



**Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
(IMST-Fonds)**

S4 „Unterrichtsanalyse und Interaktionen im Unterricht“

VOM ‚SAUERSTOFFAUSATMEN‘ DER PFLANZEN

EIN INTERVIEWPROJEKT ZUM PFLANZENSTOFFWECHSEL

ID 602

Elisabeth Nowak

Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasium Gmünd

Gmünd, September 2007

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACT	3
1 EINLEITUNG	4
1.1 Problemstellung	4
1.1.1 Fachdidaktische Ziele	6
1.1.2 Pädagogische Ziele.....	7
1.1.3 Langfristiges Forschungsziel.....	7
1.1.4 Grafik: Projektziele	8
1.2 Projektverlauf	9
1.2.1 Mitarbeiter/innen	9
1.2.2 Chronologie.....	10
2 PROJEKTRAHMEN	13
2.1 Schüler/innen als Interviewer/innen	13
2.1.1 Vorbereitung der Interviews	13
2.1.2 Durchführung der Interviews	16
2.2 Transkription und Datenanalyse	17
2.3 Forschungsfrage	19
3 ERGEBNISSE	20
3.1 Wasser.....	20
3.1.1 Aufnahme und Transport	20
3.1.2 Speicherung und Abgabe.....	21
3.2 Sonne (Licht).....	21
3.2.1 Bedeutung.....	21
3.2.2 Aufnahme.....	23
3.2.3 Wege.....	23
3.3 Luft.....	23
3.3.1 Bedeutung für die Pflanze	23
3.3.2 Wege und Wandlungen.....	24
3.4 „Nährstoffe“ (Erde, Dünger)	25
3.4.1 Was sind Nährstoffe?.....	25
3.4.2 Wege und Wandlungen.....	25

4	DISKUSSION.....	27
4.1	Wasser.....	27
4.2	Sonne (Licht).....	28
4.3	Luft(bestandteile)	29
4.4	Nährstoffe	31
4.4.1	Bodenbestandteile als Nährstoffe	31
4.4.2	Luft und Wasser als Nährstoffe.....	31
4.4.3	Von der Pflanze gebildete Nährstoffe.....	32
4.5	Resümee/Reflexion.....	32
4.6	Dank.....	33
	LITERATUR	34

ABSTRACT

Lernen als Konzeptwechsel bildet den theoretischen Hintergrund der vorliegenden Arbeit. Die individuellen Vorstellungen, die den ganz persönlichen Erfahrungen der Lernenden mit ihrer Lebenswelt entstammen, sind - gemäßigt konstruktivistischen Lerntheorien folgend - die wichtigste Ressource für erfolgreiches Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Oft aber, und besonders im Bereich des Wissens um die Lebensweise der Pflanzen, überdauern vorunterrichtliche Konzepte den Biologieunterricht als unverändert konservierte Ersatz-Erklärungen. Ausgehend von der Annahme, dass erfolgreiches Lernen die Kenntnis dieser Vorstellungen durch die Unterrichtenden voraussetzt, standen Interviews, in denen mehr als 40 Schüler/innen der 5. Schulstufe noch vor dem Erstunterricht zur Fotosynthese Einblick in ihre Vorstellungen zur Ernährung der Pflanze gaben, im Zentrum dieses Projekts. Schüler/innen der Schulstufen 10 bis 12 hatten bei der Interviewführung, der Transkription und Analyse der Gespräche Gelegenheit, eine wissenschaftliche Methode in allen Phasen kennen zu lernen, sich selbst in Zusammenarbeit mit ihrer Lehrerin in der Rolle der Forscher/innen zu erleben und dabei auch die eigenen Konzepte zum Stoffwechsel der Pflanzen zu modifizieren. Die Verarbeitung der Ergebnisse in der weiteren Unterrichtsarbeit soll Konzeptmodifikationen, -erweiterungen und -differenzierungen bei den Schülern und Schülerinnen erleichtern. Ziel eines mit dieser Arbeit initiierten Langzeitprojekts ist die Untersuchung der Entwicklung der persönlichen Konzepte der interviewten Schüler/innen unter dem Einfluss der Unterrichtsarbeit im Verlauf der Gymnasialzeit.

Schulstufen: 5, 10, 11 und 12

Fächer: Biologie und Umweltkunde; Psychologie und Philosophie

Kontaktperson: Mag. Elisabeth Nowak

Kontaktadresse: BG/BRG Gmünd, Gymnasiumstr. 5, 3950 Gmünd

1 EINLEITUNG

1.1 Problemstellung

„Pflanzen atmen Kohlenstoffdioxid ein und Sauerstoff aus. – Ich weiß, dass ich nicht ‚atmen‘ sagen soll, aber ich kann mir das so besser merken.“ Diese von Ulrich Kattmann mitgeteilte Aussage einer Studentin mag als Leitspruch für das hier dargestellte Projekt dienen. (Kattmann 2005, S. 165)

Schüler und Schülerinnen bringen in die Unterrichtssituation eigene, der persönlichen Lebenswelt entstammende und dort relativ frei von Widersprüchen anwendbare Vorstellungen zu bestimmten Vorgängen mit, die Thema des naturwissenschaftlichen Unterrichts sind. Diese erweisen sich aber oft auch als unverändert überdauernde, parallel und anscheinend unabhängig von den neu erworbenen Kenntnissen konservierte Ersatz-Erklärungen für naturwissenschaftlich differenziert erklärable Prozesse.

Pflanzliche Stoffwechselprozesse – und hier insbesondere die Fotosynthese als herausragende Besonderheit dieser Organismengruppe – zeigen sich besonders anfällig für dieses Phänomen.

Als Beispiel für die hartnäckige Konservierung während des praktischen Lebens erworbener Kenntnisse und ihre Resistenz gegenüber den Einflüssen des Unterrichtsgeschehens sei ein Bild¹ aus einer Plakatserie vorgestellt, die Studierende im ersten Semester ihres Studiums, also im Anschluss an die 12. Schulstufe, anfertigten. Es zeigt charakteristische Konzepte der Studierenden. (vgl. dazu auch Helldén, 2000) .



Eine ganze Reihe von Studien beschäftigt sich mit diesem Problemkreis seit dem Ende der 1970iger Jahre. (Ausubel/Novak/Hanesian, 1978) Stellvertretend seien die

¹ Foto zur Verfügung gestellt von Franz Radits

Ergebnisse einer Videostudie des Smithsonian Instituts angeführt. Sie zeigt, wie schwierig es ist, trotz vielseitigem und schülerorientiertem Unterricht vorunterrichtliche Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen zu modifizieren. Die Autoren *Schneps, Mintzes, Schapiro et al.* kommen in ihrer ausführlichen Videodokumentation zur Vermittlung des Fotosynthesekonzepts zum Schluss:

“Just about everyone will agree that trees are made from sunlight, water, and soil the trees suck up from their roots. But the surprising truth is that trees are made from air! Trees are solar-powered machines that convert air into wood. Why is it that, despite the fact that photosynthesis is one of the most widely taught subjects in science, so few people really understand the central idea underlying this system? Starting with this question, program two explores why something taught in school can go unlearned and shows that we often teach without regard to what children actually need to know.” (aus dem Begleittext zur Videostudie von *Schneps, Mintzes, Schapiro et.al.*, 1997)

Meine eigenen Erfahrungen im Biologieunterricht liegen im Trend jener Forschungsergebnisse, die zeigen, dass Modifikationen und Erweiterungen der Konzepte zum pflanzlichen Stoffwechsel bei den meisten Schülern und Schülerinnen in zu geringem Ausmaß erfolgen.

1.1.1 Fachdidaktische Ziele

Im Vordergrund unseres Projekts stand das Interesse, Erkenntnisse über das jeweils ganz persönliche vorunterrichtliche Konzept jedes einzelnen Schülers und jeder einzelnen Schülerin zum pflanzlichen Stoffwechsel zu erfassen, um sie – dem Konzept der Didaktischen Rekonstruktion folgend – für die konkrete Unterrichtsplanung nutzen zu können. Vorstellungen, die der Lebenswelt des Schülers/der Schülerin entspringen, werden in dieser Konzeption nicht als Hindernisse, sondern als potenzielle Lernhilfen aufgefasst. Im Modell der Didaktischen Rekonstruktion gelten wissenschaftliche Positionen wie auch in Alltagsvorstellungen enthaltene Konzepte als persönliche oder im Falle des wissenschaftlichen Wissens als soziale Konstrukte. Schülervorstellungen und fachliches Wissen werden als gleich wichtige und gleichwertige Quellen zur Planung und Strukturierung von Unterricht gesehen. Lernen ist im Rahmen dieses Modells nicht das Ersetzen, sondern die Modifizierung, Bereicherung und Differenzierung der vorunterrichtlichen Vorstellungen. (Kattmann/Duit/ Gropengießer/Komorek, 1997)

Kattman folgt hier der Lerntheorie des gemäßigten Konstruktivismus. (Gerstmaier/Mandl, 1995, vgl. dazu auch Reinmann-Rothmeier./Mandl, 2001)

Der Physikdidaktiker *Reinders Duit* zeigt, auf diesem Modell aufbauend, in Form einer Mitteilung für Lehrer/innen, wie erfolgreiche Lernprozesse beschrieben und verstanden werden können. Er verwendet dazu in Anlehnung an Piaget den Begriff „Konzeptwechsel“:

„Lernen der Physik kann man als Konzeptwechsel ansehen. Damit ist gemeint, dass die Schülerinnen und Schüler von einem Konzept (ihren Schülervorstellungen) zu einem neuen Konzept (der physikalischen Sichtweise) wechseln müssen. Dieser Wechsel bedeutet nicht, dass die Schülervorstellungen völlig aufgegeben werden. Es hat sich gezeigt, dass dies nicht gelingt. Meist kommen die Schülerinnen und Schüler nur einen (kleinen) Schritt in Richtung auf die physikalische Sichtweise voran. Es kann deshalb lediglich das Ziel des Unterrichts sein, sie Schritt für Schritt zu überzeugen, dass die physikalische Sichtweise in bestimmten Situationen angemessener und fruchtbarer ist als ihre Schülervorstellungen.“ (Duit, 2004, Hervorhebungen E.N.)

Die Notwendigkeit zur Konzepterweiterung, -differenzierung und -modifikation besteht zweifellos für alle mit den Alltagserfahrungen der Schüler/innen im Zusammenhang stehenden Lerninhalte. So erscheint es sinnhaft und eigentlich notwendig, die aus den praktischen Erfahrungen der Lernenden stammenden Vorstellungen kennen zu lernen, was im Zuge dieses Projektes genauer, stringenter und systematischer möglich war als im Schulalltag. Die Verarbeitung der Ergebnisse in der Unterrichtsarbeit der nächsten Jahre soll den Konzeptwechsel erleichtern und die Erhaltung unveränderter vorunterrichtlicher Konzepte als Ersatz für die im Rahmen des Unterrichts vermittelten naturwissenschaftlichen Erklärungsmodelle hintanstellen.

Auch im Hinblick auf eine verstärkte Individualisierung des Unterrichts im Allgemeinen kann dem Hauptanliegen des Projekts, der genauen Bestandsaufnahme der persönlichen Vorstellungen des einzelnen Schülers und der einzelnen Schülerin, Bedeutung zugemessen werden.

1.1.2 Pädagogische Ziele

In Verbindung mit dem Projektverlauf standen weitere, von den Ergebnissen unabhängige Erwartungen.

Der respektvolle, interessierte Umgang mit dem individuellen Denken der Lernenden sollte einen Beitrag zur Aufwertung der/des Einzelnen als Teil der Lerngemeinschaft mit sich bringen. Dies sowohl in der Gruppe der zu ihren Vorstellungen befragten Schüler/innen der ersten Klassen als auch in jener der Oberstufenschüler/innen, die als wissenschaftliche Mitarbeiter/innen einen beträchtlichen Teil der Forschungsarbeit leisteten.

