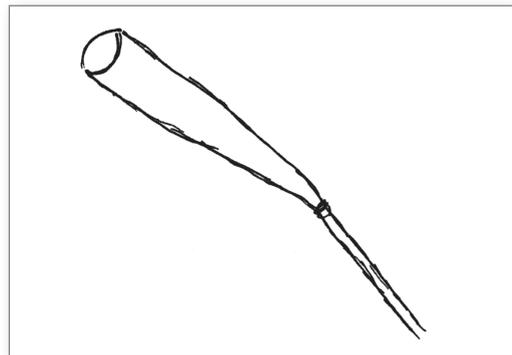


Abb. 3: Schülerzeichnung zum Übergang zwischen Arterien und Venen (Zagareth, Klasse 8 eines Gymnasiums, vorunterrichtlich).

Tab. 2: Konzepte zu Blutbestandteilen und zur Funktion des Blutes

Denkfigur	Konzeptnamen	Konzepte
Personifiziertes Blut	<i>Blutkörperchen</i>	Blutkörperchen sind kleine Männchen, die im Körper umherlaufen.
	<i>Blutgruppen</i>	Blutkörperchen gleicher Blutgruppen erkennen einander; mit anderen streiten und kämpfen sie.
	<i>Blut versorgt</i>	Blut versorgt den Körper mit Sauerstoff und/oder Nährstoffen und entsorgt Kohlenstoffdioxid und Abfallstoffe.
	<i>Blut bekämpft</i>	Blut oder dessen Bestandteile kämpfen gegen Krankheitserreger.

fahrungsbasierten Verstehens erstaunt dieser Befund wenig, da wir zwar Erfahrungen mit den größeren, durch die Haut sichtbaren Blutgefäßen machen, kleinere Gefäße wie die Kapillaren aber nicht wahrnehmen.

„Im Blut sind Schädlingsbekämpfer, die die Krankheiten bekämpfen, wenn sie in den Körper rein kommen, so dass die Krankheiten so schnell wie möglich wieder rauskommen.“ (Hans, Klasse 6)

Hans sieht die Funktion des Blutes in der Immunabwehr. Hierbei stellt er sich den Körper als Behälter vor, in den die Krankheiten von außen eindringen können und nach erfolgreichem Kampf mit den „Schädlingsbekämpfern“ des Blutes wieder hinaus gelangen. Für ein Verständnis der immunologischen Prozesse der Immunabwehr nutzt Hans den Ursprungsbereich des Kampfes (Trauschke, 2008).

Gemeinsam ist den Konzepten zu den Blutbestandteilen und zur Funktion des Blutes, dass Schüler menschliche Eigenschaften, Emotionen, Fähigkeiten, Handlungen oder auch die menschliche Körpergestalt auf das Blut übertragen. Diese Anthropomorphismen können zur Denkfigur PERSONIFIZIERTES BLUT zusammengefasst werden. Hintergrund der beschriebenen Denkfigur ist der Versuch und zugleich die Schwierigkeit, die zelluläre Ebene in die Vorstellungen vom Blut einzubeziehen. Dies gelingt allein imaginativ und aus fachlicher Sicht unbefriedigend. Konkrete Erfahrungen mit Blutzellen von einem

Blutausstrich sind für eine Vorstellungsentwicklung erfolgversprechend. Außerdem zeigen die Befunde, dass eine Reflexion des Terminus „Blutkörperchen“ mit den Lernenden notwendig ist.

Vorstellungen zur Blutbewegung

„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, Klasse 8)

„Man kann ja auch sehen, wie die Adern verlaufen. Die führen in einer Blutbahn hin und durch Abtrennungen in den Adern wieder zurück. Das verläuft wie im Straßenverkehr: rechts und links, wo dann die Blutkörperchen hin und her wandern. Auf der rechten Seite gehen die Blutkörperchen zu der Stelle hin und auf der anderen Seite wieder zurück zum Herzen.“ (Michael, Klasse 8)

„Blut fließt in die Beine überall in die Zehen und kommt dann zum Herzen, zur Lunge, zur Niere, die das Ende ist. Das ist ein Kreislauf (...) Das andere Bein ist ein eigener Kreislauf. Da geht es über die andere Niere ins Bein und wieder hoch.“ (Sven, Klasse 8)

