



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Unterrichten mit Forschendem Lernen – Evaluation des
Wissenszuwachses bei Novizen im Rahmen eines
Projektpraktikums“

verfasst von / submitted by

Christoph Eichhorn

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2018 / Vienna, 2018

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 190 445 299

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramtsstudium UF Biologie und Umweltkunde
UF Psychologie und Philosophie

Betreut von / Supervisor:

Ass.-Prof. Mag. Dr. Suzanne Kapelari, MA

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

Mag. Dr. Martin Scheuch

Danksagung

Ich bedanke mich bei meinem Co-Betreuer Dr. Martin Scheuch, der mir im Laufe der Jahre immer mit Rat und auch mit Taten beigestanden hat, und maßgeblichen Anteil daran hat, dass diese fachdidaktische Arbeit existiert. Ausserdem bedanke ich mich dafür, dass er mir für die Forschung im Bereich der Biologiedidaktik die Augen geöffnet hat - ein Interessensgebiet, das mich nun schon seit Jahren begleitet und mich zu einem besseren, oder zumindest reflektierteren Lehrer gemacht hat. Vielen Dank an Frau Dr.ⁱⁿ Suzanne Kapelari für die Betreuung der Arbeit. Weiters bedanke ich mich bei Mag.^a Christine Heidinger, die mich ihre Lehrveranstaltung beforschen ließ (ebenso wie Mag.^a Heidemarie Amon), und mir gerade gegen Ende der Diplomarbeit noch einmal wichtige Impulse, Fokus und viele Antworten gegeben hat, obwohl sie dazu nicht verpflichtet gewesen wäre.

Mein größter Dank geht an meine Eltern, Maria und Herbert, die mir gezeigt haben, was das Wichtige im Leben ist und die mir manchmal auch unter großem persönlichen Verzicht immer alles ermöglicht und mich in allem was ich getan habe unterstützt haben – und nicht zuletzt an Christina, die mir in allen Lebenslagen immer beisteht.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Fragestellung	5
3. Paedagogical Content Knowledge (PCK)	7
3.1 LehrerInnenwissen als Professionalisierungswissen	7
3.2 Was ist PCK?	9
3.3 Die Entwicklung von PCK als wissenschaftliches Konstrukt zur Erforschung und Darstellung von LehrerInnenwissen.	10
3.4 Die affektiven Komponenten von PCK – Beliefs und Orientations	14
3.5. Die Bedeutung von PCK in der LehrerInnenbildung.....	18
3.6. Erkennen und Darstellen von PCK.....	20
3.7 Content Representations (CoRes)	21
3.8 PCK im Teacher Professional Knowledge and Skill Modell (TPK&S).....	23
4. Forschendes Lernen - Inquiry	28
4.1 Historische Entwicklung	28
4.2 Die Konzeption von Inquiry	30
4.3 Kategorien von Inquiry	34
4.4 „Die Naturwissenschaftliche Methode“	35
4.5 Wissenschaftsmethodische Kompetenzen und „inquiry“	36
4.6 Inquiry und die Natur der Naturwissenschaften.....	37
4.7 Nature of Science verstehen	38
4.8 Bedeutung von Wissen über NOS für die universitäre Ausbildung und für den Unterricht als „Handungsleitendes Wissen“	41
4.9 Warum Inquiry? – Forschendes Lernen unter dem Gesichtspunkt konstruktivistischer Lerntheorien	43
4.10 Sinnvolle Inquiry-Umgebungen schaffen	47
4.11 Authentisches forschendes Lernen	51
5. Erhebungsrahmen	56
5.1 Die Lehrveranstaltung	56
5.2 Hintergrund der Lehrveranstaltung	57
5.3 Aufbau der Lehrveranstaltung.....	58
6. Methoden.....	60
6.1 Evaluationsforschung	60
6.1.1 Entwicklungsorientierte Evaluationsforschung.....	60

6.1.2 Summative Evaluation	60
6.1.3 Fallstudien	61
6.2 Datenerhebung.....	61
6.2.1 Erhebung der „Big Ideas“ bzw. zentraler Vermittlungsinhalte.	62
6.2.2 Unterrichtsplanungen	62
6.2.3 Interviews	62
6.3 Datenaufbereitung und Datenauswertung	63
6.3.1 CoRes	63
6.3.2 Unterrichtsplanungen	63
6.3.3 Interviews	64
7. Ergebnisse.....	65
7.1. Referenzrahmen – Erhebung der Ziele der Lehrveranstaltungsleiterinnen.....	65
7.2. Vermittlungsziele (CoRes) und Unterrichtsentwürfe der Studierendengruppen	72
7.3 Ergebnisse zu den kognitiven Aktivitäten authentischen Forschenden Lernens	88
7.4 Die Bedeutung von Fachwissen.....	94
7.5 Ansichten der Studierenden zu „Forschendes Lernen“ als Methode:	96
7.5 Verlässlichkeit der Daten.....	97
7.6. Allgemeines Wissenschaftsverständnis und Inquiry-Inhalte.....	98
8. Diskussion	101
9. Weiterführende Fragen und Ausblick	112
Literaturverzeichnis.....	116
Anhang	124
Zusammenfassung.....	124
Abstract	124
Transkripte	125
Interview GR2	125
Interview GR3	133
Interview GR 5	141
Interview LV-Leiterinnen	153

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Model of Teacher Knowledge (Grossman, 1990)	11
Abbildung 2: Hexagon-Modell des PCK aus Park & Oliver (2008) – adaptiert von Scheuch (2013)	13
Abbildung 3: PCK model for science teaching (Magnusson et al., 1999)	15
Abbildung 4: Content Representation (CoRe) Raster nach Loughran et al. (2012, S. 28)	22
Abbildung 5: Modell des LehrerInnen-Professionswissens und –könnens („teacher professional knowledge and skill“) – nach Gess-Newsome (2015, S. 31)	24
Abbildung 6: Rahmenkonzept wissenschaftsmethodischer Kompetenzen (Mayer, 2007)	37
Abbildung 7: Als „adäquat“ betrachtete Ansichten über die Naturwissenschaften (nach McComas et. al. 1998, übersetzt von Priemer 2004)	39
Abbildung 8: 15 Mythen von Ansichten über die Naturwissenschaften (nach McComas, 1998, übersetzt von Priemer 2004)	39
Abbildung 9: Übersicht der zentralen Vermittlungsinhalte der LV-Leiterinnen.	71
Abbildung 10: Übersicht der Zentralen Vermittlungsinhalte von Gruppe 1	72
Abbildung 11: Übersicht der Zentralen Vermittlungsinhalte von Gruppe 2	75
Abbildung 12: Übersicht der zentralen Vermittlungsinhalte von Gruppe 3	78
Abbildung 13: Übersicht der zentralen Vermittlungsinhalte von Gruppe 4	80
Abbildung 14: Übersicht der zentralen Vermittlungsinhalte von Gruppe 5	83
Abbildung 15: Übersicht der zentralen Vermittlungsinhalte von Gruppe 6	86

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vermittlungsinhalte GR1	72
Tabelle 2: Vermittlungsinhalte GR2	74
Tabelle 3: Vermittlungsinhalte GR3	77
Tabelle 4: Vermittlungsinhalte GR4	80
Tabelle 5: Vermittlungsinhalte GR5	82

1. Einleitung

In den naturwissenschaftlichen Lehrplänen Österreichs findet ein Paradigmenwechsel statt: In den Formulierungen der neuen Kompetenzmodelle¹ finden sich Anforderungen, die Strömungen in der angloamerikanischen Bildungswissenschaft schon seit Jahrzehnten als zu vermittelnde Fähigkeiten fordern. Konkret geht es um (natur)wissenschaftliche Handlungen wie Fragen stellen, Beobachten, Beschreiben, Bewerten und Interpretieren von Daten und Ergebnissen sowie Darstellung und Kommunikation dieser Ergebnisse. Diese Handlungen und die dadurch erworbenen Kompetenzen *in* - und Erkenntnisse *über* Wissenschaft finden sich in den OECD Staaten als übergeordnetes Bildungsziel der *Scientific Literacy* wieder. SchülerInnen sollen nicht nur die Produkte natur-wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung lernen, sie müssen auch in der Lage sein die Verlässlichkeit, Stärken und Schwächen dieser Produkte einzuschätzen um darauf basierend persönliche und demokratiepolitische Entscheidungen zu treffen.

Im angloamerikanischen Raum herrscht für naturwissenschaftlichen Unterricht schon lange das Paradigma (u.a. AAAS, 1993; NRC, 1996) des „teaching science as inquiry“ (Forschendes Lernen). Eine Tendenz weg von der reinen Vermittlung von Wissen als abgeschlossenem Wissensbestand hin zu einem Verständnis, von Naturwissenschaft als Disziplin und zu einem besseren Verständnis der Beschaffung und Ontogenie von naturwissenschaftlichem Wissen, während gleichzeitig das nötige Fachwissen erlernt wird. Weiteres Paradigma ist das „teaching for understanding“, ein von konstruktivistischen Lerntheorien geprägter Ansatz, nämlich insofern als, dass Wissen nicht einfach von einer Person zur anderen übermittelt („transmitted“) werden kann. Jedes Individuum konstruiert sein eigenes, individuelles mentales Abbild der Welt („Wissen“), indem Neues in seine existierenden Wissensbestände und Vorstellungen und die entsprechenden Phänomene oder Ideen, die damit einhergehen integriert wird (Richardson 1997). Das heißt, erst durch aktive Auseinander-setzung mit neuem Wissen und den damit verbundenen kognitiven und sozialen Vorgängen kommt es zu einer Integration und damit zu Lernen an sich. In den neuen kompetenzorientierten Standards sind diese Paradigmen auch in Österreich angekommen und Forschendes Lernen als Lehr-/Lern-methode verspricht, diese beiden Paradigmen zu vereinen.

¹ Vgl. Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe, bifie Wien, 2011.

Im deutschsprachigen Raum zeigen internationale Vergleichsstudien, wie etwa TIMSS (Baumert et al. 2000), PISA 2006 (PISA Konsortium, 2007) und PISA 2015 (OECD, 2016), dass die, hinsichtlich der Einführung von Bildungsstandards, geforderten Kompetenzen im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung von einem erheblichen Anteil der SchülerInnen nicht erreicht wurden. Bis heute hat sich daran auch international wenig geändert (Lederman & Lederman 2017).