In diesem Zusammenhang stand auch das Ziel einer Förderung der kommunikativen Fähigkeiten der Oberstufenschüler/innen als Interviewer/innen durch den in einem neuen Kontext stehenden Umgang mit jüngeren Schülern und Schülerinnen.

Hinzu kam die Erwartung, mit dem unmittelbaren Kennenlernen und Anwenden einer wissenschaftlichen Methode den Zugang zur Wissenschaft und das Bild von der Tätigkeit des Wissenschafters/der Wissenschaftlerin zu modifizieren.

Nicht zuletzt war eine verstärkte Motivation der jungen Forscher/innen, ihre eigenen Konzepte zum Pflanzenstoffwechsel zu reflektieren und einer Bearbeitung zu unterziehen, Ziel des Vorhabens.

1.1.3 Langfristiges Forschungsziel

Der Großteil der im Interviewprojekt erfassten Schüler/innen bleibt vier, viele davon verbringen acht Jahre an jener Schule, in der ihre vorunterrichtlichen Vorstellungen zum Pflanzenstoffwechsel aufgezeichnet wurden. Dieser Umstand ermöglicht eine Fortführung und Erweiterung der mit diesem Projekt initiierten Forschungsarbeit über einen längeren Zeitraum.

Auf Basis personalisiert erhaltener und analysierter Interviews ergibt sich die Gelegenheit, Veränderungen der jeweiligen Konzepte (oder auch deren Ausbleiben) unter dem Einfluss der Unterrichtsarbeit im Verlauf der nächsten Schuljahre untersuchen zu können.

1.1.4 Grafik: Projektziele

für die **FOR-
SCHER/INNEN** aus
den Oberstufenklas-
sen

NACHHALTIG

Integration der im Verlauf des Projekts erworbenen Kompetenzen sowie eines tragfähigen Konzepts zu den Grundlagen des Pflanzenstoffwechsels in die jeweilige „Bildungspersönlichkeit“

WÄHREND DER TRANSKRIPTION UND A- NALYSE DER INTERVIEWS

Schaffen neuer Zugänge zur Tätigkeit des Wissenschafters/der Wissenschaftlerin durch Kennenlernen und Anwenden einer wissenschaftlichen Methode in mehreren Phasen

IN DER INTERVIEWPHASE

Erweiterung der kommunikativen Fähigkeiten durch Anwendung der Trainingsinhalte in der konkreten Interviewsituation

Aufwertung der Schüler/innen als Teil der Lerngemeinschaft durch Beachtung ihrer Vorstellungen im Rahmen der Gespräche. Generelle Stärkung der Wertschätzung der eigenen Denkmodelle bei den Schülern/Schülerinnen.

WÄHREND DER INTERVIEW- VORBEREITUNG

Reflexion und Überarbeitung der eigenen Konzepte zum Pflanzenstoffwechsel; Aufwertung der Schüler/innen durch Übernahme der Rolle als Forscher/innen

für die **INTERVIEW-
TEN** und andere
LERNENDE

LANGFRISTIG

Modifikation, Erweiterung und Veränderung der Konzepte der Schüler/innen im Rahmen des Biologieunterrichts auf der Basis und unter Einbeziehung vorunterrichtlicher Vorstellungen

LANGFRISTIGES FORSCHUNGSZIEL: Untersuchung der Entwicklung der persönlichen Konzepte der Schüler/innen unter dem Einfluss der Unterrichtsarbeit über vier bzw. acht Jahre.

1.2 Projektverlauf

1.2.1 Mitarbeiter/innen

In das Projekt involviert waren die beiden von mir unterrichteten ersten Klassen (1A und 1C/5. Schulstufe, 49 Schüler/innen), die Wahlpflichtfachgruppe meines Kollegen Dr. Günther Scheidl im Fach Psychologie (zusammengesetzt aus 11 Schülern und Schülerinnen der 7.Klassen/11.Schulstufe sowie meine beiden Wahlpflichtfachgruppen (6. und 8. Klassen/10. und 12. Schulstufe, 18 Schüler/innen) im Fach Biologie und Umweltkunde.

Mitarbeiter/innen aus den Wahlpflichtfachgruppen:

Anderl Claudia, 7A

Artner Sarah, 8B

Bernhard Christian, 7A

Bodner Theresa, 6A

Dolezal Julia, 7A

Egginger Kristina, 8A

Glaser Tina, 6B

Gruber Janine, 8A

Habisohn Charlotte, 8A

Hofmann Astrid, 8C

Horatschek Marlene, 7B

Illetschko Nadine, 7A

Katzenschlager Tanja, 6A

Kaufmann Marlene, 6A

Knapp Bettina, 7A

Kolm David, 7B

Leser Dominik, 8B,

Lust Birgit, 7A

Mader Sandra, 8A

Magenschab Theresa, 6B

Past Andrea, 6B

Preißl Sabine, 6B

Rabl Martin, 6A

Scheibenreif Katharina, 6A

Schindler Franziska 8A

Shrbeny Marlene, 6A

Simon Julia, 7B

Steiner Jakob, 7B

Wurth Magdalena, 7B

1.2.2 Chronologie

	Aktivitäten auf Lehrerseite	Aktivitäten auf Schülerseite
September	Teilnahme am Start-Up-Tag in Wien am 20.9.	
Oktober	Literaturrecherchen zur Interviewtechnik und zu Schülervorstellungen	
November	Organisation der Interviewtermine; Teilnahme am Projektentwicklungsworkshop in Puchberg vom 26.-29.11.	
	Durchführung der Fragebogenaktion mit der Klasse 1C und den Schülern/Schülerinnen des Wahlpflichtfachs Biologie, 8. Klasse	
Dezember	Vorbereitung auf die Einführung der Schüler/innen in die Interviewtechnik	
	Einführung der Oberstufenschüler/innen in die Interviewtechnik	
		Interviewtraining innerhalb der Wahlpflichtfachgruppen mit anschließender Rekapitulation grundlegender Unterrichtsinhalte zu Fotosynthese und Atmung in den Wahlpflichtfachgruppen Feststellung der Konzepte der Wahlpflichtfachschrüler/innen der 8. Klassen durch Herstellung kommentierter Schemata durch die Schüler/innen in der darauffolgenden Woche
	Vorbereitung: Input Elementkreisläufe	
	Erweiterung des Wissens um Elementkreisläufe in den Wahlpflichtfachgruppen Biologie 6. und 8. Klasse	
		Interviews der Schüler/innen der Wahlpflichtfachgruppen Biologie, 8. Klasse, und Psychologie, 7. Klasse, mit Schülern/Schülerinnen der Klassen 1A und 1C am 22.12.

	Aktivitäten auf Lehrerseite	Aktivitäten auf Schülerseite
Jänner	Vorbereitung der Einführung in die Transkriptionsarbeit	
	Einführung der Schüler/innen der Wahlpflichtfächer Biologie und Psychologie in die Transkriptionsarbeit	
		Transkription der ersten Interviews
Februar		Interviews der Schüler/innen der Wahlpflichtfachgruppe Biologie, 6. Klasse, mit Schülern/Schülerinnen der Klasse 1A am 2.2.
	Vorbereitung der Einführung in die Interviewanalyse	
	Einführung in die Interviewanalyse	
	Fortsetzung der Transkription; Analyse der Interviews in den Wahlpflichtfachgruppen Biologie	
	Verfassen des Zwischenberichts	
März	Analyse der Interviews	
	Zusammenführung der Analyseprotokolle;	
April	Ordnung des vorhandenen Datenmaterials	
	Gruppeninterview mit den Schülern/Schülerinnen des Wahlpflichtfachs Biologie, 8. Klasse, zu den Erfahrungen mit dem Interviewprojekt	
	Teilnahme an der Schreibwerkstatt in Spital/Pyhrn vom 26.-28.4. Erstellen erster Teile des Rohberichts	
	Vorbereitung der Unterrichtseinheiten zur Fotosynthese in den ersten Klassen	
Mai	Erstunterricht zur Fotosynthese in den Klassen 1A und 1C	
	Gruppeninterview mit den Projektmitarbeiter/innen der 8. Klassen zum Erleben der Forschungstätigkeit, Feststellung bleibenden Wissens zur Fotosynthese in dieser Gruppe mittels „10 Kernaussagen zur Fotosynthese“	
	abschließende Literaturrecherchen zu Schülervorstellungen Erstellen weiterer Teile des Rohberichts	

	Aktivitäten auf Lehrerseite	Aktivitäten auf Schülerseite
Juni	Durchführung der Fragebogenaktion (2. Teil) des MNI-Fonds mit den Schülern/Schülerinnen der 1C	
	Identifikation der Denkkonzepte in den Analyseprotokollen Fortsetzung der Arbeit am Rohbericht	
Juli	Abgabe des Rohberichts	
	Durchsicht und Überarbeitung der korrigierten Version	
August	Fortsetzung der Überarbeitung	
September	Fertigstellung des Berichts	

2 PROJEKTRAHMEN

Zur Datensammlung wurde die Methode des offenen, lediglich an einem Leitfaden orientierten Interviews gewählt. Diese aus dem alltäglichen Gespräch entwickelte Form erschien für eine möglichst unkomplizierte Weitergabe der persönlichen Gedanken der Schüler/innen der ersten Klassen geeignet.

Sämtliche Interviews wurden von Oberstufenschüler/innen (siehe 1.2.1) durchgeführt. Die Gesprächssituation konnte so aus dem Beziehungsrahmen Lehrer/in-Schüler/in und den dazugehörigen Einstellungen genommen werden, ohne das Projekt selbst aus dem Rahmen der Schule zu nehmen. Die Interviewer/innen waren auch mit der Transkription und Analyse der Gespräche betraut. Die Forschungstätigkeit der Schüler/innen in Zusammenarbeit mit ihrer Biologielehrerin war ein zentrales Element dieses Schulprojekts.

Auf die Anonymisierung der Interviews wurde im Hinblick auf das langfristige Projektziel, die Weiterentwicklung der Konzepte der einzelnen Schüler/innen zu untersuchen, mit dem Einverständnis der Interviewten verzichtet.

2.1 Schüler/innen als Interviewer/innen

Freilich unterliegen auch als „neutral“ betrachtete Interviewer/innen jenen Zuordnungen, die Schüler/innen aus ihren Alltagserfahrungen aufgebaut haben. (*Altrichter/Posch, 2007*) Es ist durchaus möglich, dass die der Lebenswelt Zehnjähriger erwachsenen Sechzehn- bis Achtzehnjährigen von Schülern und Schülerinnen der ersten Klassen bereits zu den Erwachsenen gezählt werden. Aus persönlicher Erfahrung resultierende Erwartungen der Schüler/innen, das Interesse Erwachsener an ihren Gedankengängen betreffend, beeinflussen die Motivation, sich dem Interviewpartner/der Interviewpartnerin mitzuteilen. Auch war damit zu rechnen, dass die jeweilige Einstellung der Oberstufenschüler/innen zur Bedeutsamkeit der Aussagen jüngerer Schüler die Gesprächssituationen mitgestaltet.

Ein explizit reflektierter Umgang mit diesem Umstand und eine entsprechende Modifikation des Gesprächsverhaltens konnte von den Schülerinnen und Schülern der Wahlpflichtfachgruppen nicht erwartet werden. Eine solche Haltung im Rahmen des Unterrichts herbeizuführen, ist kaum möglich. So war von einer großen Heterogenität auszugehen, was den Umfang und die Differenziertheit der einzelnen Interviews betrifft.

Im Zusammenhang mit den unter 1.1.2. angeführten pädagogischen Zielen scheint diese Art der Forschungstätigkeit von Schülern und Schülerinnen aber durchaus gerechtfertigt. Ein wichtiger Teil der Realisierung des Schulprojekts war die Rücksichtnahme auf die organisatorischen Gegebenheiten des Schulbetriebs. So wurde Wert darauf gelegt, sämtliche Schüler/innen der teilnehmenden Klassen in das Projekt einzubinden und das Projekt selbst ohne Umstrukturierung der bestehenden Unterrichtsorganisation ablaufen zu lassen.