„Vom Fuß gelangt das Blut zum Herzen. Das Blut wird im Herz immer nur gepumpt, dann geht es in die Lunge, von da aus geht alles überall hin.“ (Anna, Klasse 8)

„Die Verbindungen von der Lunge zum Herzen sind Leitungen, auf denen die Bestand-

teile der Luft zum Herzen transportiert und aufgeteilt werden ... Unter Bahnen verstehe ich kleine Röhren, ähnlich den Leitungen, in denen z. B. Gas zu den Häusern gebracht wird, nur in kleinerer Form ... So werden Sauerstoff und Stickstoff, aber noch kein Blut, von der Lunge zum Herzen transportiert ... Der Übergang vom Sauerstoff aus der Luft in das Blut erfolgt im Herzen. Der Sauerstoff wird zum Herzen gebracht und es wird eine gewisse Menge dem Blut beigegeben.“ (Michael, Klasse 8)

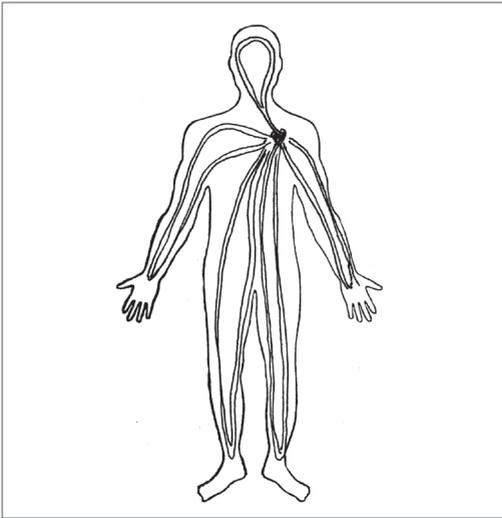


Abb. 4: Schülerzeichnung zur Blutbewegung im Körper (Christina, Klasse 8 eines Gymnasiums, vorunterrichtlich).

Wie die Zitate zeigen, herrscht in Bezug auf die Vorstellungen zur Blutbewegung im Körper eine große Varianz. Dabei werden unterschiedliche Stufen des Verstehens deutlich. Erstklässler können sich Blut überall in der Haut vorstellen und assoziieren Blut selten mit Adern (Porter, 1974, 387f.). Schüler um Klasse 5 können sich auch vorstellen, dass das Blut vom Herzen zu den Organen fließt, während sie den Rückweg von den Organen weg nicht mitdenken (Hammann 2003; vgl. auch Arnaudin & Mintzes, 1985). Andere Lerner wie Lisa (s. Zitat oben) gehen einen Schritt weiter. Sie stellen sich den Blutfluss zu den Organen hin und wieder zurück vor (vgl. Chi et al., 1991, 25f.). Hierbei kann unterschied-

den werden zwischen den Vorstellungen, in denen gleiche Blutgefäße für den Hin- und Rückweg genutzt werden (s. Zitat Michael, vgl. Chi et al., 1991), und Vorstellungen, die unterschiedliche Blutgefäße berücksichtigen. Vorstellungen wie sie in dem Zitat von Sven zu finden sind, können einer nächsten Stufe des Verstehens zugeschrieben werden: Die Blutbewegung im Kreislauf. Auch dieses Verständnis variiert von Lerner zu Lerner. So stellen sich einige Schüler wie Sven vor, dass mehrere Kreisläufe im Körper existieren, z. B. ein Kreislauf für das rechte, einer für das linke Bein (Abb. 4). Andere Lernende stellen sich zwar einen Kreislauf für den gesamte Körper vor, jedoch fließt das Blut hierbei zunächst in das eine und danach in das andere Bein. Vielen Lernervorstellungen dieser Stufe gemeinsam ist die zentrale Rolle des Herzens im Kreislauf (s. a. 5.1). Von diesem Zentrum aus findet der Blutfluss in die Organe und wieder zurück statt. Damit fließt das Blut im Schülerverständnis nur einmalig durch das Herz. Das Verständnis vom Herzen als Kreislauf-Zentrum findet sich – wie bei Michael – auch in den Lernervorstellungen von der Sauerstoffaufnahme ins Blut wieder. Dabei wird das Herz zum Ort der Sauerstoffaufnahme in das Blut und nicht die Lunge (vgl. Chi et al., 1991; Mintzes, 1984; Cuthbert, 2001). Die Lunge wird dabei als erste Station der Atemluft im Körper gesehen.