In Österreich findet, laut OECD Bericht über die PISA Studie 2006 (PISA Konsortium, 2007), in den naturwissenschaftlichen Fächern in erster Linie immer noch fragend-entwickelnder Unterricht statt, es wird vergleichsweise weniger experimentiert als in anderen OECD Ländern und SchülerInnen dürfen selten eigene Experimente entwickeln. Die Ergebnisse der PISA Studie 2015 (OECD, 2016) spiegeln das wieder, so liegen Österreichs SchülerInnen was naturwissenschaftliche Kompetenzen betrifft nur an 20. Stelle. Auch hier ist im Hinblick auf die zukünftigen Anforderungen an den naturwissenschaftlichen Unterricht, gerade was die geforderte Kompetenzentwicklung im Bereich naturwissenschaftlichen Arbeitens betrifft, ein Umdenken nötig. Untersuchungen zeigen, dass Experimentieren alleine nicht zu besseren Ergebnissen führt (Tesch & Duit, 2004). Auch zeigt sich, dass die Bedeutung des Experiments oft falsch eingeschätzt wird (Harlen, 1999), weil SchülerInnen nur selten angeregt werden, selbst Experimente zu planen, durch zu führen, auszuwerten oder zumindest in diese Prozesse eingebunden sind, also den Gang des Erkenntnisgewinns gedanklich aktiv zu beschreiten (*Inquiry*, Forschendes Lernen) und nicht nur Experimentvorgaben mechanisch, nach „Kochrezept“, abzuarbeiten.

Für den Unterricht und vor allem für Curriculumsentwicklung, die den Ansprüchen von Kompetenzorientierung, Schülerzentriertheit und *Inquiry*-orientierten Inhalten und Standards gerecht werden muss, heißt das eine Bewegung weg von traditionellen Ansätzen (Engl.: „didactic“², „Lehrerzentrierte Ansätze“) hin zu konstruktivistisch motivierten. Für LehrerInnen wirft das die Notwendigkeit auf, für tieferes Verständnis zu unterrichten, zu wissen wie Schülerinnen und Schüler Inhalte verstehen und wie sie ihren Unterricht entsprechend anpassen können. LehrerInnen müssen Wissen darüber aufbauen, wie sie naturwissenschaftliche Inhalte, die Teil ihres Wissensbestandes sind, in Formen bringen können, die einerseits pädagogisch bedeutsam sind und andererseits flexibel

² „didactic“ - im Englischen (im Gegensatz zum deutschen Sprachgebrauch) eher negativ konnotiert - bezieht sich hier auf den Unterrichtsansatz Fakten „von der Lehrperson auf SchülerInnen zu ,übertragen““ (vgl. u.a. Magnussen et al. 1999).

genug sind um unterschiedliche individuelle Voraussetzungen hinsichtlich Vorwissen, Verständnis- und Lernschwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler mit einzubeziehen (Park et al. 2010).

Dieses Wissen ist zentral in einer kompetenzorientierten Schulbildung und muss damit auch zentral sein in der Lehrerbildung. Das macht es nötig, problemlösungsorientiert zu unterrichten, also *Inquiry*-Inhalte in den Lehrplan aufzunehmen. Forschendes Lernen eignet sich als „Transporteinheit“ für konstruktivistisches Lernen, und auch dafür *Scientific Literacy* und Inhalte über die Charakteristika der Naturwissenschaften zu lernen. Entscheidend sind hier authentische Lernumgebungen, in denen adäquate Ansichten vermittelt werden. Solche Lernumgebungen zu schaffen verlangt von den Lehrpersonen

Diverse Studien zeigen, dass sich die wissenschaftstheoretischen Vorstellungen und Überzeugungen der Lehrperson direkt in den gewählten Lehrmethoden widerspiegeln (Bromme, 1992; Helsper, 2002; Tesch & Duit, 2004) und somit auch die epistemologischen Vorstellungen und Wissensbestände der SchülerInnen beeinflussen. Ein holistisches Bild der Wissenschaft, Wissen und adäquate Vorstellungen über Genese und Ontogenie von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen wird im Allgemeinen als Voraussetzung für lebensweltliche Realitäten der SchülerInnen und das sich Zurechtfinden in einer modernen Wissenschaftsgesellschaft erachtet (Bromme, 2005). Mehrere Studien zeigen auch, dass ausgereifte epistemologische Überzeugungen bei LehrerInnen mit adäquateren Lernprozessen und besseren Lernergebnissen der SchülerInnen einhergehen (Hofer & Pintrich, 1997; Trautwein & Lüdtke, 2007).

Im Rahmen des PCK Modells (Park & Oliver, 2008) gilt das Wissen über die Natur der Naturwissenschaften als handlungsrelevantes Wissen, das direkten Einfluss auf die gewählten Unterrichtsmethoden und Inhalte hat. Das bedeutet also, selbst wenn epistemologische Inhalte nicht explizit unterrichtet werden, hat die Lehrperson auf der Ebene der zu untersuchenden Inhalte von *Scientific Inquiry*, implizites Wissen zu den Vorgängen im naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinn. Diese Vorstellungen und Wissensbestände beeinflussen die Thematisierungsbereitschaft solcher Inhalte und sind, durch die gewählten Unterrichtsmethoden, entscheidend für das Unterrichten für tieferes Verständnis und nicht das bloße Vermitteln von Fakten im Biologieunterricht.

Naheliegender wäre demnach ein Fokus auf wissenschaftstheoretischen Inhalten in der universitären Fachausbildung der LehrerInnen. Epistemologische Inhalte spielen allerdings in der universitären Ausbildung von LehrerInnen naturwissenschaftlicher Fächer nur eine marginale Rolle (Abd-El-Khalick

& Lederman, 2000). In Deutschland wird etwa die Wissenschaftsphilosophie vornehmlich in pädagogischen und sozialwissenschaftlichen Kontexten diskutiert, während sich die Fachbiologie im Rahmen der LehrerInnenausbildung auf die Vermittlung von Fachwissen beschränkt (Dittmer 2005). In vielen Ländern beginnen Lehrerinnen und Lehrer zu unterrichten, ohne in ihrer Ausbildung eine einzige *Inquiry*-Aktivität durchgeführt zu haben (Windschitl, 2000), dieser Befund trifft auch weitgehend heute noch auf Österreich zu. Studien, die sich mit dem NOS-Verständnis von LehramtsstudentInnen und LehrerInnen in den ersten Unterrichtsjahren befasst haben zeigen, dass nur wenige LehrerInnen NOS-Inhalte als Lernziele erachten und kaum werden solche Inhalte in Übereinstimmung mit der Literatur, die sich mit der effektiven Vermittlung solcher Inhalte befasst (Herman et al., 2013). Um hier Verbesserungen zu erzielen, bedarf es vor allem Veränderungen in der Ausbildung von Naturwissenschafts-LehrerInnen (ebd.). Es ist wichtig in zukünftigen LehrerInnen einen Denkprozess anzuregen, der sie über reines Nachahmen von wirkungsvolleren Unterrichtsmethoden hinausgehend dazu bringt für tieferes Verständnis zu unterrichten. Erreicht werden kann dies einerseits dadurch, dass sie Methoden wie etwa *Inquiry Learning* auch in Hinsicht auf *Scientific Literacy* verstehen, adäquate Ansichten über NOS entwickeln und ihre Selbstwirksamkeit (*Efficacy*) dahingehend entwickeln, diese Methoden auch anwenden zu wollen. Schlussendlich sollten LehrerInnen auch eine reflexive Sicht auf die Praxis ihres Unterrichts entwickeln, um zukünftige wertvolle Unterrichtssituationen schaffen zu können.

2. Fragestellung

Ziel der Arbeit ist die Evaluierung einer Lehrveranstaltung zu Authentischem Forschenden Lernen, hinsichtlich der *Outcomes* (Lernerfolge, Lernfortschritte) bei den teilnehmenden Studierenden. Dabei sollen sowohl fachinhaltlicher Wissenszuwachs als auch die Entwicklungen von Wissen und Ansichten über Forschendes Lernen (*Inquiry*) und damit eng verbunden auch *Nature of Science* (NOS) als Indikatoren dienen. In all den folgenden Fragestellungen soll natürlich betrachtet werden, welche der konkreten Vermittlungsinhalte sich in den Produkten der Studierenden wiederfinden. Es soll im Sinne einer umfassenden Erhebung aller Entwicklungen diese Gesichtspunkte betreffend aber nicht limitiert sein darauf.

- Wie entwickelt sich das Fachwissen im Bereich der Palynologie und das Wissen über Palynologie als Wissenschaft?
- Welcher Wissenszuwachs findet statt, hinsichtlich des Forschenden Lernens (*Inquiry*) als Unterrichtsmethode?
- Wie setzen sie das Erlernte ein, um wertvolle *Inquiry*-Umgebungen zu schaffen?
- Gibt es Wissenszuwachs hinsichtlich der Charakteristika der Naturwissenschaften (NOS) während des Unterrichtens und der Auseinandersetzung mit einer naturwissenschaftlichen Unterdisziplin im Fachunterricht?
- Erkennen die Studierenden Wissen über *Scientific Inquiry* und *Nature of Science* als vermittlungsrelevantes Wissen?
- Wie wirkt es sich auf die Einstellung der Studierenden zur Vermittlung dieser Inhalte und zur Anwendung von Forschendem Lernen im Unterricht aus?

Betrachtet werden soll vordergründig die fachdidaktische Ebene: **Welche *Inquiry*-basierenden Lernumgebungen schaffen die Studierenden aufgrund des Inputs der Lehrveranstaltung um was konkret zu vermitteln?** Sichtbar gemacht werden soll dies durch explizite Darstellung ihres „*Topic Specific Content Knowledge*“ (TSPK) zu den Unterrichtsinhalten mit Hilfe von „*Content Representations*“ (Loughran et al., 2004, 2012) und durch qualitative Analyse ihrer Unterrichtsentwürfe, die implizit auch immer Vermittlungsziele beinhalten, sowie der qualitativen Analyse von Interviews zur Durchführung ihrer Unterrichtseinheiten. Einen Rahmen bildet außerdem der Vergleich der *Outcomes* der Studierenden mit den Vermittlungszielen der

Lehrveranstaltungsleiterinnen, die ebenfalls als „*Content Representations*“ (CoRe) in einem Interview erhoben wurden. Ziel soll die umfangreiche Darstellung der Unterrichtseinheiten von sechs Zweiergruppen sein, mit dem Fallstudienfokus auf drei dieser Tandems. Das umfassende *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) Konstrukt bildet den Rahmen für diese Erhebung, weil es all diese Aspekte berücksichtigt und als unterrichtsgestaltend versteht. PCK ist das Amalgam von Wissensbeständen (das können Fachinhalte sein, aber auch Wissen über die Natur der Naturwissenschaften) und pädagogischen Wissens, das wertvolle Unterrichtssituationen schafft um Inhalte möglichst effektiv zu vermitteln. Es bietet sich damit als theoretischer Rahmen an, wenn Vermittlungsaktivitäten und deren Vermittlungsabsichten im Fokus stehen. Dokumentiert werden soll begleitend zu den Eingangsfragen das PCK von NovizInnen bzw. Lehramtsstudierenden bezüglich der Fachlichen Inhalte, *Inquiry* und NOS. Darin eingeschlossen sind fachliches Verständnis, hinsichtlich adäquater Ansichten von *Inquiry* und NOS, *Beliefs* und *Orientations* gegenüber den Konzepten und a) wie und ob sie eingesetzt wurden, b) ob die Studierenden die Unterrichtsmethoden und Konzepte als wertvoll erachten und in Zukunft einsetzen werden (was im Hinblick auf die in der Einleitung erwähnten vorgegeben Lehrplananforderungen entscheidend ist).