2.1.1 Vorbereitung der Interviews

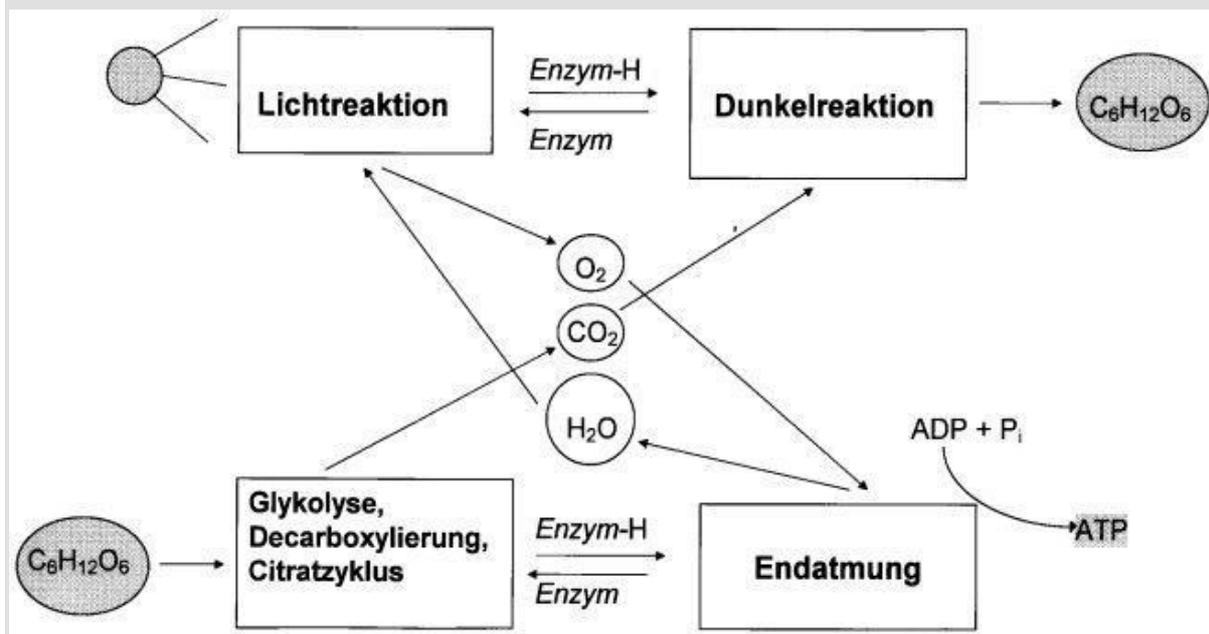
Die Wahlpflichtfachgruppen (Biologie und Umweltkunde, 6. und 8. Klasse, Psychologie, 7. Klasse) wurden in jeweils einer Doppelstunde Anfang Dezember über die Charakteristika des offenen im Vergleich zum strukturierten Interview informiert und

hatten Gelegenheit, den lediglich durch einen knappen Leitfaden auf das Thema gerichteten Gesprächsablauf miteinander zu erproben.

Konzeptmodifikationen bei den Forschenden

Die Modifikationen der Konzepte der Oberstufenschüler/innen, die im Rahmen der Mitarbeit an diesem Projekt stattfanden, waren selbst nicht Gegenstand systematischer Untersuchungen und scheinen aus diesem Grunde in den Ergebnissen nicht auf. Die Angaben dort beschränken sich auf die Analyse jener Interviews, die von den Oberstufenschülern und -schülerinnen mit den Schülern und Schülerinnen der ersten Klassen geführt wurden. Um einen Einblick in parallel zur Forschungstätigkeit ablaufende Vorgänge im Unterricht der Wahlpflichtfachgruppen zu geben, werden im folgenden Kasten beispielhaft zwei Sequenzen aus dem Unterricht in jener Wahlpflichtfachgruppe dargestellt, deren Teilnehmer/innen mit Abschluss des Projekts auch ihre Oberstufenlaufbahn beendeten.

Im Anschluss an die Übungsgespräche zeigte sich besonders in den 8. Klassen verstärktes Interesse an den grundlegenden Fotosyntheseabläufen, was ein bemerkenswert konzentriertes Unterrichtsgespräch mit sich brachte, das eine Rekapitulation der Grundlagen von Fotosynthese und Atmung auf Basis des folgenden Schemas beinhaltete.

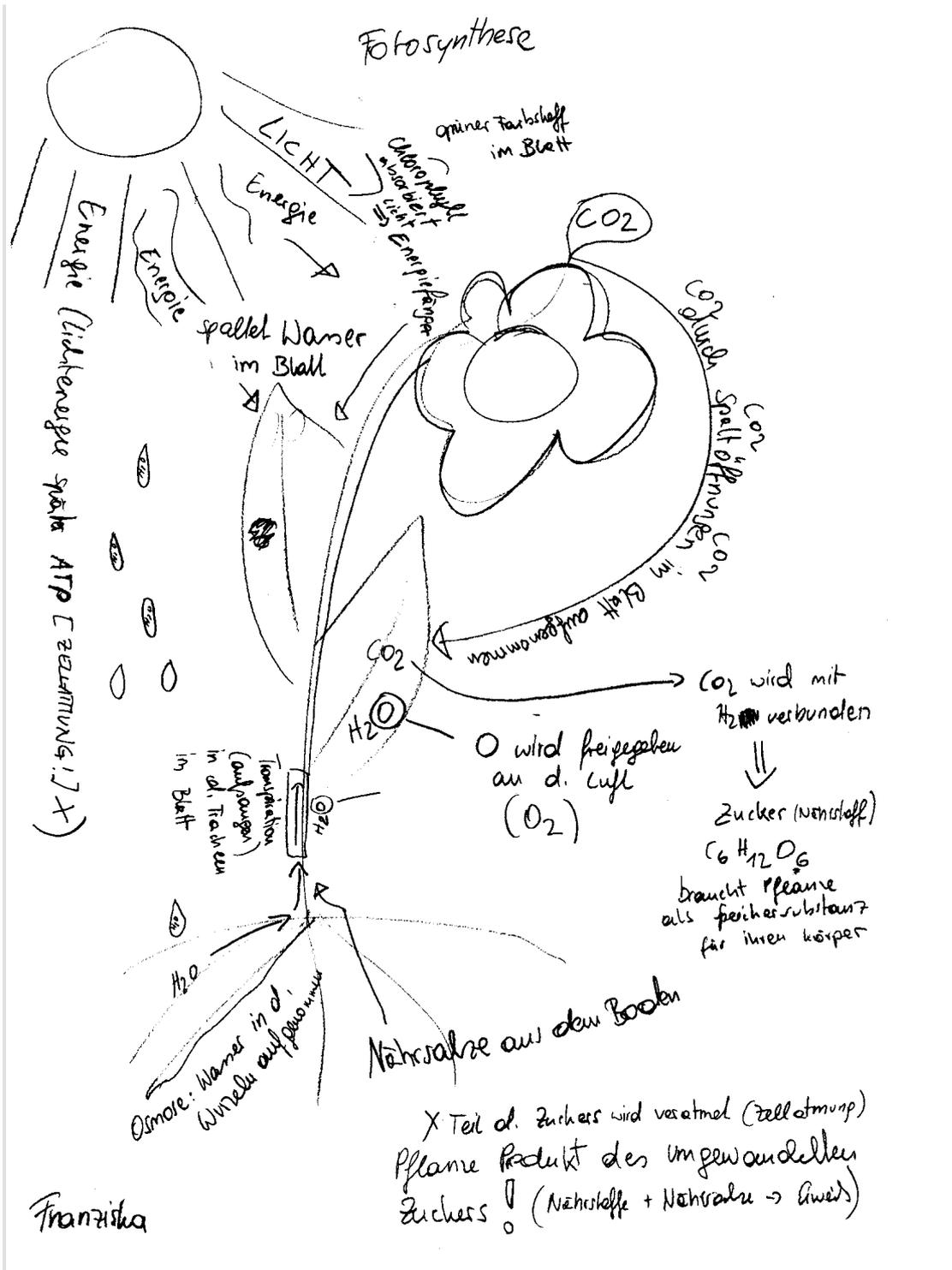


Schema: Grundlagen von Fotosynthese und Atmung, stark vereinfacht

Im Wahlpflichtfach-Unterricht im Umfeld des Projekts folgte eine Weiterführung des Themas „Pflanzenernährung und Elementkreisläufe“ (inhaltlich auf Basis der „Campbell-Biologie“²).

Im Abstand von einer Woche zur Rekapitulation der im Unterricht vermittelten Inhalte, noch vor der Durchführung der Interviews selbst, stellten die Schüler/innen in Einzelarbeit ihre aktuellen Konzepte zur Fotosynthese dar. Die hier angeführte Skizze steht beispielhaft für die durchwegs recht differenzierten Inhalte dieser Blätter.

² Campbell, Neil A. (2000) Biologie. 2. korrigierter Nachdruck. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag, S. 781-795 und S. 1255-1260



„Mein aktuelles Fotosynthesekonzept“, Franziska Schindler, 8A, Dez. 2006

Fünf Monate später, im Anschluss an das Gruppeninterview zum persönlichen Erleben der Forschungstätigkeit (siehe auch Chronologie), forderte ich die dieselben Schüler/innen (8. Klasse Wahlpflichtfach) auf, zehn Kernaussagen zur Fotosynthese zu treffen. Die Schüler/innen waren darauf nicht vorbereitet. Die Ergebnisse übertrafen die Erwartungen. Sämtliche Schüler/innen gingen auf die Rolle des Wasserstoffs in Licht- und Dunkelreaktion ein. Die Fixierung des Kohlenstoffs in organischer Substanz wurde von sämtlichen Schülern/Schülerinnen festgehalten. Die Herkunft des Sauerstoffs aus der Wasserspaltung wurde bis auf eine Ausnahme (hier wird in einer

der Kernaussagen aus Kohlenstoffdioxid und Wasser unmittelbar Traubenzucker gebildet) durchgehend festgestellt. Im Folgenden Passagen aus den Texten der Schüler/innen.

[...] Wasser wird über die Wurzeln aufgenommen und in der Lichtreaktion in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Dazu wird Sonnenenergie benötigt. Der Wasserstoff wird in der Dunkelreaktion mit CO_2 zu Zucker ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) zusammengesetzt. [...] (Sandra Mader, 8A)

[...] Fotosynthese ist ein wichtiger Teil des CO_2 -Kreislaufs. Das CO_2 aus der Luft wird mit Wasserstoff aus H_2O zu $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. [...] (Janine Gruber, 8A)

[...] CO_2 geht ungespalten in $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ein. [...] Das Endprodukt Zucker wird (in abgewandelter Form) zum Zellaufbau und als Energielieferant verwendet. [...] (Charlotte Habisohn, 8A)

[...] Im Winter steigt der CO_2 -Gehalt der Luft, da aufgrund geringerer Sonnenstrahlung und des Gefrierens des Wassers weniger Fotosynthese betrieben wird. [...] (Kristina Egginger, 8A)

Dazu kommen variierende Aussagen, wie z. B. Hinweise auf die Osmose als wichtiger Faktor für die Wasseraufnahme in die Zellen, Chlorophyll als „Lichtfänger“, Tracheen als Wassertransportwege.

2.1.2 Durchführung der Interviews

Die Interviews mit den Schülern und Schülerinnen der ersten Klassen fanden jeweils in zwei ihrer Biologiestunden statt. Zu diesem Zeitpunkt waren Stoffwechselfvorgänge noch nicht Unterrichtsinhalte in den betroffenen ersten Klassen. Der Schwerpunkt des Unterrichts der ersten Monate lag bei den Lebensfunktionen Fortpflanzung und Bewegung.