Letztlich können auch Vorstellungen von einem doppelten Kreislauf erfasst werden. Diese Stufe des Verstehens ist dadurch gekennzeichnet, dass das Blut in zwei Kreisläufen fließt, nämlich im Lungen- und Körperkreislauf. Einer solchen Vorstellung wird auch in fachwissenschaftlicher Literatur Ausdruck gegeben (z.B. Klinker, Pape & Silbernagel, 2003). Berücksichtigt man allerdings die tatsächlichen Verhältnisse im Körper, so existiert nur ein Kreislauf, der zwei Schleifen aufweist, die Lungen- und die Körperpassage, angetrieben von der linken und der rechten Herzkammer. Lernervorstellungen zu dieser letzten, fachlich informierten Stufe des Verständnisses konnten in unserer Stichprobe nicht erfasst werden.

Vorstellungen zur Funktion des Herzens

„Das Herz ist eine Pumpe.“ (Lisa, Klasse 8)
 „Das Herz pumpt, damit das Blut auch läuft.
 [...] Und im Herz wird das Blut sozusagen
 umgewandelt, dass es wieder frisches Blut,
 also mit Sauerstoff ist.“ (Katja, Klasse 8)

So wie Lisa stellen sich Lerner häufig das Herz als Pumpe vor, deren Funktion der Antrieb des Blutes ist (vgl. auch Gellert, 1962; Arnaudin & Mintzes, 1985; Chi et al., 1991; Quiggin, 1997). Gleichzeitig kann das Herz – wie in dem Zitat von Katja – auch als ein Blutumwandler funktionieren, es wandelt sauerstoffarmes in sauerstoffreiches Blut um (vgl. auch Arnaudin & Mintzes, 1985). Eine dritte Funktion kann dem Herzen in Bezug auf die Körperwärme zugeschrieben werden. So konnte Focken-zum Buttell (2004) die Lernervorstellung erfassen, dass die Aktivität der Herzmuskulatur beim Pumpen die Körper-

wärme erzeugt. Auch diesen Vorstellungen ist gemeinsam, dass eine Personifizierung, hier des Herzens, vorgenommen wird.

Zur Funktionsweise des Pumpens konnten ebenfalls unterschiedliche Vorstellungen erfasst werden. Viele Schüler stellen sich vor, dass das Blut durch Kontraktion des Herzmuskels aus dem Herzen gepresst wird und danach das Blut wieder in das Herz hineinfließt. Einige Schüler äußern die Vorstellung, dass das Blut nicht bloß in das Herz hineinfließt, sondern eingesogen wird. Manche Schüler nehmen an, dass das Blut durch die Bewegung der Herzklappen gepumpt wird.

Vorstellungen zur Struktur des Herzens

„Es gibt nur zwei Herzkammern, die linke und die rechte Herzkammer.“ (Philipp, Klasse 8)

Tab. 3: Konzepte zur Blutbewegung.

Konzeptnamen	Konzepte
<i>Allgegenwart</i>	Blut ist überall in und unter der Haut.
<i>Zu den Organen</i>	Blut fließt vom Herz zu den Organen.
<i>Hin und Zurück</i>	Blut fließt vom Herz zu den Organen und zurück.
<i>Kreislauf</i>	Blut fließt im Kreislauf durch Herz und Körper.
<i>Doppelter Kreislauf</i>	Blut fließt im Körper- und im Lungenkreislauf.
<i>2-Schleifen-Kreislauf</i>	Blut fließt in einem Kreislauf mit Lungen- und Körperpassage.

Stufen des Verstehens

Tab. 4: Konzepte zur Funktion des Herzens.