Erhoben werden die Daten in der Tradition der entwicklungsorientierten Evaluationsforschung (Bortz & Döhring, 2003; Krüger, 2003) und diskutiert werden sie vor dem Hintergrund der Theorien zu den Zielen und Möglichkeiten von Authentischem Forschenden Lernen (*Inquiry*) im Unterricht und zur Vermittlung von adäquatem Wissen zu *Scientific Inquiry* und NOS.

3. Paedagogical Content Knowledge (PCK)

Will man den Wissenszuwachs von LehrerInnen oder zukünftigen LehrerInnen im Rahmen einer Professionalisierungs- oder Lehrveranstaltung dokumentieren, ist es notwendig die Eigenheiten von LehrerInnenwissen zu verstehen. Einen Versuch dieses Wissen zu charakterisieren, abzubilden und erforschbar zu machen stellt das PCK Modell von LehrerInnenwissen dar.

3.1 LehrerInnenwissen als Professionalisierungswissen

Schön (1983) erklärt, dass Praktiker („practitioners“), also in einem Berufsfeld handelnde Personen – wie es auch LehrerInnen sind – weit mehr wissen als sie sagen bzw. benennen können. Er meint damit implizites, handlungsleitendes Wissen in und während der Praxis, aber auch das Reflexionsvermögen über dieses Handeln. Beides hilft ihnen, die Herausforderungen, vor denen Sie während der Ausübung ihrer Tätigkeit stehen zu bewältigen. Auf die Unterrichtspraxis umgelegt heißt das so viel wie: LehrerInnen können oft nicht einfach nur aus der Wissenschaft generierte Theorien anwenden – seien es fachwissenschaftliche Inhalte oder pädagogische – sie müssen auch aus Situationen heraus Probleme identifizieren und handhaben und tun dies meist mithilfe von Wissen, dass zwischen diesen beiden Spannungsfeldern angesiedelt ist.

Welches Wissen unterscheidet PädagogInnen von nicht unterrichtenden Fachleuten? Diese Frage rückt mit der Verschiebung hin zu konstruktivistischen Paradigmen seit den 1980er Jahren in der pädagogischen und didaktischen Forschung in den Vordergrund. 1983 untersucht Elbaz LehrerInnenwissen und geht davon aus, dass durch die Untersuchung ihrer Aktivitäten und der Überlegungen die ihre Handlungen motivieren, Rückschlüsse auf das praktische Wissen („practical knowledge“) möglich werden. Dieses praktische Wissen bezeichnet Elbaz (1983) als spezifisches Wissen, über das LehrerInnen in unterschiedlichen Ausprägungen verfügen und das die handlungs- und entscheidungsorientierten Bereiche des LehrerInnenberufs hervorhebt. Es ist stark erfahrungsbasiert, individuell und theoriegeleitet. Es beinhaltet Fachwissen, Wissen um Lerntheorien, Wissen über den Lehrplan (hilft Bildungsinhalte zu strukturieren), Wissen um die eigenen Stärken und Überzeugungen, *Classroom Management* und Wissen um soziale Strukturen, Gruppen und Gemeinschaften im Gefüge der Schule. Diese Bereiche stehen in dynamischer Beziehung mit der Praxis, nicht im Sinne einer reinen Anwendung der Theorie, sondern einer gegenseitigen Beeinflussung der beiden Bereiche.

Wie Shulman (1986) feststellt konzentrierte sich die frühe LehrerInnenbildungsforschung auf das Fachwissen von LehrerInnen, während es in späteren Jahrzehnten allmählich zu einer Verschiebung des Fokus auf die Effektivität pädagogischer Methoden unabhängig von Fachinhalten kommt. Cochran (1991) stellt fest, dass Ende der 80er Jahre das Bewusstsein in den Forschungsarbeiten entsteht, dass sowohl das Fachwissen von LehrerInnen als auch Wissen um pädagogische Gegebenheiten das Lernen und Verstehen von SchülerInnen beeinflussen. Shulman (1987) beklagt in seinem zweiten Artikel zu PCK, die damals vorherrschende behavioristische Unterrichtsforschung, die rein auf das LehrerInnenverhalten fokussiert war, ohne sich mit Unterrichtsinhalten zu beschäftigen und bezeichnet dies als Trivialisierung des Unterrichts. Er erkennt, dass LehrerInnen keine Sprache für das, was sie im Unterricht tun haben und will einerseits den Weg dafür bereiten Professionswissen von LehrerInnen zu erforschen, andererseits will er ein Professionsbewusstsein bei den LehrerInnen selbst schaffen.

Der Begriff des PCK wurde geprägt von Lee Shulman (1986), der ursprünglich damit das Wissen bezeichnete, das es Lehrerinnen und Lehrern ermöglicht, die besten Repräsentationen eines Themas einer speziellen Unterrichtssituation angemessen zu wählen, um die Inhalte für LernerInnen verständlich zu machen. Dies beinhaltet etwa (beschränkt sich aber bei Weitem nicht nur auf) Wissen darüber, was das Lernen bestimmter Inhalte leicht oder schwer macht oder welche Vorstellungen die Schülerinnen und Schüler verschiedener Altersstufen darüber haben.

Diesen Gedanken haben andere Autoren mehr oder weniger umfangreich formuliert:

“PCK is that form of Knowledge that makes teachers rather than subject area experts.”
(Gudmundsdottir, 1987).

“Teachers differ from biologists, historians, writers, or educational researchers, not necessarily in the quality or quantity of their subject matter knowledge, but in how that knowledge is organized and used. For example, an experienced science teacher’s knowledge of science is structured from a teaching perspective and is used as a basis for helping students to understand specific concepts. A scientist’s knowledge, on the other hand, is structured from a research perspective and is used as a basis for the construction of new knowledge in the field.” (Cochran 1991 S.6).

Wissen dieser Art entsteht bei jeder Lehrerin und bei jedem Lehrer individuell und wird durch viele Faktoren hervorgerufen, beeinflusst und verändert, jedoch hauptsächlich von der Praxis des Unterrichtens – es ist demnach eine Expertise, die Lehrerinnen und Lehrer über das Unterrichten aufbauen, während sie unterrichten.

PCK ist also das Wissen, das Lehrer mit der Zeit und während des Unterrichtens aufbauen, wie bestimmte Wissensinhalte einer Disziplin in verständliche Lehrinhalte transformiert werden können, um möglichst großes Verstehen bei den Schülerinnen und Schülern zu erreichen. LehrerInnen leisten dabei mehr als nur das eigene Verstehen der Inhalte ihrer Disziplin, nämlich die Fähigkeit diese Inhalte verständlich darzustellen, neu zu organisieren, einzuteilen, in Aktivitäten, Experimente und Vergleiche zu verpacken, Metaphern zu finden und Emotionen hervorzurufen um sie für SchülerInnen greifbar und verständlich zu machen (Vgl. Shulman 1987, S.13).

Was die ExpertInnen von NovizInnen unterscheidet ist dieses erworbene Professionalisierungswissen, das es ihnen ermöglicht, pädagogisch wertvolle und trotzdem den Fähigkeiten und Vorwissen verschiedener SchülerInnen gerecht werdende Aktivitäten zu entwerfen (Vgl. Shulman 1987, S.15). Aufgrund der komplexen Zusammensetzung dessen, was wir heute als Konstrukt PCK verstehen, kann das PCK von individuellen LehrerInnen in bestimmten Aspekten ähnlich, oder auch komplett unterschiedlich sein – PCK ist in jedem Fall ein wichtiger Bestandteil des Professionswissens von LehrerInnen.

3.2 Was ist PCK?

Baxter und Lederman (1999) formulieren PCK als sowohl externes als auch internes Konstrukt von dem was LehrerInnen wissen, was sie tun und womit sie begründen was sie tun, wodurch PCK zur Gesamtheit von Verständnis, Wissen und Handlungen wird.

Loughran (2006) formuliert dies als zentrale Komponente von PCK, nämlich dass das Unterrichten bestimmter Inhalte mit bestimmten Lehrmethoden aus einem (dem Lehrer mehr oder weniger bewussten) Grund erfolgt. Wobei PCK nicht das Unterrichten nach einer Methode ist, „weil sie funktioniert“ oder Inhalte in einfacher zu überblickende Teile zu gliedern – es ist viel mehr die Kombination von pädagogischem Wissen und Wissen über Fachinhalte, die es dem Lehrer ermöglicht Lernumgebungen (ebd., S.10) zu kreieren, die bei den SchülerInnen tatsächliches Verständnis fördern aufgrund der Art und Weise, wie Inhalte in einem gewissen Kontext geplant, organisiert, aufbereitet und präsentiert ist.

PCK bezieht sich auf und ist stark spezifisch für einen bestimmten Unterrichtsinhalt, für den dieses fachdidaktische Wissen Bedeutung hat (Cochran, 1991; Scheuch & Heidinger, 2009). Deutlich wird das, wenn erfahrene LehrerInnen mit einem starken fachbezogenen PCK fachfremde Konzepte unterrichten müssen (Hashweh, 1987; Lougran, 2009), dann zeigt sich, erwartungsgemäß, dass ihre erworbenen Strategien nicht mehr funktionieren und sich *Missconceptions* und weniger organisiertes Verständnis der Fachinhalte häufen und in ihre Unterrichtsplanung einfließen.

Für diese Arbeit soll PCK als das Wissen betrachtet werden, das es LehrerInnen erlaubt Wissensinhalte in sinnvolle Lernaktivitäten für SchülerInnen zu transformieren. Dieses Wissen ist vielgestaltig und von vielen Faktoren beeinflusst – die Geschichte der Forschung über PCK verdeutlicht dies.

3.3 Die Entwicklung von PCK als wissenschaftliches Konstrukt zur Erforschung und Darstellung von LehrerInnenwissen.

Der Begriff PCK geht wie erwähnt zurück auf einen Artikel von Shulman (1986) wo er darlegt, dass wenn man die LehrerInnen-Ausbildung verbessern will das Professionalisierungswissen von LehrerInnen verstehen muss und dies ein theoretisches Gebilde braucht um die Domänen und Vorgänge, die damit in Verbindung stehen abbilden zu können. Er stellt dort unter anderem die Frage danach, wie „content knowledge“ (also „Fachwissen“) und „general pedagogic knowledge“ (also „Pädagogisches Wissen“) oder „knowledge for teaching“ zusammenspielen und interagieren und summiert die Überschneidung dieser beiden Domänen als PCK. Er gibt drei Wissensdomänen an:

- (1) *Subject Matter Content Knowledge*: Das für das Unterrichten nötige Fachwissen
- (2) *Pedagogical Content Knowledge*: Das Wissen um Lernstrategien, angemessene Repräsentationen, usw.
- (3) *Curricular Knowledge*: Also das Wissen um den inhaltlichen Lehrplan aller Schulstufen und mögliche Querverbindungen zu anderen Fächern.