Pro Interview wurden etwa 15 Minuten Zeit veranschlagt. Auf jeden Interviewer/jede Interviewerin kamen (siehe Zahlenverhältnis oben) im Schnitt ein oder zwei Schüler/innen der ersten Klassen. Die Zuordnung der Schüler/innen zu ihren Gesprächspartnern und -partnerinnen aus der Oberstufe erfolgte nach dem Zufallsprinzip. Die Schüler/innen der Wahlpflichtfachgruppen holten ihre Interviewpartner/innen vom Biologiesaal ab, suchten für ihre Interviews geeignete Plätze im Schulgebäude und brachten sie anschließend wieder in den Unterrichtsraum zurück.

Am Anfang jedes Interviews forderten die Interviewenden ihren Interviewpartner/ihre Interviewpartnerin auf, eine Zeichnung einer Pflanze anzufertigen, die in einigen Interviews während des Gesprächs ergänzt wurde. Die Illustrationen des Ergebnisberichts haben dort ihren Ursprung. Die Vorgaben für den weiteren Gesprächsverlauf beschränkten sich auf folgende Leitfragen:

Wie, glaubst du, ernährt sich eine Pflanze?
Was nimmt eine Pflanze auf?
Was macht die Pflanze damit in ihrem Inneren?
Was gibt sie ab?

Die Gespräche wurden auf Audiodatenträger aufgezeichnet. In wenigen Fällen bestand keine Möglichkeit, Aufnahmegeräte mitzubringen. Hier wurde der Gesprächsablauf während des Interviews notiert.

Einige Schüler/innen nahmen auf eigenen Wunsch an zwei Interviews mit unterschiedlichen Gesprächsleitern/Gesprächsleiterinnen teil. So konnten auch unterrichtsorganisatorische Probleme (Beteiligung nur eines Teils einer Wahlpflichtfachgruppe an der Interviewarbeit zu einem bestimmten Zeitpunkt) umgangen werden. In den Interviewprotokollen scheinen die Aussagen dieser Schüler/innen nach Interviews getrennt auf.

Trotz der Unterschiede in Ergiebigkeit und Qualität der Gesprächsprotokolle, die aus dem Wirken der auf recht unterschiedlichen Niveaus arbeitenden Schüler/innen als Forscher/innen resultierten, waren sämtliche für eine weitere Analyse verwendbar. Sieben (von 49) Schülern/Schülerinnen scheinen aufgrund erheblicher Schwierigkeiten einiger Mitarbeiter/innen mit dem Abspeichern der Dateien im schulinternen Netz ohne Protokoll auf.

Die Oberstufenschüler/innen erlebten ihre Tätigkeit als Interviewer/innen unterschiedlich. „*Ich hab das sehr gern gemacht, weil die Kinder sehr engagiert und begeistert waren.*“ Daneben gab es aber auch Klagen über „*wenig Fantasie*“ und „*ein unangenehmes Gefühl, das Kind zum Sprechen bringen zu sollen*“. (aus einem Gruppeninterview mit Projektmitarbeiter/innen am 3.5.07)

Die Transkriptionsarbeit wurde fast durchgehend als anstrengend und aufwändig eingestuft. Codierung und Analyse wurden zwar als langwierig, aber auch dahingehend interessant beschrieben, als unterschiedliche Interviewstile der Mitarbeiter/innen sowie Unterschiede in den doch sehr individuellen Vorstellungen der Schüler/innen der ersten Klassen für die forschenden Schüler/innen erkennbar wurden.

2.2 Transkription und Datenanalyse

Die Datenanalyse orientiert sich am Modell der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring. (Mayring, 2000)

Die Rollenverteilung innerhalb des aus Schülern/Schülerinnen der Wahlpflichtfachgruppen Biologie und Psychologie sowie ihrer Lehrerin bestehenden Forscherteams war folgende:

Aktion	Akteur/innen
1. Transkription der Interviews	Schüler/innen der Wahlpflichtfachgruppen unter Anleitung der Lehrerin
2. Kategorienbildung induktiv und deduktiv	Lehrerin unter Einbindung der Schüler/innen der Wahlpflichtfachgruppen
3. Codierung der Interviewtexte	Schüler/innen der Wahlpflichtfachgruppen, Lehrerin
4. personengebundene Analyse - Erstellung von Analyseprotokollen	Schüler/innen der Wahlpflichtfachgruppen, Lehrerin
5. Identifikation der Denkkonzepte zu den Kategorien	Lehrerin

In den beiden auf die Gespräche folgenden Unterrichtseinheiten transkribierten die Wahlpflichtfachschrüler/innen die von ihnen selbst geführten Interviews. Transkribiert wurden die Interviews von 42 Schülern und Schülerinnen der ersten Klassen.

Im Anschluss daran wurden deduktiv die Kategorien Wasser, Sonne (Licht), Luft(bestandteile) und induktiv, nach erster Lektüre der Interviewtexte, der von den Schülern/Schülerinnen in unterschiedlichen Zusammenhängen verwendete Begriff „Nährstoffe“ festgelegt.

Daraufhin wurden die Transkripte von den Interviewern/Interviewerinnen in Zusammenarbeit mit ihrer Lehrerin codiert und die Einzeldaten in den jeweiligen Kategorien tabellarisch aufgelistet. Den Schülern/Schülerinnen standen dafür die Transkripte als Computerdateien und auf Papier zur Verfügung.

Ein kurzer Auszug aus einem der Protokolle der Schüler/innen soll diesen Analyse-schritt veranschaulichen. Je nach Stellung im Textzusammenhang wurden Paraphrasen (*kursiv*) oder Originalzitate (*kursiv in Anführungszeichen*) verwendet.

I-Nr.	Interviewte/r	Kategorie Wasser
1A1	Halil Cicek	<i>„Erde zum Leben, Wasser zum Wachsen, Luft zum Überleben und sie brauchen auch Licht.“</i>
1A2	Verena Dangl	<i>„Sie saugt das mit dem Stängel und mit den Blättern auf, das geht dann rauf zur Blüte.“</i>
1A3	David Döller	<i>Wasser kommt vom Boden und vom Regen. „Also, ich glaub schon, dass sie alles speichern kann und sie nimmt dann nichts mehr auf, wenn sie nichts mehr braucht.“</i>
1A4	Dominik Döller	<i>Der Baum braucht Wasser, Sonne, Erde, Luft.</i>
1A5 1	Verena Dryje	<i>„Wie der Mensch trinken Pflanzen Wasser. Sie saugen den Regen über die Wurzeln auf. Ein Teil wird gespeichert, der Rest wird in jedes Blatt geleitet und für die Pollen verwendet.“</i>
1A5 2 ³	Verena Dryje	<i>Das Wasser bzw. der Regen kommt in die Erde und wird über die Wurzeln in die Pflanze transportiert, da diese ein bisschen Wasser zum Leben braucht.</i>
1A6 1	Jennifer Glaser	<i>Die Pflanze nimmt Regen über die Wurzeln auf. Wenn es regnet, saugt sie das Wasser auf. „Ja, wenn zu viel Wasser da ist, gibt sie es durch die Wurzeln wieder ab.“</i>
1A6 2	Jennifer Glaser	<i>Wasser wird durch die Wurzeln aufgenommen.</i>
1A7	Janet Gruber	<i>Wasser wird in der Erde gespeichert und aufgenommen, wenn die Pflanze es braucht.</i>

³ Einige Schüler/innen waren Teilnehmer/innen an zwei Interviews. (siehe 2.1.2)

1A8	Lisa Jeschko	<i>Der Baum nimmt das Wasser durch die Wurzeln auf. „Die Pflanze verteilt das Wasser an den ganzen Baum und speichert es dort dann.“</i>
-----	--------------	--

Eine vollständige Aufstellung der Tabellen zu den vier Kategorien findet sich im Anhang.

Umfangreiche Kategorien (Wasser, Sonne) wurden vorerst von mehreren Zweiergruppen bearbeitet, die Ergebnisse dann zusammengeführt.

Kontrollgruppen listeten Aussagen zu Pflanzenorganen (Stängel, Blatt, Wurzel) auf. Ein Vergleich mit den Analyseprotokollen zu den Kategorien Wasser, Sonne (Licht), Luft(bestandteile) sollte das Übersehen einzelner Interviewpassagen möglichst ausschließen.

Abschließend wurden die Protokolle von jeweils anderen Zweierteams aus den beteiligten Wahlpflichtfachgruppen kontrolliert und für die Auswertung der Ergebnisse freigegeben.

2.3 Forschungsfrage

Im Mittelpunkt des Forschungsinteresses standen die persönlichen Denkkonzepte der Schüler/innen der ersten Klassen zum Stoffwechsel der Pflanzen noch vor dem Erstunterricht zur Fotosynthese. Welche Konzepte haben die einzelnen Schüler/innen zu diesem Zeitpunkt? Lassen sich wiederkehrende Muster innerhalb der Konzepte erkennen? Gibt es Anknüpfungspunkte zu den Erklärungsmodellen der Naturwissenschaftler?

Als Fortsetzung dieses Projekts soll die Entwicklung der persönlichen Konzepte der Schüler/innen in den nächsten Jahren unter dem Einfluss des Biologieunterrichts untersucht werden. Welche Modifikationen zeigen die Vorstellungen der Interviewten? Welche Konzepte zeigen sich unberührt vom Unterrichtsgeschehen? Lassen sich bei einzelnen Schülern und Schülerinnen wiederkehrende Denkmuster festmachen?

Die Präsentation der Ergebnisse des Pilotprojekts beruht auf der Auswertung der Analyseprotokolle. Die Kategorien wurden weiter ausdifferenziert, Konzepte innerhalb der Teilkategorien deutlich gemacht.

3 ERGEBNISSE

Mittels einer Auswahl repräsentativer, aber auch einzelner besonders differenzierter Interviewpassagen wird versucht, die vorunterrichtlichen Konzepte innerhalb der festgelegten Kategorien zu verdeutlichen. Auf numerische Angaben wird aufgrund der geringen Aussagekraft bei gegebener kleiner Stichprobe weitgehend verzichtet. Paraphrasen werden *kursiv*, Originalzitate *kursiv in Anführungszeichen* angegeben.