Konzeptnamen	Konzepte
<i>Blutumwandler-Herz</i>	Das Herz wandelt sauerstoffarmes Blut in sauerstoffreiches Blut um.
<i>Blut-Erwärmer-Herz</i>	Durch das Pumpen der Herzmuskulatur wird das Blut erwärmt.
<i>1-Pumpen-Herz</i>	Das Herz pumpt das Blut durch den Körper.
<i>Doppelpumpen-Herz</i>	Das Herz pumpt das Blut in die Körper- und in die Lungenpassage.

Tab. 5: Konzepte zur Struktur des Herzens

Konzeptnamen	Konzepte	Stufen des Verstehens
2-Kammer-Herz	Das Herz besteht aus zwei Kammern. In einer Kammer fließt sauerstoffreiches, in der anderen sauerstoffarmes Blut.	
4-Kammer-Herz	Das Herz besteht aus vier Kammern, zwei Vorhöfe und zwei Hauptkammern.	

„Es müsste mit zwei Herzkammern reichen. Es muss auf jeden Fall mehr als eine sein.“ (Markus, Klasse 8)

„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, Klasse 8) „Aber zwei Kammern würden doch dann auch reichen. Eine für den Hinweg und eine für den Rückweg.“ (Katja, Klasse 8)

Wie Philipp, Markus und Katja verfügen viele Schüler über das Konzept *Herz mit zwei Kammern* (vgl. auch Arnaudin & Mintzes, 1985). Einige Lerner formulieren das Konzept *Herz mit vier Kammern*. Sie können jedoch nicht begründen, wozu das Herz vier Kammern benötigt. Dies führt dazu, dass einige das Konzept *Herz mit vier Kammern* wieder verwerfen.

Mit dem Konzept *Herz mit zwei Kammern* scheinen zwei unterschiedliche Vorstellungen verbunden zu sein: Einerseits können sich Schüler vorstellen, dass die zwei Kammern auch zwei Pumpen entsprechen. Eine Kammer, die sauerstoffreiches Blut in den Körper pumpt, und eine zweite Pumpe, die sauerstoffarmes Blut antreibt. Hierbei verfügen die Schüler also bereits über das Verständnis vom Herzen als zweifache Pumpe, wobei die Unterteilung in Vorhöfe und Hauptkammern nicht mitgedacht wird. Pumpen, die wir in unserer Lebenswelt nutzen (z. B. der Blasebalg), treiben mit einer Kammer ein Medium an. Die Erfahrungen hiermit lassen die Schüler vermutlich annehmen, dass für die Trennung von zwei

zu pumpenden Medien (sauerstoffreiches bzw. sauerstoffarmes Blut) zwei Herzkammern ausreichend sind. Andererseits kann die Vorstellung *Herz mit zwei Kammern* der Vorstellung von einem einfachen Blutkreislauf entspringen. In diesem nimmt das Herz die Funktion einer einfachen Pumpe mit zwei Kammern an (je eine für das sauerstoffreiche bzw. sauerstoffarme Blut). Schüler, die über dieses Konzept verfügen, sollten das Herz zunächst als zweifache Pumpe erfassen, dessen Kammern das Blut sowohl in der Körperpassage als auch in der Lungenpassage des einen Kreislaufs antreibt. Insofern stellen die beiden Konzepte *Herz mit zwei Kammern* und *Herz mit vier Kammern* zwei Stufen des Verständnisses dar.

6 Diskussion

Mit den vorliegenden Untersuchungen konnten empirische Befunde zu Lernervorstellungen im Bereich des Bluts und des Blutkreislaufs zusammengefasst, verallgemeinert und auf der Grundlage einer Theorie des Verstehens systematisiert werden. Hierbei zeigte sich, dass mit verschiedenen Methoden (Reinterpretation von Primärerhebungen, Interviews und Vermittlungsexperimenten) gleiche Konzepte bei Lernern identifiziert werden konnten. So konnten mehrere Befunde, die im Zusammenhang mit der Reinterpretation internationaler Studien erfasst wurden, auch bei deutschen Probanden bestätigt werden. Dies betrifft z. B. die Vorstellung von einem einfachen Kreislauf,