Bald darauf erweitert er die allgemeine Formulierung und zählt in einer weiteren Publikation (Shulman, 1987) unterschiedliche Bereiche auf, aus denen LehrerInnen-PCK seine Grundlagen zieht, oder die es beeinflussen, wie etwa Pädagogik, Bildungsziele, Fachinhalte, Lehrplan oder Vorwissen der SchülerInnen. Die drei ursprünglichen Wissensdomänen seines PCK Modells erweitert er durch:

- (4) *Knowledge of learners and their characteristics*

(5) *Knowledge of educational ends, purposes and values and their philosophical and historical grounds*

Shulmans ursprüngliche Überlegungen wurden allmählich von verschiedenen Autoren erweitert und vertieft und so existiert PCK heute als komplexes Konstrukt, dass nicht mehr nur auf die Grundaussage des Zusammenhangs und dem Einfluss zwischen Wissen über Fachinhalte, pädagogischem Wissen und PCK reduzierbar ist.

Grossman (1990) stellt die grundlegenden Bereiche von Wissen und ihre sich gegenseitig beeinflussende Verbindungen wie folgt dar:

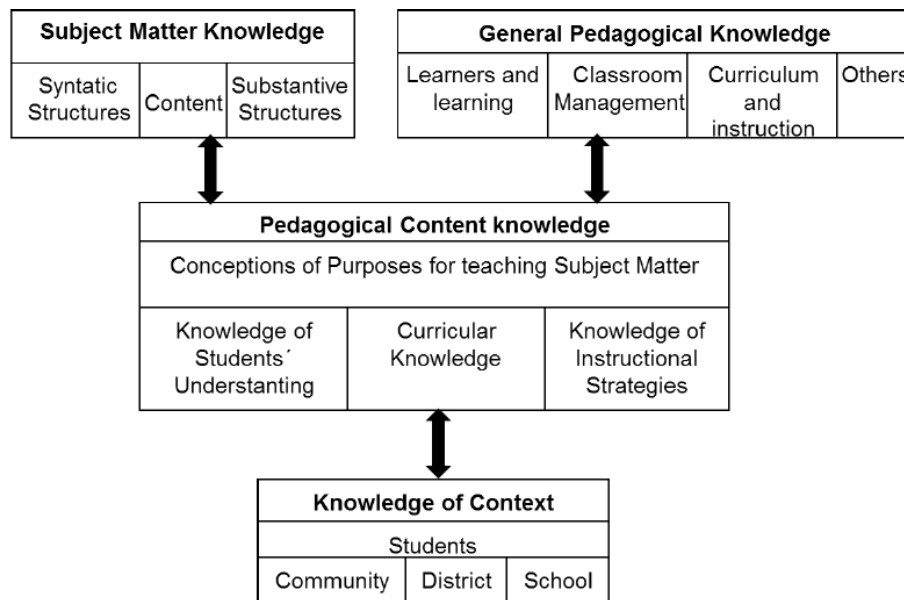


ABBILDUNG 1: MODEL OF TEACHER KNOWLEDGE (GROSSMAN, 1990)

Sie erweitert das Model von Shulman (1987) um einen Aspekt und betont auch den Einfluss der Rahmenbedingungen („Contextual Knowledge“), wie etwa Lehrplan, Schulstandort, Klassenverband und sogar der einzelnen SchülerInnen.

Magnusson et al. (1999) beschreiben fünf PCK-Komponenten bei LehrerInnen der Naturwissenschaften:

- (1) Orientations to Science Teaching
- (2) Knowledge of Science Curriculum
- (3) Knowledge of Students' Understanding of Science

(4) Knowledge of Assessment of Scientific Literacy

(5) Knowledge of Instructional Strategies

Wobei (1) und die Punkte (2)-(5) sich gegenüberstehen und gegenseitig beeinflussen.

„*Orientations to Science Teaching*“ beschreibt die Komponente der Einstellungen und Ansichten der LehrerInnen zu den Gründen warum und wie sie spezifische naturwissenschaftliche Themen unterrichten, dies wird im nächsten Unterkapitel noch genauer betrachtet.

„*Knowledge of Science Curriculum*“ beinhaltet Wissen über die Zielsetzungen des naturwissenschaftlichen Curriculums und wie diese Ziele durch die Themen, die im Unterricht behandelt werden und Materialien, die dafür eingesetzt werden, erreichbar sind (Magnusson et al. 1999). Diese Komponente geht auf Shulman zurück (1986)

„*Knowledge of Students' Understanding of Science*“ bezieht sich auf Wissen über die Voraussetzungen (unter anderem auch Fähigkeiten und Kompetenzen) die Lernen ermöglichen und Schwierigkeiten beim Lernen verschiedener naturwissenschaftlicher Themenbereiche. Inbegriffen ist das Wissen, dass SchülerInnen unterschiedliche Vorbedingungen und Fähigkeiten mitbringen und die Kompetenz auf solche Unterschiede zu reagieren.

„*Knowledge of Assessment of Scientific Literacy*“ beinhaltet Wissen um Methoden, die diagnostische Beurteilung von SchülerInnen im Bereich des Lernens über Naturwissenschaften zulassen, bzw. welches Lernen dabei beurteilt werden soll; Wobei Magnusson et al. (1999) das Hauptaugenmerk auf *Scientific Literacy* legen.

„*Knowledge of Instructional Strategies*“ beschreibt, dass LehrerInnen nicht nur Fachwissen über die zu behandelnden Themen benötigen, sondern auch das nötige Wissen um effektive Strategien um dieses Wissen erfolgreich an SchülerInnen weiterzugeben.

Park & Oliver (2008) präsentieren ein Modell, dass sie gegenüber Magnusson et al. (1999) um die Komponente „*Teacher Efficacy*“ (bzw. „*Self Efficacy*“) erweitern, eine Komponente bei der es um die Selbstwirksamkeit von LehrerInnen geht. Dabei handelt es sich um eine *Belief*-Komponente, die nicht zufällig gegenübergestellt angeordnet sein dürften (Scheuch et al., 2012):

„While orientation to teaching the subject represents the teacher’s beliefs of the school subject and the discipline itself; self efficacy is a kind of moderator component how the teaching is realized.“ (Scheuch et al., 2010. S.184).

In diesem Modell steht das Wachstum, bzw. die Entwicklung des LehrerInnen-PCK im Mittelpunkt, wobei *Reflection in Action* bzw. *Reflection on Action* eine wichtige Rolle spielen (Park & Oliver, 2008).

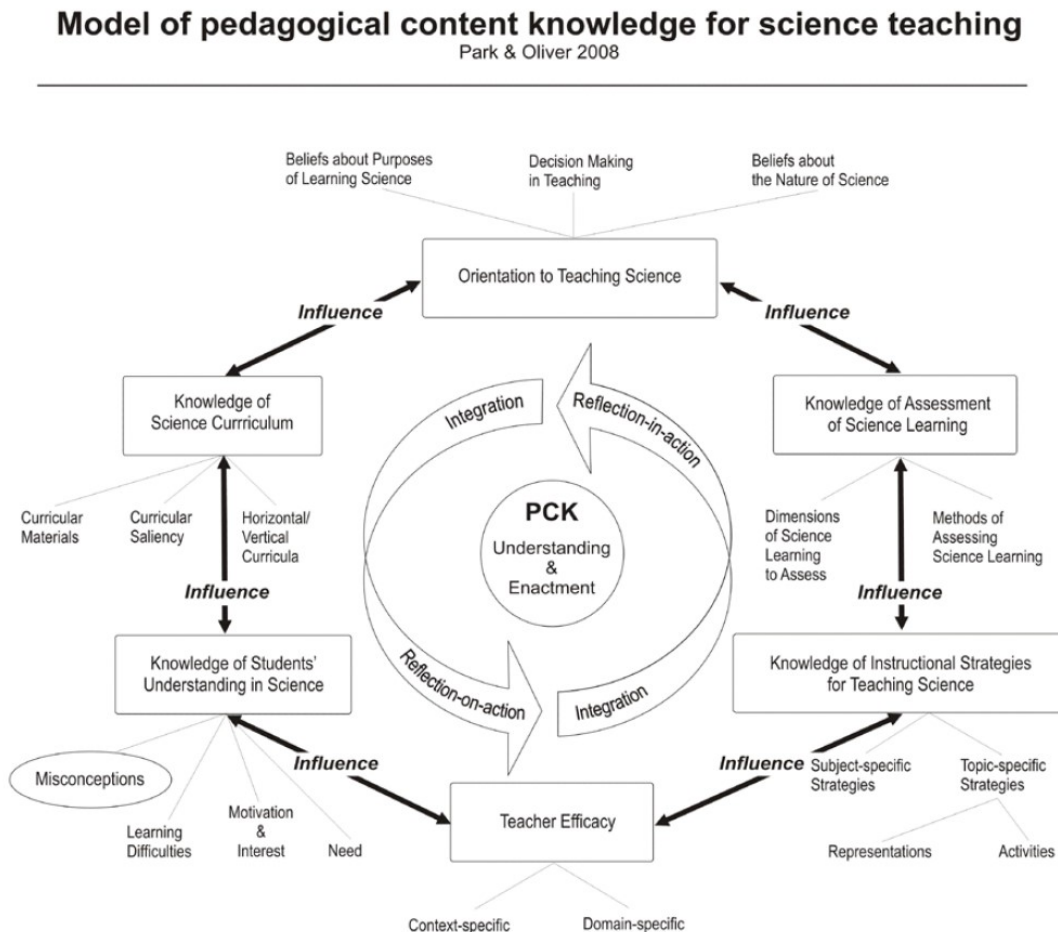


ABBILDUNG 2: HEXAGON-MODELL DES PCK AUS PARK & OLIVER (2008) – ADAPTIERT VON SCHEUCH (2013)

Aus der Forschung über LehrerInnenfortbildung ergeben sich einige Erkenntnisse über die Darstellungen dieses Modells. Scheuch (2013, S. 28) erklärt neben der Hierarchie, die sich implizit aus der Anordnung von *Orientations* oben und gegenpolig der *Beliefs* unten in der Grafik ergibt auch, dass die einzelnen Komponenten nicht als distinkt betrachtet werden können, da sich aus der Anwendung als Kategorien auf Interviewdaten Lehreraussagen mehrfach zugewiesen werden können, was die

Doppelpfeile andeuten sollen. Interessant ist es sich bewusst zu machen, dass der Forschungsfokus bezüglich PCK-Entwicklung in den einzelnen Komponenten sein kann, allerdings kann man auch stärker werdende Verbindungsqualitäten, die beispielsweise argumentativer Natur sein können, als Entwicklung deuten (Scheuch, 2013).