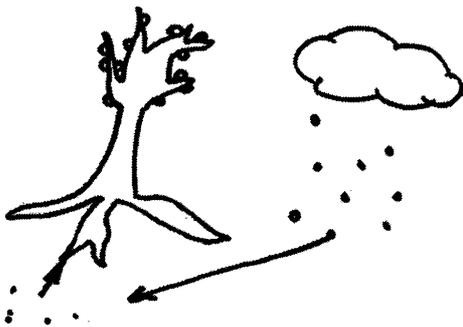
Einige Interviewpassagen beinhalten eine Auflistung der Kategorien:

Der Baum braucht Wasser, Sonne, Erde, Luft. (Dominik Döller, 1A)

„Erde zum Leben, Wasser zum Wachsen, Luft zum Überleben und sie brauchen auch Licht.“ (Halil Cicek, 1A)

„Pflanzen ernähren sich von Luft, Wasser und Nahrung aus dem Boden.“ (Julia Illetschek, 1C)

3.1 Wasser



Wasser wird in sämtlichen Interviews als Stoff angegeben, den die Pflanze aufnimmt bzw. braucht: *„Wie der Mensch trinken Pflanzen Wasser.“* (Verena Dryje, 1A) *„Das Wasser geht in den Boden und dann wachsen die Wurzeln und dann wird aus einer kleinen Pflanze eine große Pflanze.“* (Raphael Steininger, 1C)

„Weil die Erde nass ist, nimmt die Pflanze das Wasser auf.“ (Marlene Redl, 1C)

Assoziationen zum Regen gibt es ebenso wie solche zum Gießen. *„Wie, glaubst du, ernährt sich diese Pflanze?“* *„Vom Regen, vom Wasser.“* (Bettina Knapp, 7A, mit David Weber, 1C)

Durch den Regen kommt das Wasser in die Erde. (Natalie Weißenböck, 1C)

„Und wie kommt das Wasser in die Pflanze“ *„Entweder man gießt sie oder mit dem Regen.“* (David Kolm, 7B, mit Helene Schwarzbauer, 1C)

In mehreren Gesprächen wird Wasser auch als Nährstoff bezeichnet. (siehe 3.4)

3.1.1 Aufnahme und Transport

Konzept 1: Die Wurzeln nehmen Wasser auf

Werden Organe der Wasseraufnahme genannt, sind das in einem Großteil der Gespräche die Wurzeln. *„Der Regen fällt auf die Erde, wie nimmt ihn die Pflanze auf?“* *„Zum Beispiel im Garten: Da setzt man eine Blume ein, und das Wasser geht dann in die Erde und in die Blume über die Wurzeln.“* (Theresa Bodner, 6A, mit Angelika Notschiel, 1A) *„Die Wurzeln saugen das Wasser aus der Erde, wenn es regnet.“* (Boris Seizov, 1A)

Konzept 2: Auch andere Pflanzenteile nehmen Wasser auf

In je einem Fall werden zusätzlich Knollen bzw. die Rinde, aber auch Blätter genannt. *Die Pflanze nimmt das Wasser über die Wurzeln oder Knollen auf.* (Natalie Weißenböck, 1C) *„Auch die Rinde saugt Regen auf.“* (Franz Peter Kitzler, 1C)

Konzept 3: Wasser wird in der Pflanze transportiert

„Sie saugt das mit dem Stängel und mit den Blättern auf, das geht dann rauf zur Blüte.“ (Verena Dangl, 1A)

Zum Transport dient der Stängel: *Im Stängel sind Fäden, da geht das Wasser durch.* (Melanie Schmid, 1C). Mitunter wird er auch durch einen Hals, Röhren oder einen Schlauch ersetzt. *„Sie saugt das Wasser mit dem Hals bis zur Blüte auf.“* (Bernhard Haas, 1C)

3.1.2 Speicherung und Abgabe

Konzept 1: Wasser wird in der Pflanze gespeichert

Fragen nach dem Geschehen in der Pflanze selbst bringen Aussagen wie folgt zu Tage. *„Die Pflanze verteilt das Wasser an den ganzen Baum und speichert es dort dann.“* (Lisa Jeschko, 1A)

In einigen Gesprächen wurde im Anschluss an derartige Vorstellungen die Frage nach der Möglichkeit des Zuviel an Wasser in der Pflanze gestellt. Bei den Antworten dazu stand die Annahme im Vordergrund, Pflanzen würden nur so viel Wasser aufnehmen, wie sie brauchen könnten. *„Also, ich glaub schon, dass sie alles speichern kann, und sie nimmt dann nichts mehr auf, wenn sie nichts mehr braucht.“* (David Döller, 1A)

Konzept 2: Ein Teil des Wassers wird an die Luft abgegeben

„Könnte es dann sein, dass die Pflanze platzt?“ *„Nein, weil sie nur die Menge Wasser aufnimmt, die sie braucht, und der Rest wird an die Luft abgegeben.“* (Sabine Preißl, 6B, mit Anja Scherzer, 1A)

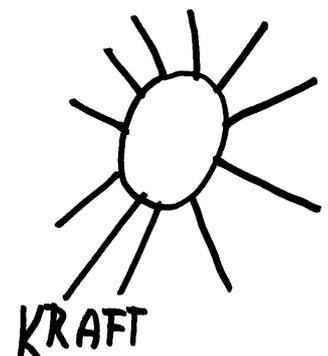
Konzept 3: Wasser wird an den Boden zurückgegeben

Auch das Zurückgeben des Wassers an den Boden wird angedacht. *„Ja, sie nimmt sich die Nährstoffe, die sie braucht, und das Wasser auf, und das geht wieder runter durch den Stängel und dann geht das Wasser wieder in die Erde.“* (Christof Kaufmann, 1C) *„Ja, wenn zu viel Wasser da ist, gibt sie es durch die Wurzeln wieder ab.“* (Jennifer Glaser, 1A)

3.2 Sonne (Licht)

3.2.1 Bedeutung

Licht bzw. Sonne werden fast allen Interviews als etwas angeführt, das die Pflanze aufnimmt bzw. braucht. *„Also einen Tag ohne Sonne überlebt die Pflanze schon, aber wenn längere Zeit keine Sonne scheint, dann ist die Überlebenschance sehr gering.“* (Anja Scherzer, 1A). Dabei tritt „Sonne“ auch als Wortteil in Sonnenstrahl oder Sonnenlicht auf. Mitunter wird „Sonne“ durch „Licht“ ersetzt.



Konzept 1: Licht ermöglicht das Wachstum

Im Vordergrund steht für die meisten Befragten das durch die Sonne geförderte Wachstum der Pflanze. *„Die Pflanze nimmt die Sonne auf, damit sie wachsen kann, und mit weniger Sonne wächst sie schlecht oder fast gar nicht.“* (David Döller, 1A) *„Wenn zu wenig Sonne da ist, geht sie ein, und wenn viel Sonne da ist, wächst sie mehr.“* (Jennifer Glaser, 1A) *„Im Winter wächst der Baum nicht. Er wartet, bis die Sonne wieder scheint.“* (Thomas Prinz, 1C) In einem Interview kommt der Fototropismus der Pflanze zur Sprache. *Die Pflanze wächst zur Sonne.* (Karin Weißenböck, 1C)

Eine Schülerin äußert die Vorstellung vom Lichtbedarf von Anfang an. *Das Samenkorn würde nicht wachsen, wenn es keine Sonne gäbe.* (Verena Dangl, 1A)

Konzept 2: Sonne wird für die Fotosynthese gebraucht

Zwei Schüler/innen bringen den Begriff „Fotosynthese“ selbst in Verbindung mit der Bedeutung der Sonne für das pflanzliche Dasein. Genauere Angaben dazu werden nicht gemacht. *„Sie braucht die Sonne, damit sie wachsen kann und für die Fotosynthese.“* *„Aha, Fotosynthese? Was tut die Pflanze dabei?“* *„Die Blume braucht dafür die Sonne.“* *„Weißt du sonst noch etwas über die Fotosynthese?“* *„Nein, ich habe das Wort nur einmal irgendwo gehört.“* (Janine Gruber, 8A, mit Verena Dryje, 1A) *„Die Blätter betreiben Fotosynthese, dazu ist Sonne nötig.“* (Lukas Schandl, 1C)

Konzept 3: Pflanzen ernähren sich von Licht

Zwei Schülerinnen geben Sonne bzw. Licht als Nahrung für die Pflanzen an. *„Die Blume ernährt sich auch durch die Sonne.“* (Katharina Koppensteiner, 1A) *„Pflanzen ernähren sich von Sonne, damit sie blühen.“* (Ramona Koller, 1A)

Konzept 4: Licht bringt die Pflanze zum Blühen

In mehreren Gesprächen wird die Sonne mit dem Blühen der Pflanzen assoziiert: *„Im Sommer wachsen die Blumen wegen der Sonne besser und blühen auf.“* (Lisa Jeschko, 1A) *„Ohne Sonne wird die Blüte vielleicht zugehen oder sie verblüht.“* (Stefanie Boigenzahn, 1C)

Konzept 5: Die Sonne ermöglicht die Wasseraufnahme

In einigen Fällen werden Verbindungen zur Wasseraufnahme hergestellt. *Die Pflanze braucht Licht zur Aufnahme von Wasser und Nährstoffen.* (Michael Meindl, 1A) *„Die Pflanze braucht Sonne, damit die Regentropfen besser einsickern.“* (Raphael Steininger, 1C)

Konzept 6: Mit der Sonne wird Sauerstoff aufgenommen

Ein Schüler bringt das Sonnenlicht mit der Aufnahme von Sauerstoff in Verbindung. *„Mit den Wurzeln und mit der Sonne nimmt die Pflanze den Sauerstoff auf.“* (David Mayer, 1A)

Konzept 7: Sonnenlicht macht die Blätter grün

Eine Schülerin stellt auf Anfrage einen Bezug zum grünen Farbstoff her. *„Weißt du, warum der Stängel und die Blätter grün sind?“* *„Das ist halt so. Vielleicht werden sie durch das Sonnenlicht oder durch das Gras grün, weil das Gras ja auch grün ist.“* (Birgit Lust und Claudia Anderl, beide 7A, mit Stefanie Boigenzahn, 1C)

3.2.2 Aufnahme

Konzept 1: Die ganze Pflanze nimmt Licht auf

In einigen Gesprächen wird die Pflanze als Ganzes als Licht absorbierend angenommen. *„Jeder Teil der Pflanze kann Licht aufnehmen, nur die Wurzeln nicht, da diese unter der Erde liegen.“* (Verena Dryje, 1A) *„Die Pflanze nimmt die Sonne überall auf, wo sie hinscheint.“* (Jennifer Glaser, 1A)

Konzept 2: Die Blätter nehmen Licht auf

Einige Schüler/innen bringen von sich aus Blätter in Zusammenhang mit (der Aufnahme von) Sonnenlicht. *Die Pflanze bekommt Sonnenlicht durch die Blätter.* (Philipp Wandl, 1C)

Konzept 3: Die Blüte nimmt Licht auf

In einem Interview wird die Blüte selbst als das Sonnenlicht aufnehmend angeführt. *„Die Blume bekommt Sonnenlicht durch die Blüten. Wenn keine Sonne scheint, ist die Blüte zu. Kommt sie wieder, blüht die Blume wieder auf.“* (Christof Kaufmann, 1C)

3.2.3 Wege

Konzept 1: Sonnenstrahlen wandern in der Pflanze

In einigen Gesprächen wird der Weg des Sonnenlichts weiterverfolgt. *„Und wo gehen die Sonnenstrahlen hin?“* *„Zu den Wurzeln.“* (Magdalena Wurth, 7B, mit Melanie Schmid, 1C) *„Der Baum gibt Licht zu den Ästen ab und zu den Blättern.“* (Philipp Schlesinger, 1A)

Konzept 2: Sonne wird wieder an die Erde abgegeben

„Wenn die Pflanze zu viel Sonne aufnimmt, gibt sie diese an die Erde wieder ab. Sonnenlicht geht auch durch die Blätter und Blüten.“ (Katharina Koppensteiner, 1A)

3.3 Luft



3.3.1 Bedeutung für die Pflanze

In etwas weniger als der Hälfte der Interviews kommen Luft bzw. Luftbestandteile (Kohlenstoffdioxid, Sauerstoff) zur Sprache. Mitunter wird der Luft eine konkretere Funktion zugewiesen.