die auch von Arnaudin und Mintzes (1985) identifiziert wurde, oder auch das Konzept *Blut durchspült Organe*, über das sowohl amerikanische (Arnaudin & Mintzes, 1985) als auch britische Lerner (Cuthbert, 2000) verfügen können. Die Tatsache, dass einige Vorstellungen in unterschiedlichen Ländern und zu unterschiedlichen Zeiten erfasst wurden, legt nahe, dass es sich um allgemein verfügbare Konzepte und eben nicht um ad-hoc-Vorstellungen handelt. Diese These wird auch wissenschaftshistorisch gestützt. So zeigt sich, dass das Konzept *Herz als Mitte* bereits in der Antike bei Galen (129 bis ca. 200 n. Chr.) beschrieben ist. Auch Galen beschrieb das Herz als „Ursprung der Lebenswärme“ (Jahn, 1982, 209) und lehrte, dass Luft in die linke Herzkammer geleitet und dort mit Blut vermischt wird. Des Weiteren spricht auch William Harvey 1628 vom Herzen als „Urquell des Lebens“ und vom „Zentralorgan Herz“ (zitiert nach Jahn, 1985, 211), durch das die belebende Wärme in das Blut komme.

Die imaginativen Konzepte zeigen zumeist eine größere Varianz in den Lernervorstellungen als die verkörperten Konzepte. Imagination lässt größere Spielräume als erfahrungsbasierte, verkörperte Vorstellungen. Bei den Vorstellungen von der Blutbewegung existieren beispielsweise zwei große Verständnisschwierigkeiten: Einerseits das Denken im komplexen Kreislauf, der nur in Herznähe gemeinsam und ansonsten vielfach verzweigt verläuft und andererseits der Einbezug der Lungenpassage. Den Blutfluss im Kreislauf zu verstehen, gestaltet sich deshalb so schwierig, weil zwar die großen Blutgefäße für uns sichtbar und damit erfahrbar sind, die kleinen Gefäße jedoch nicht. Gleichzeitig existiert ein Erfahrungsdefizit in Bezug auf die Lunge. So machen wir zwar jederzeit Erfahrungen mit der Ein- und Ausatmung, jedoch erfahren wir die Lunge und den Gasaustausch nicht direkt. Der Herzschlag und damit verbunden die Blutströmung sind jedoch z. B. durch den Puls und das Rauschen des Blutes bei Erregung erfahrbar. Insofern erstaunt es nicht,

dass für Lernende das Herz zentrales Organ im Kreislauf ist, während die Lunge nicht mitgedacht wird. Auch ein herkömmlicher Unterricht zum Blutkreislauf ändert nur wenig an diesem Schülerverständnis. So erfasste Hammann (2003) die Vorstellung vom einfachen Blutkreislauf auch nachunterrichtet. Auch Schmiemann und Sandmann (2007) zeigten, dass nur 24 % der befragten 334 Schülerinnen und Schüler (Klasse 5 bis 12) die Rolle der Lunge im Kreislauf berücksichtigen.

Die Erfahrung des Herzschlags bedingt eine weitere Verständnisschwierigkeit in Hinblick auf die Herzfunktion. Wir erfahren pro Einheit einen Herzschlag. Durch die Kontraktion des Herzens wird der Blutfluss jedoch in zwei unterschiedliche Richtungen, nämlich in die Lungen- und die Körperpassage, angetrieben. Insofern besteht das Herz aus zwei Pumpen, die taktgleich arbeiten, das Blut jedoch in unterschiedliche Richtungen antreiben. Die verkörperte Vorstellung des Herzschlags muss demnach erweitert werden, um das fachliche Verständnis vom Herzen als zweifache Pumpe zu erreichen.

Es bleibt empirisch zu prüfen, ob Lernmaterialien, die die hier systematisierten Konzepte berücksichtigen, tatsächlich zu einer erwünschten Verständnissentwicklung führen.

Wir danken den anonymen gutachtenden Personen für weiterführende kritische Hinweise.

Literatur

- Alkhalwaleh, S. A. (2007). Facilitating conceptual change in ninth grade students' understanding of human circulatory system concepts. *Research in Science & Technological Education*, 25(3), 371-385.
- Arnaudin, M. W. & Mintzes, J. J. (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system: a cross-age study. *Science Education*, 69(5), 721-733.