3.4 Die affektiven Komponenten von PCK – Beliefs und Orientations

Das PCK Modell von Shulman (1986, 1987) beschäftigt sich ausschließlich mit den fachlichen Wissenskomponenten (CK) und den pädagogischen Wissenskomponenten (PK) respektive deren Interaktionen als PCK; Es beachtet noch nicht die Einstellungen und Überzeugungen, die LehrerInnen beim bzw. zum Unterrichten haben. Grossman (1990) erweitert erstmals Lehrer-PCK um *Beliefs*, die den Wissenskomponenten gegenübergestellt werden (etwa „subject matter knowledge and beliefs“ oder „pedagogical knowledge and beliefs“). Gudmundsdottir (1990) argumentiert, dass Werte (*Values*) der LehrerInnen nicht außer Acht gelassen werden können, weil sie Unterrichtssituationen entscheidend beeinflussen. Wenn sie etwa Fachwissen und pädagogisches Wissen kombinieren, um Lernumgebungen zu gestalten, werden dabei viele wertebasierende Entscheidungen getroffen. Kritisch dabei ist, dass diese auf persönlichen Werten basierenden Entscheidungen, deren Summe Gudmundsdottir (1990) als „personal curriculum“ bezeichnet, sehr individuell sind und auch etwa im Konflikt mit Lehrbüchern stehen können. Grossman (1990) bezeichnet die Konzepte von LehrerInnen, die dem Zweck bzw. den Ziele einen bestimmten Inhalt zu unterrichten („*purpose for teaching subject matter*“) zugrunde liegen als „*beliefs about the goals for teaching their subject [...] influencing instructional decision making, serving as the basis for judgments about textbooks, classroom objectives, assignments and evaluation of students*“ (S. 86).

Die von Grossman so beschriebene Komponente findet sich bei Magnus et al. (1999) als *Orientations* wieder: „*An orientation represents a general way of viewing or conceptualizing science teaching*“ (S.97). *Orientations* beeinflussen und formen andere Aspekte des PCK von LehrerInnen und damit auch direkt die Praxis ihres Unterrichtens (vgl. Abb. 3).

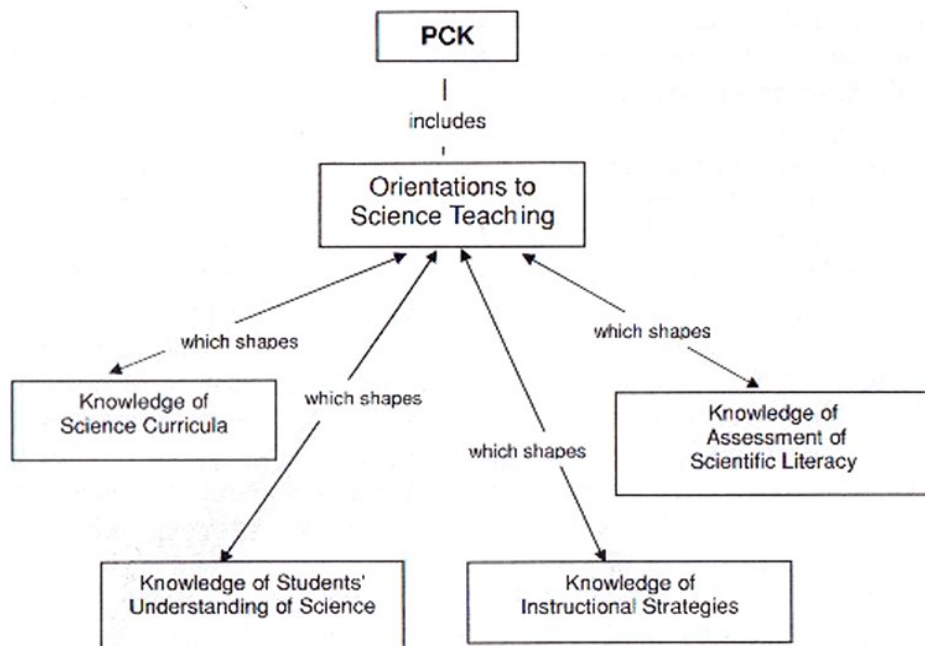


ABBILDUNG 3: PCK MODEL FOR SCIENCE TEACHING (MAGNUSSON ET AL., 1999)

Magnusson et al. (1999) beschreiben neun distinkte *Orientations* und definieren sie anhand des jeweiligen Ziels („goal of teaching science“) und der Charakteristika der Instruktion während des Unterrichtens. Wobei eine Unterrichtsmethode oder -aktivität für mehrere *Orientations* charakteristisch sein kann, entscheidend ist aber der Zweck oder die Ziele hinter dieser Aktivität in Bezug auf naturwissenschaftliche Instruktion, die definieren welcher *Orientation* die Lehrperson zugewiesen wird.

Die 9 Orientations von Magnusson et al. (1999) sind:

Lehrerzentriert: *didactic* und *academic rigor*

Auf den Reformen der 1960er basierend: *process*, *activity-driven* und *discovery*

Auf heutigen Reformen und Lehrplänen basierend: *Conceptual change*, *project-based science*, *inquiry* und *guided inquiry*

Friedrichsen et al. (2010) betonen die Leistung von Magnusson et al. (1999) eine umfassende Übersicht über verschiedene Orientations zu geben, üben aber Kritik etwa daran, dass die Datenmenge auf der ihre Publikation beruht, sehr klein ist und dass die Studie sich an Lehrplänen orientiert und nicht etwa auf empirischen Erhebungen über die Ziele der LehrerInnen.

In diesem Sinne soll der Überblick die Erwähnung der neun Orientations von Magnusson et al. (1999) für die Arbeit ausreichen, denn im Hinblick auf den Fokus dieser Arbeit ist es nicht wichtig all diese *Orientations* zu definieren und auch nicht zu entscheiden ob sie auf einer fundierten empirischen Basis stehen. Wichtig ist festzuhalten, dass einerseits affektive Komponenten die Wahl der Unterrichtsmethode beeinflussen, bzw. dazu führen ob eine Methode benutzt wird oder nicht, bzw. ob ein Inhalt unterrichtet wird, oder nicht und andererseits, wie Friedrichsen et al. (2010) betonen die Ziele der LehrerInnen, die sie dazu bringen bestimmte Methoden zu benutzen nicht außer Acht gelassen werden sollten.

Im Hinblick auf *Inquiry* wird hier die Frage sein: Sehen die Studierenden es als erstrebenswert an, die SchülerInnen mit den Methoden der Naturwissenschaft zu konfrontieren, empfinden sie es als wichtig Naturwissenschaften nicht nur als Wissensbestand darzustellen, sondern auch als eine Epistemologie, eine Art Wissen zu generieren. Die wissenschaftstheoretischen Vorstellungen und Überzeugungen der Lehrperson spiegeln sich in den gewählten Lehrmethoden wider (Tesch & Duit, 2004; Bromme, 1992; Helsper, 2002) und beeinflussen somit auch die epistemologischen Vorstellungen und Wissensbestände der SchülerInnen. *Beliefs*, *Orientations*, Einstellungen sowie andere Persönlichkeitsmerkmale sind eng verwoben mit anderen PCK Komponenten, denn diese sind oft dafür entscheidend, welches PCK sich entwickelt und tatsächlich auch im Unterricht zum Einsatz kommt (Kind, 2009).

Orientations und *Beliefs* entstehen oder entwickeln sich – so wie viele Bestandteile des PCK von LehrerInnen – im Laufe einer LehrerInnen-Karriere, sie verändern sich oder werden innerhalb bestimmter Parameter modifiziert. Luft & Roehrig (2007) beschreiben, dass LehramtsstudentInnen bzw. NovizInnen, die dazu tendieren schülerzentriert zu unterrichten mit entsprechender Unterstützung potentiell erstrebenswerte Unterrichtskonzepte entwickeln, jedoch ohne diese Unterstützung dazu tendieren traditionellere, lehrerzentrierte Unterrichtsstile zu entwickeln:

“External factors, such as professional development or induction programs--can impact beliefs. Generally, these types of change/modifications represent the tentative nature of beliefs in beginning teachers, supporting the view that beliefs can be newly formed and peripheral.” (Luft & Roehrig, 2007. S. 48).

Im Hinblick auf die zu erwartenden Daten der Erhebung dieser Arbeit werden klar definierte *Orientations* wie die oben genannten vermutlich auch nur in Ansätzen erkennbar sein, da es sich um Novizen/Studierende handelt. Wie schon weiter oben im Text erwähnt ist die Prägung durch die eigenen Lehrer und wie diese Naturwissenschaften unterrichten bei beginnenden und auch bei weiter fortgeschrittenen Studierenden oft vorrangig (Bransford et al., 1999) und nur wenn sie a) einen Zweck in der Methode sehen (im Fall von *Inquiry*: tieferes Verständnis der Naturwissenschaften) und b) sich selbst in der Lage sehen diese Inhalte zu unterrichten (*Teacher Efficacy*, *Self Efficacy*) werden sie es auch tun. (Bransford et al., 1999).

Teacher Efficacy als Selbstverständnis der Lehrperson ist eine weitere affektive Komponente von PCK:

“An affective affiliate of PCK [...] it was a highly subject specific version of teacher efficacy in that it was related to teacher beliefs about their ability to enact effective teaching methods for specific teaching goals.” (Park & Oliver, 2008. S.270).

Beliefs sind entscheidend dafür die Praxis von LehrerInnen zu verstehen. Unterschiede im Unterricht von LehrerInnen mit vergleichbaren Wissensbeständen kann man weitgehend auf ihre *Beliefs* zurückführen (Richardson, 1996; Luft & Roehrig, 2007).

Richardson (1996) erklärt den Unterschied zwischen *Beliefs* und Wissen („*Knowledge*“) so:

“In the traditional philosophical literature, knowledge depends upon a "truth condition" that suggests that a proposition is agreed upon as being true by a community of people. Propositional knowledge has epistemic standing; that is, there is some evidence to back up the claim. Beliefs, on the other hand, do not require a truth condition [...] It does not follow that everything a teacher believes or is willing to act on merits the label 'knowledge'” (Richardson, 1996. S. 105).

Dass *Beliefs* das Verhalten von LehrerInnen im Unterricht beeinflussen, zeigt auch Fang (1996) in seiner Synthesestudie zu Forschungen über Zusammenhang von *Beliefs* und Praxis. Luft & Roehrig (2007) geben zu bedenken, dass etwa noch unklar ist wie genau *Beliefs* mit der Praxis von LehrerInnen interagieren: Sind *Beliefs* und Praktiken interaktiv, oder müssen sich *Beliefs* erst ändern, bevor sich die Praktiken ändern? Trotz alledem – es ist wichtig *Beliefs* von LehrerInnen zu verstehen, wenn man ihren Unterricht verstehen will, denn es gibt starke Hinweise darauf, dass *Beliefs* entscheidend das Handeln von LehrerInnen beeinflussen.