Konzept 1: Luft wird zum Wachsen gebraucht

In einem Fall wird das Wachstum der Pflanze angesprochen. *Pflanzen brauchen Luft zum Wachsen.* (Manuel Semper, 1A)

Konzept 2: Luftbestandteile lassen die Knospen grün werden

Die Begriffe Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid werden in unterschiedlichen Zusammenhängen in mehreren Interviews gebraucht. Im Folgenden wird ein Zusammenhang mit dem Austreiben bzw. der Ergrünung von Pflanzenteilen hergestellt. *„Die Pflanze nimmt solche Sauerstoff-Dings (später vom Interviewten auf CO₂ ausgetauscht) aus der Luft auf, damit die Knospen grün werden.“* (Franz Peter Kitzler, 1A)

Konzept 3: Luft lässt Wasser verdampfen

Einzelne Schüler/innen stellen Verbindungen zu anderen Essenzialien des Pflanzenlebens her. *„Mit der warmen Luft verdampft das Wasser wieder.“* (Verena Dangl, 1A)

Konzept 4: Luft enthält Nährstoffe

Nachdem eine Schülerin bereits Wasser und Licht zur Sprache gebracht hat, ergibt sich folgender Gesprächsverlauf. *„Gibt es noch etwas, oder reicht das? Sag, was du glaubst!“* „Luft.“ *„Super! Was in der Luft?“* „Nährstoffe, Nährstoffe und das Ganze.“ (Theresa Bodner, 6A, mit Angelika Noschiel, 1A)

3.3.2 Wege und Wandlungen

Konzept 1: Die Blätter nehmen Luft auf

In einigen Fällen werden die Blätter in Zusammenhang mit der Aufnahme von Luft(bestandteilen) gebracht. Dabei kommen auch differenzierte Vorstellungen, die Aufnahme und Speicherung der Luft betreffend, zu Tage. *„Vorher hast du gesagt, dass die Pflanze Luft braucht. Wie verstehst du das?“* *„Wenn mehr Wind geht, bekommt sie viel Luft, und wenn wenig Wind geht, bekommt sie wenig Luft. Und den Wind speichert die Pflanze in ihren Blättern.“* (Bernadette Redl, 6B, mit Janet Gruber, 1A)

Konzept 2: Die Wurzeln nehmen Sauerstoff auf

Zwei Schüler bringen den Boden bzw. die Wurzeln selbst mit der Sauerstoffaufnahme in Verbindung. *„Weißt du, was die Pflanze mit den Wurzeln aufnimmt?“* *„Wasser, Sauerstoff. Mit den Wurzeln und mit der Sonne nimmt die Pflanze den Sauerstoff auf.“* (Theresa Bodner, 6A, mit David Mayer, 1A)

Die Pflanze nimmt den Sauerstoff und das Wasser aus der Erde auf. Der Sauerstoff kommt aber auch aus der Luft. (David Weber, 1C)

Konzept 3: Pflanzen geben gute Luft ab

Bestandteil einiger Gespräche ist die Abgabe (guter) Luft durch die Pflanze. *„Bei Bäumen da nehmen die Blätter die Luft auf und verwandeln sie in die gute Luft, die wir brauchen.“* (Anna Wernhart, 1A)

Konzept 4: Pflanzen geben Luftbestandteile ab

„Sie gibt Kohlendioxid und alles andere, was sie nicht braucht, ab.“ (Stefan Ölzant, 1C). *Die Pflanze gibt Sauerstoff ab.* (Philipp Wandl, 1C) *Die Pflanze gibt auch Luft ab.* (David Weber, 1C)

Konzept 5: Kohlenstoffdioxid wird zu Sauerstoff

Mehrere Interviews zeigen Vorstellungen der Wandlung des Kohlenstoffdioxids in Sauerstoff. *„Durch die Blätter nimmt die Blume Kohlendioxid, oder wie man das nennt, auf. Dann wird das in den Blättern zu Sauerstoff und dann gibt sie den Sauerstoff wieder ab.“* (Christof Kaufmann, 1C)

„Die Pflanze nimmt Kohlendioxid auf, wandelt es zu Sauerstoff um und gibt es wieder ab, damit wir leben können.“ (Verena Dryje, 1A)

Konzept 6: Kohlenstoffdioxid stammt aus Abfällen

Eine Nachfrage gibt Auskunft über die Herkunft eines Luftbestandteils. *„Und wodurch entsteht dieses CO₂?“* *„Durch Abfälle, z.B.: Papierl, Apfelburzen.“* (Martin Rabl, 6A, mit Franz Peter Kitzler, 1A)

3.4 „Nährstoffe“ (Erde, Dünger)

3.4.1 Was sind Nährstoffe?

In etwa der Hälfte der Interviews werden „Nährstoffe“, Erde oder Dünger als bedeutsam für das pflanzliche Dasein angegeben. *Wenn man Pflanzen an einen bestimmten Ort setzt, braucht man die Erde.* (Stefanie Boigenzahn, 1C)

Dabei wird der Begriff in sehr unterschiedlichen Zusammenhängen verwendet. Während in mehreren Gesprächen Nährstoffe als bodenbürtig angesehen werden, setzen andere Schüler und Schülerinnen ihren Nährstoffbegriff mit Wasser oder Luftbestandteilen gleich.

In einem Interview wird die Vorstellung von den Nährstoffen näher erläutert. *„Nährstoffe sind so ganz kleine Moleküle, rund und eckig, ganz verschieden. Sie sind durchsichtig.“* (Dominik Schmidt, 1C)

Konzept 1: Nährstoffe sind die Nahrung der Pflanze, die aus dem Boden kommt

Nährstoffe sind die Nahrung und sie kommen von der Erde. (Jennifer Glaser, 1A)

Die Pflanze nimmt Nahrung aus dem Boden und verarbeitet sie zu dem, was sie braucht. (Julia Illetschek, 1C)

Die Pflanze bekommt durch die Wurzel Nährstoffe. Sie nimmt daraus die Energie zum Wachsen. (Philipp Wandl, 1C)

Konzept 2: Mikroorganismen sind Nährstoffe

In einem anderen Gespräch wurde die Frage nach der Natur der Nährstoffe thematisiert. *„Was sind Nährstoffe?“* *„Kleine Bakterien, unsichtbare kleine Tiere.“* (Martin Rabl, 6A, mit Franz Peter Kitzler, 1A)

Konzept 3: Nährstoffe sind in der Luft und/oder im Wasser enthalten

„Sie nehmen Nährstoffe aus der Luft und Wasser mit kleinen Wurzeln.“ (Manuel Semper, 1A)

Nährstoffe sind im Regen, kommen in den Boden und dann in den Baum oder das Wasser saugt sie dann von der Erde. (Dominik Schmidt, 1C)

Konzept 4: Wasser ist ein Nährstoff

Bereits unter 3.1 wurde die einige Male auftauchende Gleichsetzung von Wasser und Nährstoff angeführt. *„Welche Nährstoffe sind denn im Boden?“* *„Wasser.“* (Birgit Lust und Claudia Anderl, mit Thomas Prinz, 1C)

3.4.2 Wege und Wandlungen

Während der Verarbeitung der mit dem Begriff „Nährstoffe“ belegten Substanzen in einem Großteil der Gespräche wenig Bedeutung zukam, wurde in einzelnen Interviews der Begriff sehr differenziert ausgearbeitet.

Konzept 1: Nährstoffe werden vor der Aufnahme bearbeitet.

„Du hast gesagt Nährstoffe. Was meinst du damit? Beschreibe bitte, wie du dir diese Nährstoffe vorstellst und wie die Pflanze sie aufnimmt!“ „Nährstoffe sind kleine Fleckerl, Flüssigkeiten oder Gase. Die Pflanze muss die Nährstoffe zerkleinern, bevor sie sie aufnehmen kann. Das tut sie in der Nähe der Wurzeln, indem sie Stoffe abgibt, die die Nährstoffe verflüssigen.“ (Janine Gruber, 8A, mit Verena Dryje, 1A)

Konzept 2: Bäume stellen Nährstoffe her

In einem Fall wurden Nährstoffe als von der Pflanze gebildet dargestellt.

Der Baum gibt Licht und Wasser zu den Ästen ab. Er wandelt das in Nährstoffe um. Das brauchen die Äste. (Philipp Schlesinger, 1A)

Konzept 3: Stoffe aus dem Boden werden von der Blüte gebraucht.

Die Pflanze nimmt über Wurzeln Stoffe aus dem Boden auf und transportiert diese über den Stängel zur Blüte, welche die Stoffe verbraucht. (Jasmin Schuh, 1C)

Die Pflanze braucht Dünger, um schön zu blühen. (Helene Schwarzbauer, 1C)

Konzept 4: Jeder Pflanzenteil nimmt sich den passenden Nährstoffteil.

„Jeder Teil der Pflanze braucht bestimmte Nährstoffe, die zerteilt werden, damit jeder Teil die richtigen bekommt. Der Stängel bringt sie dann nach oben und jeder Teil nimmt sich dann automatisch, was er braucht.“ (Anja Scherzer, 1A)

4 DISKUSSION

4.1 Wasser

Der Begriff fehlt in keinem der Interviews mit den Schülern und Schülerinnen der ersten Klassen.

Assoziationen mit dem Regen, dem Gießen, aber auch Verbindungen mit weitergehenden gärtnerischen Tätigkeiten – „*Da setzt man eine Blume ein...*“ (3.1.1, Konzept 1) – lassen darauf schließen, dass es sich hier nicht nur um die Übernahme der auch in der Alltagskommunikation gängigen Tatsachenfeststellung „Ohne Wasser kein Leben“ durch die Schüler/innen, sondern um im Zusammenhang mit alltäglichem Erleben erworbenes Wissen handelt.

Die Anfänge der Fotosyntheseforschung zeigen auf, wie sehr auch Wissenschaftler (ähnlich den Vorstellungen der Kinder) insbesondere zu Beginn der Entwicklung einer wissenschaftlichen Richtung auf Alltagsvorstellungen zurückgreifen, die denen der Schüler/innen nicht unähnlich sind. (Weitzel, 2004) So fand van Helmont im 17. Jahrhundert zu der Erkenntnis, dass Pflanzen ihre Stoffmasse allein aus Wasser bildeten. Eine kurze und prägnante Übersicht zu den Eckpunkten der Fotosyntheseforschung findet sich in einem über das Internet abrufbaren Skriptum zu einer Fachdidaktikveranstaltung der Universität Gießen. (Mayer, 2002)

Die Vorstellungen zur Wasseraufnahme bringen interessante Anthropomorphismen („*Wie der Mensch trinken Pflanzen Wasser.*“ In diese Richtung ist wohl auch die Assoziation Stängel-Hals („*Sie saugt das Wasser mit dem Hals bis zur Blüte auf.*“) zu interpretieren. Hiervon könnte sich der Vergleich der Blüte mit dem Kopf ableiten. Eine Tendenz zum Anthropomorphen bei der Darstellung der Blüte zeigt sich auch in fast allen Zeichnungen, in denen die Schüler/innen der ersten Klassen ihren „Prototyp Pflanze“ zu Papier brachten.



Panorama aus 7 Schüler/innen-Zeichnungen

Bemerkenswert ist auch die (vermutlich auch im Vergleich mit der frühesten Form menschlicher Flüssigkeitsaufnahme stehende) Verwendung des Begriffes „Saugen“ für die Funktion der Wurzeln. Hier ist ein brauchbarer Ansatz für die Vermittlung des physikalischen Begriffs „Sog“ im Zusammenhang mit der Wasseraufnahme der Pflanzen zu erkennen. Dem Wassertransport nähern sich die Schüler/innen auch mit der unter 3.1.2, Konzept 2, angeführten Vorstellung der Abgabe überschüssigen

Wassers an die Luft sowie der Annahme von Wasser führenden „Fäden“ (3.1.1, Konzept 3).

Das Konzept *„Auch andere Pflanzenteile [als die Wurzel] nehmen Wasser auf.“* (3.1.1, Konzept 2) nimmt die Eigenschaft der noch keine Cuticula besitzenden Pflanzen auch für die Landpflanzen an. Hier ergibt sich ein Anknüpfungspunkt für eine evolutionsbiologische Betrachtung.

So feststehend die Vorstellung von der Notwendigkeit des Wassers für das pflanzliche Dasein ist, so wenig ausgeführt sind die Vermutungen zum Geschehen mit dem Wasser in der Pflanze. Wasser wird verteilt und gespeichert. (3.1.2, Konzept 1) Dabei führt letzteres schon recht nah an jene osmotischen Vorgänge, die zur Formhaltung der Pflanze beitragen.

Mit dem Zurückgeben des Wassers an die Erde (3.1.2, Konzept 3) durch die Wurzeln wird ein in sich durchaus schlüssiges Wasserrecycling ohne Berücksichtigung des atmosphärischen Anteils (Wolken, Regen) angedacht. *Kattmann (2005)* gliedert die lebensweltlichen Vorstellungen in der Biologie in sieben Kategorien. Einer der Grundgedanken, auf welchen sich Alltagsvorstellungen begründen, ist jener der Kontinuität. Auf Basis des Erlebens der Identität der Bezugspersonen und Objekte sowie der Ich-Identität wird die unveränderte Identität eines Dinges oder Phänomens auch dann angenommen, wenn sie vorübergehend nicht wahrgenommen werden kann. Diese und weitere Vorstellungen (siehe auch 4.2) scheinen in dieser Art und Weise gut begründbar.