- Arnaudin, M. W. & Mintzes, J. J. (1986). What Research says. The cardiovascular system: children's conceptions and misconceptions. *Science and Children*, 2, 48-51.
- Blum, L. H. (1977). Health information via mass media: study of the individual's concepts of the body and its parts. *Psychological Reports*, 40(3), 991-999.
- Chi, M.T., Chiu, M.-H. & deLeeuw, N. (1991). *Learning in a Non-Physical Science Domain: The Human Circulatory System*. ERIC Education Resources Information Center, ED342629.
- Crider, C. (1981). Children's conceptions of the body interior. In R. Bibace, & M. Walsh (Eds.), *New directions for child development: Children's conceptions of health, illness, and bodily functions* (pp. 49-65). San Francisco: Jossey-Bass.
- 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. (2009). *Bibliography – STCSE. Students' and teachers' conceptions and science education*. <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse.html> (23.01.2009).
- Duit, R. & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.
- Focken-zum Buttell, N. (2004). Körperwärme. Ein Beitrag zur Didaktischen Rekonstruktion in der Humanbiologie. *Oldenburger Vordrucke*, 490, Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
- Gallese, V. & Lakoff, G. (2005). The brain's concepts. *Cognitive Neuropsychology*, 22, 455-479.
- Gellert, E. (1962). Children's conceptions of the content and functions of the human body. *Genetic Psychology Monographs*, 65, 293-405.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), 867-888.
- Gropengießer, H. (2003). *Lebenswelten / Denkwelten / Sprechwelten. Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann*. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Band 4. Oldenburg: Carl von Ossietzky Universität.
- Gropengießer, H. (2005). Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In P. Mayring & M. Glaeser-Zikuda, (Hrsg.), *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse* (pp. 172-189). Weinheim und Basel: Beltz.
- Gropengießer, H. (2007). Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (105-116). Berlin: Spektrum Verlag.
- Hammann, M. (2003). Aus Fehlern lernen. *Unterricht Biologie*, 287, 31-35.
- Jahn, I. (Hrsg.) (1985). *Geschichte der Biologie: Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographien*. Jena: Gustav Fischer Verlag.
- Jankowski, M. (2009). *Fachliche Analyse und Verständnisentwicklung beim Thema Blutkreislauf*. Eine empirische Untersuchung in der Sekundarstufe I des Gymnasiums. Examensarbeit an der Leibniz Universität Hannover, Institut für Didaktik der Naturwissenschaften. (unveröffentlicht)
- Katu, N., Lunetta, V. & Van den Berg, E. (1993). *Teaching experiment methodology*. Paper presented at the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Ithaca, New York.
- Kattmann, U. (2007a). Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (pp. 93-104). Berlin: Spektrum Verlag.
- Kattmann, U. (2007b). Biologie-Lernen mit Alltagsvorstellungen. *Unterricht Biologie*, 329.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3-18.
- Kersten, B. (2008). *Fachliche Analyse und Verständnisentwicklung zum Thema Blutkreislauf – unter besonderer Berücksichtigung der Thermoregulation*. Examensarbeit an der Leibniz Universität Hannover, Institut für Didaktik der Naturwissenschaften. (unveröffentlicht)
- Klinke, R., Pape, H. C. & Silbernagl, S. (2003). *Physiologie*. Stuttgart: Thieme Verlag.
- Krüger, D. (2007). Die Conceptual Change-Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (pp. 81-92). Berlin: Spektrum Verlag.
- Krupka, L. R. & Vener, A. M. (1991). College students' knowledge of cardiovascular disease: Implications for the biology teacher. *The American Biology Teacher*, 53(7), 394-398.
- Lakoff, G. (1987). *Women, Fire, and Dangerous Things. What Categories Reveal about the Mind*. Chicago, London: The University of Chicago Press.