Nachdem sich *Beliefs* während der Laufbahn von LehrerInnen verändern, ist es interessant diese zu unterschiedlichen Zeiten ihrer Karriere zu betrachten. Einer Studie von Luft (2001) zufolge ändern LehrerInnen, die gerade erst am Anfang ihrer Laufbahn stehen, *Beliefs* in Bezug auf Inquiry eher, dafür aber seltener ihre Praxis. Konträr dazu ändern erfahrene LehrerInnen eher ihre Praxis als ihre *Beliefs*. Luft führt diese Änderung bei beginnenden LehrerInnen darauf zurück, dass *Beliefs*, die Sie in Fortbildungen kennenlernen eindrucksvolle Ideen sind, wohingegen erfahrene LehrerInnen schon ein Repertoire an *Beliefs* über das Unterrichten entwickelt haben, die den Zielen der Fortbildungen ähnlich sind, wodurch sie auch eher bereit sind an *Inquiry*-Fortbildungen teilzunehmen (Luft, 2001). Richardson (1996) erklärt, dass es im Rahmen solcher *Professional Development*-Kurse am ehesten zu Modifizierungen und Erweiterungen der *Beliefs* von LehrerInnen kommt. Wobei ihren Studien zufolge Erfahrungen, die während der LehrerInnenausbildung gemacht werden üblicherweise zu kurz dauern um bleibende Änderungen in *Beliefs* hervorzurufen.

Epistemologische *Beliefs* von LehrerInnen, also Ansichten und Vorstellungen über die Natur und Aneignung von Wissen sind eng verbunden mit deren *Beliefs* über Lernen und Verstehen von SchülerInnen. Wie eine Lehrperson Wissen konzeptualisiert beeinflusst *Beliefs* über das Unterrichten (Luft, 2001). Friedrichsen et al. (2010) geben in ihrer Literaturstudie drei Arten von *Beliefs* an, die in den meisten Publikationen identifiziert wurden:

- (1) hinsichtlich Zielen und Zwecken von naturwissenschaftlichem Unterricht
- (2) über das Wesen oder der Natur von Naturwissenschaften sowie
- (3) wie Naturwissenschaften unterrichtet und gelernt werden sollen

Sie sehen es als kritisch, die Entwicklung von *Beliefs* speziell während formativer Phasen, also während der Ausbildung und während den ersten Unterrichtsjahren zu betrachten (Friedrichsen et al., 2010).

3.5. Die Bedeutung von PCK in der LehrerInnenbildung

“There is a consensus on thinking that PCK improves depending on teacher experience, but that teaching experience does not necessarily result in efficient PCK. In addition, PCK can be strengthened through teacher professional development or other interventions. This process raises an initial question about the nature of teacher professional knowledge which underpins the first stages of such an evolution. The question is: What kind of knowledge is actualised during the

beginning stages of a new lesson or the use of a new technology when the set of PCK is limited?”
(Grangeat & Kapelari, 2015, S.5).

Unterricht fördern, der tieferes Verständnis bei SchülerInnen hervorruft, sollte ein Grundprinzip in der Ausbildung und noch mehr in der Ausbildung von LehrerInnen naturwissenschaftlicher Fächer sein. Um dieses Umdenken im Schulunterricht und bei LehrerInnen hervorzurufen, braucht es ein Umdenken auf der Ebene der akademischen LehrerInnenausbildung. Es ist belegt, dass LehrerInnen aller Felder und Unterrichtsgegenstände dazu tendieren, ihre eigenen LehrerInnen nachzuahmen (u. A. Cheek & Castle, 1981; Frank, 1990; Chicoine, 2004; Pringle, 2006; Karmas, 2011) und ähnliche in der Literatur zu findende Formulierungen dieser Idee „LehrerInnen unterrichten wie sie unterrichtet wurden“ oder „LehrerInnen unterrichten wie sie lernen“ deuten darauf hin, dass sie oft diese bekannten Unterrichtsstrategien vielleicht sogar gehaltvolleren Strategien vorziehen.

Lortie (1975) beschreibt in Bezug auf die LehrerInnenausbildung, den „apprenticeship of observation“ – StudentInnen absolvieren ihre Schullaufbahn und erfahren aus erster Hand wie LehrerInnen unterrichten und nehmen die – oft lehrerzentrierte – Methode als die übliche an und tendieren ohne einen durch universitäre Intervention hervorgerufenen Paradigmenwechsel ähnlich zu unterrichten. Auf universitärem Level zeigen Mehlmauer und Larcher (2012, S.188) anhand von traditionellen Ausbildungsprogrammen für SprachlehrerInnen, dass LehrerInnen erworbenes akademisches Wissen dem „applied science model“ (Wallace, 1991) folgend, direkt in ihrem eigenen Unterricht anwenden, bzw. umsetzen.

Schon alleine unter diesem Gesichtspunkt ist es notwendig die LehrerInnenausbildung zu überdenken, aber es ist genauso wichtig in zukünftigen LehrerInnen einen Denkprozess zu anzuregen, der sie über reines Nachahmen von wirkungsvolleren Unterrichtsmethoden hinausgeht. Ziel muss es sein, LehrerInnen dazu zu bringen mit dem Ziel „Verständnis“ und „gedanklicher Durchdringung“ zu unterrichten, indem sie einerseits Methoden wie etwa Forschendes Lernen gerade in Hinsicht auf das Bildungsziel *Scientific Literacy* anwenden. Dafür ist es einerseits notwendig, adäquate Ansichten über Wissenschaft aufzubauen, aber auch die Selbstwirkung (*Efficacy*) der LehrerInnen dahingehend zu entwickeln, damit sie diese Methoden auch anwenden wollen und sich kompetent genug dafür finden. Schlussendlich ist es auch nötig, eine reflexive Sicht auf die Praxis ihres Unterrichts zu entwickeln, um zukünftige wertvolle Unterrichtssituationen schaffen zu können. Dafür ist es notwendig, LehrerInnen in die Lage zu versetzen ihr Professionswissen erkennen, zu beschreiben und

darauf beruhend reflexiv zu verändern bzw. es in Hinsicht auf externe Beobachter ihrer Praxis, sowie untereinander artikulieren zu können (Loughran, 2010). PCK allerdings ist in den seltensten Fällen direkt zugänglich. Es ist nicht einfach im Klassenraum sichtbar, oder im Moment einer Handlung erkennbar, weil es sich per Definition um stark implizites Wissen einer Lehrperson handelt. Wenn man dieses implizite Wissen sichtbar und zugänglich machen kann, kann PCK als Werkzeug dafür dienen, das Professionalisierungswissen von LehrerInnen zu verstehen. Es kann aber auch dazu dienen, erfahrenen LehrerInnen sowie StudentInnen zu helfen ihr implizites, vielleicht instinktiv angewendetes Wissen zu identifizieren, benennen und so auch evaluieren und schließlich entwickeln zu können um damit schlussendlich ihren Unterricht (reflexiv) zu verbessern. Betrachtet man also das PCK des Inquiry-Unterrichts und das Wissen, das LehrerInnen oder Studierende dazu besitzen kann damit auch die Beweggründe für die Art wie sie Inquiry-Lernsituationen entwerfen und unterrichten verstehen und diese Lernsituationen im Idealfall verbessern.

3.6. Erkennen und Darstellen von PCK

Shulman (1987) weist darauf hin, dass PCK wohl die Kategorie an Wissen ist, die SpezialistInnen einer Fachrichtung von PädagogInnen unterscheidet. Trotzdem ist weder das eigene Bewusstsein von LehrerInnen um dieses Professionswissen stark ausgeprägt (Loughran 2006), noch wird es von denen wahrgenommen, die das schulische Ausbildungssystem betrachten. Abgesehen von einer Aufwertung des LehrerInnenberufes führt die Auseinandersetzung mit PCK als Professionswissen zu einer Änderung des Selbstbewusstseins und des Selbstverständnisses (*Efficacy*) von LehrerInnen (Loughran, 2006) und obwohl es allgemein akzeptiert sein dürfte, dass Unterrichten nur auf der Basis umfangreichem Wissens über Fachinhalte und Pädagogik gelingen kann, denken LehrerInnen kaum über ihr spezialisiertes Professionswissen nach, oder reden darüber, wie sie es weiterentwickeln könnten (Loughran, 2006). Dieser Umstand beruht in erster Linie darauf, dass dieses Wissen stark implizit und selbst für die LehrerInnen als Anwender dieses Wissens nicht unmittelbar greifbar oder bewusst ist, weil es auch bei der Planung nur als Produkt (Material, Unterrichtsablauf) und nicht als Prozess explizit wird.

Obwohl die Verwendung einer bestimmten Methode, in einer bestimmten Situation, aufgrund eines bestimmten (Lehr-)Ziels durchaus Aufschlüsse auf das PCK einer Lehrperson geben kann, ist damit noch lange kein holistisches Abbild des PCK geschaffen. Um zu tieferen Einblicken zu gelangen schlägt Loughran (2006) deshalb vor, LehrerInnen dabei zu begleiten, wie sie ihre Unterrichtseinheiten halten

und vor allem vorbereiten. Um Wissen zu Lehrinhalten greifbar machen zu können hat Loughran das Werkzeug der Content Representations entworfen.

3.7 Content Representations (CoRes)

Eine forschungsbasierte Methode für die Entwicklung und Dokumentation von PCK stellen Loughran et al. (2004, 2012) mit ihren CoRes & Pedagogical and Professional-Experience Representations (PaP-eRs) vor. Diese zwei Werkzeuge wurden für die Arbeit mit LehrerInnen und ihrer PCK-Entwicklung konzipiert, andererseits können sie auch der Erforschung von PCK zum Unterrichten verschiedener Fachinhalte dienen (Loughran et al., 2004, 2012), wie etwa Evolution, Genetik, Blutkreislauf, Atommodell, usw. Bei den CoRes handelt es sich um einen Raster, in dem das für den Unterricht notwendige Fachwissen, nach Fragestellungen des Unterrichts dieses Inhalts strukturiert wird. Meist wird ein CoRe von mehreren LehrerInnen, auch über Diskussionen, gemeinsam ausgefüllt. Es entsteht so formales PCK beziehungsweise, durch die Bearbeitung, auch kollektives PCK. Die PaP-eRs sind die jeweilig zugehörigen pädagogischen Repräsentationen, verschiedenste Erfahrungen im Unterricht mit dem jeweiligen Fachthema. Die PaP-eRs entsprechen auch individuellen Erfahrungen aus Lehr-Lern-Situationen zu dem gewählten Inhalt; Sie erklären somit die Eintragungen in den Rasterzellen und liefern Kontextwissen, zu den auf das Wesentliche reduzierten PCK-Einträgen im CoRe. Mit dieser Methode wurde mittlerweile vielfach gearbeitet, etwa als Forschungsinstrument (Rollnick, Bennett, Rhemtula, Dharsey & Ndlovu, 2008) und als Methode in Fortbildungen und Ausbildungen (u.a. Bertram, 2010; Bertram & Loughran, 2012; Hanuscin, Menon, Lee & Cite, 2011; Hume & Berry, 2011; Nilsson & Loughran, 2012).