4.2 Sonne (Licht)

Von einem Großteil der befragten Schüler/innen wird eine Bedeutung des Lichts für das Pflanzenwachstum angenommen.

Wurde beim Wasser so gut wie durchgängig die Wurzel als Aufnahmeort genannt, sind Aussagen zum Ort der Lichtaufnahme selten. In einem Interview (siehe 3.2.2, Konzept 3) werden Alltagserfahrungen, die Lichtabhängigkeit der Blütenöffnung betreffend, mit der Annahme verknüpft, die Pflanze würde Licht durch die Blüte aufnehmen.

Einmal (3.2.2, Konzept 2) wird die (durch den Blattfall gekennzeichnete) Winterruhe der Bäume in Zusammenhang mit dem Lichtmangel (*„Er wartet, bis die Sonne wieder scheint“*) im Winter gebracht. In einem Fall werden die Blätter ausdrücklich als Orte der Aufnahme von Licht genannt. Eine Schülerin exkludiert die Wurzel als einzigen Pflanzenteil von der Möglichkeit, Licht zu absorbieren, da *„diese unter der Erde liegt“*.

Bemerkenswert erscheinen die Wege des Lichts durch die Pflanze. (3.2.3) *„Der Baum gibt Licht zu den Ästen und zu den Blättern.“* *„[Die Pflanze gibt Sonnenstrahlen] zu den Wurzeln.“* Von einer Schülerin wird die Vorstellung geäußert, das „Zuviel“ an Sonne würde an den Boden abgegeben. Auch scheint der Grundgedanke der Kontinuität (*Kattmann, 2005*, siehe auch 4.1) eine Rolle zu spielen.

Ähnlich vage Angaben wie zur Aufnahme machen die Schüler/innen zum eigentlichen Nutzen des Lichts für die Pflanze. Dabei steht die Verknüpfung des Sonnenlichts mit dem Pflanzenwachstum (und damit mit dem Substanzzuwachs der Pflanze, siehe 3.2.1, Konzept 1) dem naturwissenschaftlichen Fotosynthesemodell ja keineswegs entgegen, ist doch die Bereitstellung des Wasserstoffs für den Aufbau des Grundbausteins Zuckers lichtabhängig.

In einigen Interviews (siehe 3.2.1, Konzept 5) wird eine Wirkung der Sonne auf die Aufnahme von Wasser angenommen, was im Hinblick auf Transpiration und Sog (siehe auch 4.1) durchaus ausbaufähig erscheint.

Insgesamt verwundern eher indifferente Angaben zur Sonne und deren Funktion wenig, zählt die Vermittlung mit dem Begriff „Energie“ zusammenhängender Inhalte vermutlich zu den größten didaktischen Herausforderungen. Eine ausgesprochen detailreiche Arbeit zu diesem Thema ist die von *Burger (2001)*. Dort findet sich in einer bemerkenswerten und hinlänglich aufgeschlüsselten Fülle von Daten auch eine Untersuchung an Gymnasiasten/Gymnasiastinnen, von denen etwa 11% einer vergleichbaren Altersgruppe die Energieaufnahme der Pflanzen durch das Sonnenlicht, rund 26% aber die Vorstellung der Energieversorgung durch die Aufnahme von Stoffen durch den Boden annehmen.

Das für die heterotrophe Lebensweise kennzeichnende Aufnehmen organischer Substanzen zum Zwecke des Lebenserhalts gehört wohl zum frühest erworbenen Erfahrungsschatz jedes menschlichen Individuums. Seine Übertragung auf lebendige Systeme an sich liegt nahe. (siehe auch 4.4)

Zwei Schülerinnen geben Licht als Nahrung für die Pflanze an. (3.2.1, Konzept 3) In diesem Zusammenhang empfiehlt *Kattmann (2005)*, im Unterricht gezielt anthropomorphe Ausdrucksweisen („*Pflanzen essen Licht.*“) zu verwenden, um die Besonderheit der Pflanzenernährung analog zum Menschlichen verstehbar zu machen.

Eine Schülerin vermutet einen Einfluss des Lichts auf die Färbung des Wassers in der Pflanze, stellt aber auch die Möglichkeit, Blätter und Stängel der Pflanzen könnten grün sein, „*weil das Gras um sie herum auch grün ist*“, in den Raum. (3.2.1, Konzept 7) Eine Vorstellung, die sich vielleicht in die Kategorie Tendenz jener sieben Grundgedanken lebensweltlicher Vorstellungen einordnen lässt, die *Kattmann (2005)* vorschlägt. Dieser Grundgedanke entspringt dem Erleben des eigenen zweckmäßigen Handelns. Vorstellungen der zielgerichteten Anpassung leiten sich hiervon ab. Der Grundgedanke der Kohärenz leitet sich aus der Analogie zu sozialen Erfahrungen ab und erscheint zumindest in zweiter Linie auch als übergreifende Vorstellung identifizierbar. Das Gras wäre hier der „Farbgeber“ für die „Farbnehmer“, die im Denken der Schülerin präsenten anderen Pflanzen. Auffallend ist auch die Sonderstellung, die die Schülerin dem Gras zu geben scheint. Vieles deutet darauf hin, dass in der lebensweltlichen Vorstellung vieler Schüler/innen Gräser, aber auch Bäume (*Jäkel, 2006*) nicht als Pflanzen im eigentlichen Sinne betrachtet werden. Als solche scheinen vorwiegend insektenblütige, krautige Pflanzen, „Blumen“ in der Alltagssprache, zu gelten.

Die im gleichen Interview angesprochene Überlegung, die Farbe könnte von der Sonne selbst herrühren, führt in die Bereiche Absorption und Reflexion, in die physikalischen Grundlagen des Phänomens „Farbe“ und in weiterer Folge zu Lichtabsorption und Energietransfer in der Primärreaktion der Fotosynthese. Eine für den Oberstufenunterricht brauchbare Übersicht zu den Energieumformungen bei der Fotosynthese höherer Pflanzen findet sich in *Eising, Hölzenbein (1999)*, S86.

4.3 Luft(bestandteile)

Luft bzw. Luftbestandteile werden nur mehr in weniger als der Hälfte der Gespräche als ein Bestandteil der pflanzlichen Ernährung bzw. als etwas angegeben, das die Pflanze braucht.

Noch seltener als bei jenen zur Sonne beinhalten die Vorstellungen zur Luft Konkretes zu Aufnahme und zur eigentlichen Verwendung. „*Zum Wachsen*“ (3.3.1, Konzept 1) zählt zu den wenigen erhaltenen Aussagen und kommt, setzt man für Luft den Luftbestandteil Kohlenstoffdioxid, der Produktion organischer Substanz in der Dunkelreaktion der Fotosynthese schon recht nahe.

Die Luftbestandteile Sauerstoff und Kohlendioxid (siehe 3.3.1, Konzept 2) werden wenig differenziert verwendet. Dies ist nicht weiter verwunderlich, sind doch Alltagserfahrungen mit isolierten Luftbestandteilen kaum möglich. Eine Möglichkeit, Schülerinnen und Schülern die Aufnahme des Luftbestandteils in ihr Fotosynthesekonzept zu erleichtern, könnte eine deutliche Verbindung des Begriffs „Kohlenstoffdioxid“ mit der Kohle sein, deren Ursprung, durchaus im allgemeinen Wissen verankert, pflanzlich ist. Kohle gibt zudem die Möglichkeit, den anthropogenen Einfluss auf den Kohlenstoffkreislauf durch Verbrennung fossiler Kohlenstoffträger zu thematisieren.

Einem historischen Vorbild folgen die Schüler/innen hinsichtlich ihrer Vorstellung zum positiven Beitrag der Pflanzen an der Luftzusammensetzung (3.3.2, Konzepte 3). Priestley kam im 18. Jahrhundert zu der Erkenntnis, Pflanzen verbesserten die durch das Atmen der Tiere verdorbene Luft und machten sie damit neu zur Atmung fähig. Er stellte einen Kreislauf der Luft zwischen Pflanzen und Tieren fest.

Einige der Interviewten bringen Kohlenstoffdioxid als jenen Luftbestandteil, der von den Pflanzen aufgenommen, Sauerstoff als jenen, der abgegeben wird, zur Sprache (3.3.2, Konzept 5). Dabei kommt es zu einer Umwandlung des Kohlenstoffdioxids in Sauerstoff. Erfahrungsgemäß wird diese Vorstellung besonders hartnäckig konserviert. Die unterrichtliche Auseinandersetzung mit dem Fotosynthese- und Atmungskonzept der Naturwissenschaften sollte hier vielleicht einen Schwerpunkt auf die Wasserspaltung und den daraus hervorgehenden Luftsauerstoff in der Lichtreaktion sowie auf die Verbindung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff in der Endatmung legen.

Eine ausgesprochen differenzierte und interessante Vorstellung ist jene von der Speicherung des Windes. „*Wenn mehr Winde geht, bekommt sie viel Luft, und wenn wenig Wind geht, bekommt sie wenig Luft. Und den Wind speichert die Pflanze in ihren Blättern.*“ Zum einen gewinnen hier die sonst vernachlässigten „grünen Arme“ (siehe Zeichnungen unter 4.1) der Pflanzen an Bedeutsamkeit, zum anderen wird Luft (im Gegensatz zu Wasser) von den meisten anderen Schüler/innen zumindest explizit nicht als speicherbar angesehen. CO₂-speichernde Wassersparer unter den pflanzlichen Daseinsformen lägen demnach der Gedankenwelt der zitierten Interviewten nahe.

Auffallend ist auch die Feststellung, CO₂ (wobei in den Ausführungen des Schülers vorerst von Sauerstoff die Rede war, was er in weiterer Folge korrigierte) stamme aus „*Papierln*“ und „*Apfelburzen*“ (3.3.2, Konzept 5). Hier wird eine im Hinblick auf die Bedeutung der Zersetzung von Abfallstoffen für den Kohlenstoffkreislauf ausbaufähige Feststellung getroffen.

Eine Schülerin bringt den Begriff „Nährstoffe“ explizit in Zusammenhang mit der Luft. *Luft enthält Nährstoffe.* (3.3.1, Konzept 4) Inwieweit hier und (umgekehrt) auch unter 3.3.2, Konzept 2 (*Die Wurzeln nehmen Sauerstoff auf*) eine Gleichsetzung des Begriffs Sauerstoff mit dem Begriff Nährstoff erfolgt, bleibt offen.

4.4 Nährstoffe

Der Begriff „Nährstoffe“ wird von den Schülern und Schülerinnen in so unterschiedlicher Bedeutung verwendet, dass eine Gliederung sinnvoll erscheint.

4.4.1 Bodenbestandteile als Nährstoffe

Nährstoffe sind die Nahrung der Pflanze. Sie kommen aus der Erde. (3.4.1, Konzept 1) Allein schon die alltagsübliche (für eine Konzepterweiterung im Unterricht sehr problematische) Bezeichnung „Nährstoffe“ für jene Bodenbestandteile, die für die pflanzliche Existenz gebraucht werden, legt Vorstellungen wie diese nahe. Zudem wird die heterotrophe Lebensweise des Menschen analog auf andere Organismen übertragen, gehört doch das Aufnehmen von (organischen Substanzen als) Nahrung zu den frühesten Erfahrungen. Als Weg zur Konzeptveränderung auf Basis dieser Analogie schlägt *Kattmann (2005)* die Metapher „*Pflanzen essen Licht*“ (siehe auch 4.2) vor.