- Lakoff, G. & Johnson, M. (1980). *Metaphors We Live By*. Chicago, London: The University of Chicago Press.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the Flesh*. New York: Basic Book.
- Loughran, J., Milroy, P., Berry, A., Gunstone, R. & Mulhall, P. (2001). Documenting Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Through PaP-eRs. *Research in Science Education*, 31, 289-307.
- Mandl, H. (2006). Wissensaufbau aktiv gestalten. In G. Becker, I. Behnken, H. Gropengießer & N. Neuß (Hrsg.) *Lernen* (pp 28-30). Seelze: Friedrich Verlag.
- Mayring, P. (2003). *Qualitative Inhaltsanalyse*. Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz.
- Mintzes, J. J. (1984). Naive theories in biology: Children's concepts of the human body. *School Science and Mathematics*, 84(7), 548-555.
- Pach, S. (2006). *Konzeption und empirische Evaluation von Lernangeboten zur Veränderung von Schülervorstellungen zum Blutkreislauf*. Examensarbeit an der Leibniz Universität Hannover, Institut für Didaktik der Naturwissenschaften. (unveröffentlicht)
- Porter, C. S. (1974). Grade school children's perceptions of their internal body parts. *Nursing Research*, 23(5), 384-381.
- Quiggin, V. (1977). Children's knowledge of their internal body parts. *Nursing Times*, 73(30), 1146-1151.
- Rabe, I. (2007). *Blut im menschlichen Körper – Phänomenbasierte Vorstellungen von Schülern und wissenschaftliche Theorien*. Bachelorarbeit im fächerübergreifenden Bachelorstudiengang an der Leibniz Universität Hannover, Institut für Didaktik der Naturwissenschaften. (unveröffentlicht)
- Reiss, M. J. & Tunnicliffe, S. D. (2001). Students Understanding of Human Organs and Organ Systems. *Research in Science Education*, 31, 383-399.
- Riemeier, T. (2005). *Biologie verstehen: Die Zelltheorie*. Oldenburg: Didaktisches Zentrum Carl von Ossietzky Universität.
- Riemeier, T. (2007). Moderater Konstruktivismus. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (pp 68-79). Berlin: Spektrum Verlag.
- Schilder, P. & Wechsler, D. (1935). What do children know about the interior parts of the body? *International Journal of Psychoanalysis*, 16, 355-360.
- Schmidt, R. F. & Lang, F. (2004). *Physiologie des Menschen und Pathophysiologie*. Berlin: Springer.
- Schmiemann, P. & Sandmann, A. (2007). Entwicklung eines Kompetenzstrukturmodells zum Kompetenzbereich Fachwissen. In H. Bayrhuber et al., *Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften*. Abstraktband zur internationalen Tagung der Fachgruppe Biologiedidaktik im VBIO. Universität Kassel, 199-202.
- Steffe, L.P. (1983). The teaching experiment methodology in a constructivist research program. In M. Zweng, T. Green, J. Kilpatrick, H. Pollak & M. Suydam (Eds.), *Proceedings of the Fourth International Congress on Mathematical Education* (pp 469-471). Boston: Birkhäuser.
- Strike, K. & Posner, G. (1992). A Revisionist Theory of Conceptual Change. In R. Duschl & R. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practice* (pp. 147-176). New York: State University of New York Press.
- Sundermeier, S. (2006). Was Schüler über Blut denken. Interviews und fachliche Vorstellungen zu einem humanbiologischen Begriff. *Oldenburger Vordrucke*, 540. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
- Sungur, S., Tekkaya, C. & Geban, O. (2001). The contribution of conceptual change texts accompanied by concept mapping to students' understanding of the human circulatory system. *School Science and Mathematics*, 101(2), 91-101.
- Sungur, S., & Tekkaya, C. (2003). Students' achievement in human circulatory system unit: The effect of reasoning ability and gender. *Journal of Science Education and Technology*, 12(1), 59-64.
- Terhart, E. (1999). Konstruktivismus und Unterricht. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45, 629-647.
- Trauschke, M. (2008). Krieg im menschlichen Körper – Überfälle böser Viren. *MNU*, 61(8), 493-499.
- Widodo, A. (2004). *Constructivist oriented lessons*. Frankfurt am Main: Europäischer Verlag der Wissenschaften.
- Widodo, A. & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 233-255.
- Yip, D. (1998). Teachers' misconceptions of the circulatory system. *Journal of Biological Education*, 32(3), 207-215.