Hintergrund der CoRes ist der Wunsch, PCK explizit zu machen und zu beschreiben, um einerseits das Professionswissen von LehrerInnen sichtbar zu machen, um es anderen kommunizieren zu können, es zu beforschen und auch den LehrerInnen bewusst zu machen und um ihnen ein Vokabular für ihre Tätigkeiten zu geben und dadurch ihre Selbstwirksamkeit zu stärken (Loughran 2004, 2012). CoRes erfassen ein weites Spektrum an Wissen, das LehrerInnen über bestimmte Themen haben und wie dieses Wissen für die Praxis adaptiert wird. Die Organisation eines Themas in Teilkonzepte („Big Ideas“) repräsentiert die Annahme, dass erfahrene LehrerInnen Fachwissen nicht als sequenzielle Blöcke von Information ansehen, die an SchülerInnen weitergegeben werden soll, sondern in Form von distinkten zentralen Ideen, die die Konzeptualisierung der Inhalte steuern und für die Lernenden ein holistischeres Bild und mehr Sinn ergeben (Loughran et al., 2012). Die Spalte links dient der

Explizierung des „Wie?“ und „Warum?“ zum „Was?“ der „Big Ideas“. Sie fragen nach den Zielen und Zwecken der Praxis der Vermittlung der spezifischen Fachinhalte. Diese Fragen sind also pädagogische Anstöße, die als Reflektion über die eigenen Gedanken beim Entwickeln passender Unterrichtskonzepte und –methoden funktionieren. Einerseits macht dies so diese Denkprozesse sichtbar und auch für die LehrerInnen verstehbar und es hilft andererseits den eigenen Unterricht zu verbessern, weil es die Anstrengung auf verstehendes Lernen fokussiert. Für fachdidaktische Forschung können CoRes als Mittel der Bestandsaufnahme und Dokumentation der Entwicklung dieses Professionalisierungswissens dienen.

	Big idea A	Big idea B	Big idea C	Big idea D
What you intend the students to learn about this idea				
Why it is important for students to know this				
What else you know about this idea (that you do not intend students to know yet)				
Difficulties or limitations connected with teaching this idea				
Knowledge about students' thinking that influences your teaching of this idea				
Other factors that influence your teaching of this idea				
Teaching procedures (and particular reasons for using these to engage with this idea)				
Specific ways of ascertaining students' understanding or confusion around this idea (including likely range of responses)				

ABBILDUNG 4: CONTENT REPRESENTATION (CoRe) RASTER NACH LOUGHRAN ET AL. (2012, S. 28)

Die Vielzahl an Konzepten und Konzeptionen von PCK zeigt, dass noch nicht wirklich klar ist, welche Aspekte nun tatsächlich eindeutig dem Konstrukt PCK zuzuordnen sind. Je nach Anschauungsweise

wird PCK, wie es etwa Shulman beschreibt, mehr als präskriptives Professionswissen wahrgenommen, oder wie in anderen Studien mehr als individuelles bzw. individuell abweichendes, idiosynkratisches Wissen. Eine wiederum andere Sichtweise sieht PCK als Praxiswissen, auf das in konkreten Lehrsituationen zurückgegriffen wird und dadurch nur im Unterrichtsgeschehen sichtbar wird (vgl. Scheuch 2013, S. 32). Diese Sichtweise deckt sich auch mit Loughrans et al. (2006, 2012) Ansatz, wenn sie zwischen aus kollektivem LehrerInnenwissen (CoRe) erstellten Big Ideas eines Themas und dem individuellen episodischen Wissen, dass er aus bestimmten Situationen ableiten will („windows into practice“, PaP-eRs) unterscheidet (Loughran et al., 2004, 2012), auch wenn es in diesen Publikationen noch nicht explizit als Modell dargestellt wird.

3.8 PCK im Teacher Professional Knowledge and Skill Modell (TPK&S)

Dass es für Themenbereiche einen Konsens gibt, welche Inhalte, wie und warum bestimmte Inhalte unterrichtet werden sollen hat ein Modell von LehrerInnenwissen beeinflusst, in dem *Topic Specific Professional Knowledge* (TSPK) wie es durch CoREs abgebildet werden kann Erwähnung findet und von PCK abgekoppelt dargestellt wird. Hintergrund dieses Modells ist der Wunsch einige offene Fragen über PCK zu lösen, die von Gess-Newsome (2015) zusammengefasst werden:

Auf welchem Organisationsgrad existiert PCK (z.B. auf der Ebene von „Naturwissenschaften“, „Physik“ oder „Kräfte und Bewegung“)? Wie verhalten sich *Orientations* zu PCK? Ist PCK Wissen oder eine Fähigkeit („Skill“)? Ist PCK die Eigenschaft einer Lehrperson, oder ist es gemeinsames Wissen einer Gemeinschaft („Community“)? Kann man PCK losgelöst vom Akt des Unterrichtens messen? (vgl. Gess Newsome, 2015. S.29). Weitere Gründe für die Neuevaluierung des Konzepts war die Ansicht, dass zu viele Ideen in PCK verpackt waren (Gess-Newsome, 2015), beziehungsweise die Darstellung von Shulman, dass das ursprüngliche Konzept Schwächen hatte, wie etwa die nicht-Beachtung von Affekt, Emotion und Motivation, Überbewertung von LehrerInnenendenken im Vergleich zu praktischen Fähigkeiten während des Unterrichtens, die Nichtbeachtung des Kontexts sowie der Ziele und Visionen der Lehrpersonen hinsichtlich ihres Unterrichts und das Verhältnis von PCK zu tatsächlichen Auswirkungen des Unterrichts auf das Wissen und Können der SchülerInnen (vgl. Gess Newsome, 2015. S.29). Das 2015 während einer Klausur entstandene Modell verortet PCK als Teilaspekt von LehrerInnen-Professionswissen als duales Element von Wissen und Fähigkeiten, die während des Unterrichtens zur Anwendung kommen:

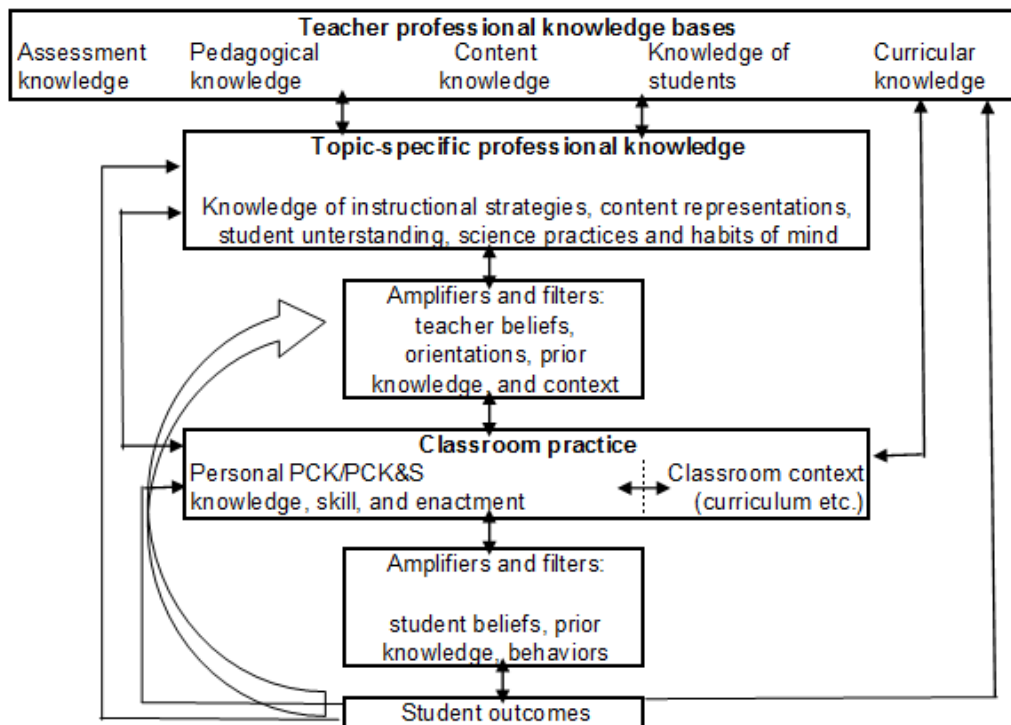


ABBILDUNG 5: MODELL DES LEHRERINNEN-PROFESSIONSWISSENS UND -KÖNNENS („TEACHER PROFESSIONAL KNOWLEDGE AND SKILL“) – NACH GESS-NEWSOME (2015, S. 31)

Das erste Element des Modells umfasst professionelles LehrerInnen-Basiswissen (TPKB), in das Wissen um Beurteilung („assessment“), pädagogisches Wissen (PK), Fachwissen (CK), Wissen um und über die SchülerInnen und Lehrplanwissen („curricular knowledge“) einfließt. Dieses Wissen ist von ExpertInnen generiert und stellt „best practice“ dar, die Lehrperson ist KonsumentIn und wendet dieses Wissen in der Unterrichtspraxis an (Gess-Newsome, 2015). TPKB beeinflusst und wird beeinflusst durch TSPK, dort werden neben Strategien der Wissensvermittlung auch Wissen um *Content Representations*, wie sie von Loughran (2006, 2012) beschrieben werden, von Inhalten und Wissen über die Praxis der Naturwissenschaften („science practices and habits of minds“) eingeordnet. Dieses Element bezieht sich auf ein bestimmtes Unterrichtsthema und eine bestimmte SchülerInnengruppe (hinsichtlich z.B. Entwicklungsstufe oder Wissensstand). Hier wird laut Gess-Newsome (2015) evident, dass Unterrichtsinhalte auf der Ebene von Themen (z.B. Atomtheorie, Kräfte und Bewegung, Evolution, Genetik, Wissenschaftliche Untersuchungsmethoden) unterrichtet werden und nicht auf Ebene der Fachdisziplin (Chemie, Physik, Biologie oder Naturwissenschaften). Weiters wirkt hier ein Amalgam aus zu unterrichtenden Inhalten und Pädagogik (z.B. Wissen um

Organisation, Darstellung und Aufbereitung der Inhalte für bestimmte SchülerInnengruppen). TSPK ist jedoch kein idiosynkratisches Wissen, sondern als allgemeines Professionswissen zu bestimmten Themen, normativ, unabhängig vom Kontext des Unterrichtsgeschehens (Gess-Newsome, 2015) und wird damit zum Expertenwissen, das auch vermittelbar und erlernbar ist (Grangeat & Kapelari, 2015).

Das dritte Element des TPK&S Modells, das praktische Unterrichtsgeschehens („classroom practice“) ist nicht mehr frei von Kontext und Affekten, die als Filter und Verstärker auf das Lernen von LehrerInnen und damit auf ihre Praxis im Unterricht wirken. Genau hier verortet das Modell, direkt beobachtbar PCK; Wobei es PCK einerseits als Wissensbasis für die Planung und Durchführung des Unterrichtens spezifischer Inhalte in einem Klassenraum-Kontext beschreibt, andererseits auch als Fähigkeit („skill“) für das aktive und reaktive Handeln im Unterricht an sich beschreibt (Gess-Newsome, 2015). Das praktische Unterrichtsgeschehen resultiert aus dem Zusammenspiel von persönlichem Professionswissen der Lehrperson, ihrer Fähigkeiten und deren Umsetzung, sowie dem Kontext des Klassenraums (Grangeat & Kapelari, 2015).