Wie bereits in anderen Zusammenhängen wird auch hier von einigen Schülerinnen die Bedeutsamkeit der Blüte, des „Blumenkopfs“, hervorgehoben. (3.4.2, Konzept 3, *Stoffe aus dem Boden werden von der Blüte gebraucht*) Dieser Schwerpunkt findet vermutlich Unterstützung in Werbebotschaften, die besonders üppiges Blühen als Folge des Düngens versprechen.

In einem Interview werden Abfälle („*Apfelburzen*“, „*Papierln*“) als Quelle für den Luftbestandteil CO₂ (siehe auch 4.3) genannt. Derselbe Schüler (3.4.1, Konzept 2) führt unter dem Begriff „Nährstoffe“ „*Bakterien*“, „*unsichtbare, kleine Tiere*“ an. Die Trennung zwischen dem Subjekt Zersetzer und dem von diesem zersetzten Objekt Bestandesabfall scheint hier noch undeutlich.

Eine Schülerin (3.4.2, Konzept 1) erstellt ein sehr detailreiches Bild der Zerlegung der Nährstoffe vor ihrer Aufnahme durch die Pflanze, das an pilzliche Verdauungsvorgänge erinnert. Das Bild der heterotrophen Pflanze wird zwar auch hier beibehalten, doch lässt sich über die Wurzel, die die „großen“ Nährstoffe nicht aufnehmen kann, vielleicht ein Konzept aufbauen, in welchem nur mehr die (besonders kleinen) „Nährionen“ durchgelassen werden. Dass die Pflanze für deren Bereitstellung auch Bestandesabfall und diesen abbauende Destruenten benötigt, stellt im Unterrichtsalltag ein meist problemlos angenommenes, in anthropomorphen Analogien denkbare Konzept dar. Im Modell *Kattmanns (2005)* lässt es sich wohl unter dem Grundgedanken „Kohärenz“ einordnen, der sich aus den Alltagsvorstellungen der Zusammengehörigkeit und Lebensgemeinschaft und auf den Erfahrungen von Abhängigkeit und Verbundenheit begründet.

4.4.2 Luft und Wasser als Nährstoffe

Inwieweit mit Nährstoffen „*aus der Luft*“ und „*aus dem Wasser*“ (3.4.1, Konzept 3) auch organische Bestandteile gemeint sind, lassen die entsprechenden Interviews nicht erkennen. Mit Sicherheit bezeichnet ein Schüler (3.4.1, Konzept 4) Wasser an sich als Nährstoff. Da genauere Zusammenhänge nicht nachgefragt wurden, bleibt die Vorstellung vage, aber dennoch ein Anknüpfungspunkt für die Bedeutung des Wasserstoffs bei der Herstellung des Nährstoffes Zucker.

4.4.3 Von der Pflanze gebildete Nährstoffe

Ein Schüler (3.4.2, Konzept 2) stellt Nährstoffe in einem seiner beiden Interviews als von der Pflanze aus Licht und Wasser gebildet dar. Derselbe Schüler gibt in einem einige Wochen davor geführten Interview Nährstoffe als etwas an, das die Pflanze aufnimmt. Sein Bruder hatte bereits Fotosyntheseunterricht. Hier ist eine innerfamiliäre Weitergabe des bereits vom Fotosyntheseunterricht beeinflussten Wissens im Zeitraum zwischen den beiden Interviews denkbar.

4.5 Resümee/Reflexion

Verlauf und Ergebnisse des Projekts verstärken für mich die Bedeutsamkeit des individuellen Denkens der Lernenden für das Unterrichtsgeschehen.

Bei einem bedeutenden Teil der jungen Forscher/innen aus den Oberstufenklassen war die Motivation zur Festigung und Klarstellung der im Lauf der Jahre erworbenen Wissenspartikel und ihr Zusammenbau zu naturwissenschaftlich orientierten Konzepten so evident, dass eine genauere Untersuchung in vergleichbaren Lernsituationen wirksamer psychologischer Faktoren nahe liegt. Versuche, Konzeptmodifikationen hervorzurufen, wo nichts verändert werden will, lassen – diese Erfahrung teilen vielleicht auch andere Unterrichtende – wenig integrierbare, kaum nachhaltige (oft aber kurzfristig prüfbare) Parakonzepte entstehen. Das für das Alltagsgeschehen ausreichende Ausgangskonzept (siehe auch 1.1) wird als einzig gewolltes und persönlich vertrautes konserviert. Die Stimulanzen der Bereitschaft zur Konzeptveränderung herauszufinden, rückt zunehmend ins Interesse meiner Tätigkeit als Lehrerin.

Eine durchaus positive Wirkung auf jene psychischen Anteile der Schüler/innen, die Lernbereitschaft zur Verfügung stellen können, orte ich im respektvollen Umgang mit individuellen Vorstellungen, wie sie im Zentrum dieses Projekts standen. Das alltägliche Unterrichtsgeschehen hält im Allgemeinen wenig Raum für die Darlegung der persönlichen Konzepte bereit. Schüler und Schülerinnen, deren Denkmodelle kaum zur Sprache kommen, werden aber vermutlich ihr eigenes Denken geringer schätzen als jene, deren Konzepte (besonders wenn es sich um vom Unterrichtsgeschehen noch nicht unmittelbar beeinflusste handelt) von der Umgebung mit Interesse wahrgenommen werden. Im besten Falle resultiert eine Höherbewertung des Denkens an sich, was einer Hinwendung zu wissenschaftlicher Bildung nicht abträglich sein wird. Dass ein einzelnes Interview hier kaum sichtbare Spuren hinterlassen kann, ist unbestritten. Anders, wenn es gelingt, die Artikulation der persönlichen Gedanken der Schüler/innen im eigenen naturwissenschaftlichen Unterricht stärker zu verankern. Die praktische Umsetzbarkeit im Klassenverband lässt hier freilich Fragen offen.

Nicht zuletzt bleiben die Inhalte der Interviews Hintergrund für meinen zukünftigen Unterricht. Die Konzepte der Schüler/innen in geeigneter Form aufzugreifen, Unterricht zum Pflanzenstoffwechsel mit dem Wissen um und rund um die Erkenntnisse aus den Interviews zu modellieren, wird bestimmender Teil meiner Tätigkeit als Lehrerin in den nächsten Jahren sein.

Ein weiteres Vorhaben bleibt die Weiterführung des mit dieser Arbeit initiierten Langzeitprojekts zur Untersuchung der Konzeptmodifikationen bei den interviewten Schülern und Schülerinnen im Laufe ihrer Gymnasialzeit. Mit den in personalisierter Form erhaltenen Gesprächen eröffnet sich hier noch ein Feld von Möglichkeiten.

4.6 Dank

Abschließend ist mir der umfassende Dank an alle Beteiligten an meiner Schule ein Anliegen: Der Direktion und allen in ihren Unterrichtsstunden betroffenen Kollegen und Kolleginnen für die Ermöglichung der Organisation der Interviews, meinem Kollegen Günther Scheidl für die Gelegenheit, seine Wahlpflichtfachgruppe Psychologie bei Interviews und Transkription mitwirken zu lassen, den Schülern und Schülerinnen der beiden beteiligten ersten Klassen, die als Interviewpartner/innen im Zentrum des Projekts standen, und den mit viel Ausdauer arbeitenden Projektmitarbeitern und -mitarbeiterinnen aus den Wahlpflichtfächern Biologie und Psychologie.

Dem Team des Projektschwerpunkts S4 unter der Leitung von Ilse Bartosch, das mit den Workshops in ermutigender Atmosphäre Basis für die Arbeit gelegt hat, Martin Scheuch für viele aktuelle Informationen zu Links und Vorträgen und meinem Projektbetreuer Franz Radits, dessen Unterstützung für die Planung und die konsequente Durchführung des Projekts wesentlich war und der im Rahmen der Korrekturen Motivation und Fachwissen in meine Berichterstellung eingebracht hat, an dieser Stelle mein herzlicher Dank.

LITERATUR

- ALTRICHTER, H./ POSCH, P. (2007): Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht. Unterrichtsentwicklung und Unterrichtsevaluation durch Aktionsforschung. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- AUSUBEL, D. P. / NOVAK J. D. / HANESIAN, H. (1978): Educational psychology: A cognitive view, 2nd ed., New York: Holt, Rinehart and Winston
- BURGER, J. (2001): Schülervorstellungen zu "Energie im biologischen Kontext" - Ermittlungen, Analysen und Schlussfolgerungen. Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Didaktik der Naturwissenschaften (Dr. phil. nat.) der Fakultät für Biologie der Universität Bielefeld. <http://bieson.ub.uni-bielefeld.de/volltexte/2003/188/pdf/0044.pdf> (13.9.2006)
- DUIT, R. (2004). Schülervorstellungen und Lernen von Physik. piko-Brief Nr. 1, Mai 2004 www.physik-im-kontext.de (13.9.2006)
- EISING, R./ HÖLZENBEIN, S. (1999): Wenn die Lichtreaktion im Dunkeln bleibt. Zur Behandlung der photosynthetischen Primärprozesse im Unterricht der Sekundarstufe II (Teil 2). In: I D B Münster (Ber. Inst. Didaktik Biologie) 8, S 77-90
- GERSTMAIER, J./ MANDL, H. (1995): Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. In: Zeitschrift für Pädagogik, 41. Jg. 1995, Nr. 6, S. 867-887
- HELLDÉN, G. (2000): Environmental education and pupils' understanding of biological processes. In: Bayrhuber, H./ Unterbruner, U. (Hrsg.). Lehren & Lernen im Biologieunterricht. Innsbruck: Studienverlag, S. 132-143
- JÄKEL, L. /ROHRMANN, S. /WEBER, A. (2006): Untersuchungen von Studienmodulen und Schulunterricht zum Lehren und Lernen von Biodiversität. Abstract in: Doris Lemmermöhle, Susanne Bögeholz & Marcus Hasselhorn (Hrsg.). Professionell Lehren – Erfolgreich Lernen: Abstracts und Programm der 3. Göttinger Fachtagung für empirische Unterrichts- und Schulforschung; 4. bis 6. September 2006. ZeUS - Zentrum für empirische Unterrichts- und Schulforschung der Georg-August-Universität Göttingen, S. 50
- KATTMANN, U./DUIT, R./GROPENGIESZER, H./KOMOREK, M. (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 3, Heft 3, S. 3-18
- KATTMANN, U. (2005): Lernen mit anthropomorphen Vorstellungen? - Ergebnisse von Untersuchungen zur Didaktischen Rekonstruktion in der Biologie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften; Jg.11., S 165-174
- MAYER, J. (2002): Vom Schulversuch zum Forschenden Unterricht - Wissenschaftliches Arbeiten im Biologieunterricht am Beispiel der Fotosynthese. Workshop zum BLK-Programm „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ Institut für Biologiedidaktik, Universität Gießen. <http://sinus-transfer.uni-bayreuth.de/fileadmin/MaterialienDB/61/Photosynthese.doc> (13.9.2006)
- MAYRING, P. (2000): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 7. Auflage. Weinheim: Deutscher Studienverlag

REINMANN-ROTHMEIER, G./MANDL, H. (2001): Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In: Krapp, A./Weidenmann, B. (Hrsg.): Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch. Weinheim: Beltz, S. 601-646

SCHNEPS M.H./ MINTZES, J./ SCHAPIRO, J. et al. (1997): Lessons From Thin Air. Eine Videostudie aus dem Forschungsprojekt "Minds of Our Own", des [Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics](http://www.harvard-smithsonian-center-for-astrophysics.org). 1997. ISBN: 1-57680-064-4 <http://www.learner.org/resources/series26.html#jump1>; (2.7.2007)

WEITZEL, Holger (2004): Welche Bedeutung haben vorunterrichtliche Vorstellungen für das Lernen? In: Spörhase-Eichmann, U./Ruppert, W. (Hrsg.): Biologie-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. Berlin: Cornelsen Scriptor, S75-96