Kontakt

Prof. Dr. Tanja Riemeier
Leibniz Universität Hannover
Didaktik der Biologie
Bismarckstr. 2
30173 Hannover
Riemeier@bioididaktik.uni-hannover.de

Autoreninformation

Tanja Riemeier ist Juniorprofessorin für Didaktik der Biologie an der Leibniz Universität Hannover. Arbeitsschwerpunkte: Prozessbasierte Lehr-Lernforschung zu Schülervorstellungen und deren Veränderungen, zum Zusammenhang von epistemischen Argumentieren und konzeptueller Entwicklung sowie zur Förderung biologischer Beschreibungen und Erklärungen bei Schülern.

Marcel Jankowski, Bettina Kersten, Sabrina Pach, Isabel Rabe und Stefan Sundermeier schrieben im Zeitraum 2004 bis 2009 ihre Hausarbeit zum Ersten Staatsexamen bzw. Bachelorarbeit an der Leibniz Universität Hannover.

Dr. Harald Gropengießer ist Professor für Didaktik der Biologie an der Leibniz Universität Hannover und Leiter des Forschungsbüros im Zentrum für Lehrerbildung. Forschungsschwerpunkte sind Schülervorstellungen und lernprozessbezogene Untersuchungen zu deren Entwicklung sowie die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens.

Anhang

Autoren	Stichprobe	Erhebungsinstrument
Alkhalwaleh, S. A. (2007)	73 jordanische Schülerinnen (14 Jahre)	Fragebogen
Arnaudin, M. W. & Mintzes, J. J. (1985)	Vorstudie: 25 amerikanische Schüler der 4. Klasse, 25 College-Studenten; Hauptstudie: 303 amerikanische Schüler aus Klasse 5, 8 und 10 und 192 amerikanische Erstsemester ohne/mit Bio als Majorfach	Vorstudie: Concept Mapping, Interviews, Hauptstudie: Fragebogen
Blum, L. H. (1997)	87 amerikanische Erwachsene höherer Bildung (21-51 Jahre)	Zeichnung von Körper und Organen
Chi, M.T.H. (1991)	10 Schüler Grade 8	Pre-Test: Interview, lautes Denken Post-Test: Fragebogen
Crider, C. (1981)	Zusammenfassung der empirischen Ergebnisse bis 1981	
Cuthbert, A. J. (2000)	348 englische Schüler von 7 bis 11 Jahren	Zeichnung von Körper und Organen
Focken-zum Büttel, N. (2004)	6 deutsche Schüler der 7. Klasse	Interview
Gellert, E. (1962)	96 amerikanische Kinder (4 bis 16 Jahre)	Fragebogen, Zeichnung
Hammann, M. (2003)	Deutsche Schüler der 5. und 10. Klasse (Gymnasium)	Zeichnungen, Interview
Krupka, L.R. & Vener, A.M. (1991)	653 amerikanische Erstsemester	Fragebogen
Loughran, J. et al. (2001)	Erfahrene australische Lehrer der Naturwissenschaften	Interview
Mintzes, J.J. (1984)	Übersicht über die empirischen Studien bis 1984	
Porter, C.S. (1974)	144 amerikanische Grundschüler der 1., 3. und 5. Klasse	Zeichnung von Körper und Organen
Quiggin, V. (1997)	46 englische Schüler von 10 bis 11 Jahren	Zeichnung von Körper und Organen, Interview
Reiss, M. J. & Tunnicliffe, S. D. (2001)	158 englische Schüler von 4 bis 16 Jahren und Erstsemester	Zeichnung von Körper und Organen
Reiss, M.J. & Tunnicliffe, S. D.	Jeweils 20 Schüler von 7 und 15 Jahren aus 24 Staaten (N=960)	Zeichnung von Körper und Organen
Schilder, P. & Wechsler, D. (1935)	40 Kinder (4 bis 13 Jahre)	Interview
Schmiemann, P. & Sandmann, A. (2007)	334 deutsche Schüler der 5. bis 12. Klasse, unterschiedliche Schulformen	Leistungstest mit geschlossenen und offenen Aufgaben
Sungur, S. & Tekkaya, C. (2003)	47 Schüler aus zwei 10. Klassen	Fragebogen
Sungur, S., Tekkaya, C. & Geban, Ö. (2001)	49 Schüler aus zwei 10. Klassen	Fragebogen, Interview
Yip, D.Y. (1998)	26 Biologielehrer (evtl. aus Hongkong)	Fragebogen