Auch SchülerInnen und Schüler haben Anteil am Bildungsprozess und so sind Lernergebnisse bei den SchülerInnen („student outcomes“) das vierte Element des Modells. Sie sind nicht automatisch direkte Ergebnisse der Anleitung durch die Lehrperson, auch hier wirken Filter und Verstärker, etwa die Wahl am Unterricht teilzunehmen oder nicht, Ziele, Interesse und Motivation, Vorwissen, Fehlkonzepte, Intelligenz und Arbeitsgedächtnis, Ernährungs- und Gesundheitszustand, demographische Zugehörigkeit, aber auch externe Faktoren wie sozioökonomischer Status oder Einfluss und Erwartungen der Eltern. Alle diese Einflüsse können Variationen in den Lernergebnissen erklären. (Gess-Newsome, 2015). Sowohl Reflexion während der Praxis und Reflexion über die Praxis des Unterrichtsgeschehens als auch Reflexion über Lernergebnisse können modifizierend auf zukünftiges praktisches Unterrichtsgeschehen, sowie auf TSPK und TPKB wirken. Reflexion über Lernergebnisse beeinflussen stark auch die Filter und Verstärker von LehrerInnen quasi als Feedbackschleife (Gess-Newsome, 2015). Positive wie negative Erfahrungen können dabei zu radikalen Änderungen in Unterrichtskonzepten führen:

„Student behaviour and reactions can support or suppress teacher motivation, practice or ability to learn from teaching experiences. For instance, a teacher who meets student resistance and experiences classroom management issues while trying to implement activity-based instruction

may resort to lecture-based teaching strategies, resulting in a decreased willingness to implement new instructional strategies in the future” (Gess-Newsome, 2015, S. 38).

Das TPK&S Modell erklärt das durch CoRes abbildbare Wissen, wenn es das Wie, Warum und Was (Loughran 2006) eines zu vermittelnden Inhalts als TSPK. Wenn CoRes nämlich danach fragen, wie Inhalte in Themen organisiert und weiter untergliedert werden, welche Relevanz sie für SchülerInnen haben, Welche Schwierigkeiten und Einschränkungen bei der Vermittlung auftreten können, wie das Vorwissen der SchülerInnen ausgeprägt ist, welche Methoden sie am besten vermitteln und wie man das Verständnis dieser Inhalte („student outcome“) evaluieren kann (Loughran, 2006), befindet man sich direkt in den Bereichen von TSPK bzw. den Bereichen von TPKB, die TSPK speisen und beeinflussen. Das Modell integriert also die Forschungsarbeit von Loughran und die Idee der CoRes mit dem PCK Modell von Park & Oliver (2008) zu einem differenzierteren Modell. TSPK unterscheidet zwischen Wissen der Gemeinschaft („community“ [of practice]) und dem persönlichen Wissen, das während dem Unterrichten als PCK Anwendung findet.

Dadurch wird impliziert, dass das PCK einer Lehrperson sowohl Wissen als auch Fähigkeiten umfasst und im Kontext von spezifischen Themen steht, sowie abhängig von den zu unterrichtenden SchülerInnen und anderen Schulkontexten ist (Gess-Newsome, 2015). Es handelt sich also um personalisiertes Wissen und Fähigkeiten, die notwendig sind, in diesen Kontexten Unterricht zu planen und durchzuführen, sowie auf spontane Ereignisse im Unterricht zu reagieren. Speziell die Wissensbereiche und Fähigkeiten, die Entscheidungen während des Unterrichtens beeinflussen und steuern, sind privat und implizit und daher schwer vermittelbar. Wie Gess-Newsome (2015) erklärt definiert das Modell persönliches PCK („personal PCK“ und das verwandte Konzept persönliches PCK&S („personal PCK and Skill“) wie folgt:

Persönliches PCK ist *das Wissen* über ein bestimmtes Thema, die *Planung* vor dem Unterrichten dieses Themas, der *Zweck* bzw. die *Gründe* dafür dieses Thema auf eine bestimmte *Art und Weise* in einer bestimmten *SchülerInnengruppe* zu unterrichten um einen bestimmten, besseren *Lernerfolg* zu erzielen. Charakterisiert sind diese Vorgänge als *Reflection on Action* und ihrer Natur nach sind diese Vorgänge explizit oder explizierbar (Gess-Newsome, 2015), etwa in Form von Stundenbildern und dadurch auch leichter messbar.

Persönliches PCK&S ist der *Akt des Unterrichtens* eines bestimmten *Themas* in einer bestimmten *SchülerInnengruppe* auf eine bestimmte *Art und Weise* mit einem bestimmten *Ziel* um einen

bestimmten, besseren *Lernerfolg* zu erzielen. Charakterisiert wird dies durch *Reflection in Action*, (Gess-Newsome, 2015) also Entscheidungen die schnell, während des eigentlichen Unterrichtens getroffen werden müssen, etwa auf Inputs oder Handlungen von SchülerInnen hin. Dieses Wissen und die damit in Verbindung stehenden Fähigkeiten sind meist implizit und nur mit größerem Aufwand explizierbar (Gess-Newsome, 2015), wie etwa durch Interviews, PaP-eRs, oder Videoaufzeichnungen des Unterrichts, die von den Lehrpersonen kommentiert werden.

Ein weiterer Schritt zur Klärung zur Natur von PCK und der Integration der Forschungsergebnisse der letzten Jahre zu PCK stellt die Verortung der affektiven Komponenten als losgelöst von PCK im engeren Sinne, Gess-Newsome (2015) verweist dabei auf die weiter oben erwähnten Ergebnisse von Friedrichsen et al. (2011), das im Modell als persönliche Komponente von Lehrpersonen definiert wird. Beliefs und Orientations werden als Verstärker und Filter zwischen TSPK und PCK gestellt und damit weiterhin als wichtig für die Personalisierung von Fähigkeiten und Wissen, und damit als Einflussfaktor auf die Praxis von LehrerInnen angesehen (Gess-Newsome 2015).

Will man verstehen warum Fortbildungen sich nicht unbedingt eins zu eins auf die Unterrichtspraxis auswirken (Gess-Newsome 2015, S. 30–35) ist es demnach wichtig zu betrachten welche Einstellungen LehrerInnen oder Lehramtsstudierenden zu Methoden wie Inquiry haben, wenn sich gewisse Haltungen etwa darauf auswirken, ob Lehrpersonen neue Methoden und Ansätze ablehnen oder annehmen und neues Wissen im Unterricht umsetzen.

4. Forschendes Lernen - *Inquiry*

Forschendes Lernen oder „teaching science as inquiry“ als Mittel zum Erreichen von Bildungszielen im Bereich der Naturwissenschaften rückt in den nationalen (siehe BiFi Handlungskompetenzen in: Kompetenzmodell Naturwissenschaften) und internationalen (AAAS, 1993; NRC, 1996) Schulreformen der letzten Jahre immer mehr ins Zentrum der Aufmerksamkeit. Die fortschreitende Standardisierung der Bildung verlangt transparente Bildungsziele und beschreib- und erfassbare Kompetenzen auch in den naturwissenschaftlichen Disziplinen. *Inquiry* als Unterrichtsmethode scheint dabei ein veritabler Ansatz zu sein, SchülerInnen nicht nur dabei zu helfen naturwissenschaftliche Inhalte zu lernen, sondern kann darüber hinaus auch zur Vermittlung von Kompetenzen dienen, die ihnen in ihren zukünftigen Berufsfeldern weiterhelfen. Konkret vermittelt es Problemlösungskompetenzen: Eine unbekannte Aufgabe liegt vor, wie löse ich sie? Als Kompetenz in einer humanistisch, gesellschaftlich mitgestaltenden Sichtweise, aber auch zum Verstehen wie Wissenschaft zu ihren Erkenntnissen kommt, eine Vorstellung davon zu bekommen wie Wissenschaft vorgeht, leistet *Inquiry* so einen Beitrag zur *Scientific Literacy*. Also der Kompetenz wissenschaftliche Erkenntnisse einordnen zu können, hinsichtlich ihrer Entstehung zu hinterfragen und darauf basierend auch Entscheidungen betreffend politischer Entwicklungen, persönlicher Gesundheit, sowie Umwelt- und Technologiefragen treffen zu können und kritisch zu hinterfragen – und sich in einer Gesellschaft zurechtzufinden, in der technologischer Fortschritt immer schneller vorangeht (*Citizenship*).

Inquiry ist also eng verbunden mit dem Verstehen der Natur der Naturwissenschaften, deshalb wird dieser Teilaspekt auch noch später im Text von Bedeutung sein. Vor allem in der amerikanischen Literatur ist diese Verbindung Gegenstand von Untersuchungen und Publikationen, weil der Fokus in den dort vorgegebenen Standards noch stärker auf dem Konzept von *Scientific Literacy* und *Citizenship* liegt als etwa in den österreichischen Vorgaben, die sich zumindest explizit auf den Kompetenzerwerb, der mit dieser Art von Unterricht verbunden ist beschränken. Als übergeordnetes Bildungsziel ist *Scientific Literacy* in den OECD Staaten wünschenswert (PISA Konsortium, 2007).

4.1 Historische Entwicklung

Es ist wichtig die Geschichte von *Inquiry* als Unterrichtsmethode zu betrachten, weil Ansätze in der Pädagogik immer ein Spiegel der Gesellschaft und dessen worauf sie Wert legt ist; Außerdem spiegeln sich darin die Erkenntnisse der Lernforschung der jeweiligen Zeit wieder. Die Gesellschaft beeinflusst wie die SchülerInnen unterrichtet werden (z.B. Arbeitsgesellschaft vs. Wissensgesellschaft) und neue

Erkenntnisse in der Kognitionsforschung verändern das Verständnis davon wie wir lernen. Auch das Verständnis und die Anwendung von forschendem Lernen hat sich im Laufe der Zeit verändert. Als Bruner (1961) etwa „minimal guided inquiry“ als Unterrichtsmethode empfiehlt, waren die Strukturen und Interaktionen zwischen den Strukturen die die menschliche kognitive Architektur ausmachen noch nicht in dem heutigen Ausmaß erforscht, was bedeutet, dass dieses Konzept damals sehr attraktiv war, heute aber unter anderen Voraussetzungen gesehen werden muss (Kirschner et al., 2006).

Ursprünge des Gedankens

Friesen & Scott (2013) verorten den Ursprung des *Inquiry*-Gedankens in der sokratischen Sichtweise des guten Lebens; Nach Wissen zu streben bedeutet moralisch und bewusst in der Welt zu leben. Während der Renaissance war das Streben nach Wissen treibende Kraft hinter vielen technischen und sozialen Veränderungen, mündend in der Epoche der Aufklärung im 18. Jahrhundert (Friesen & Scott, 2013). Das Schulsystem im frühen 19. Jahrhundert war dominiert von klassischen Studien (DeBoer, 2006) bis die Naturwissenschaft als wertvoller Beitrag für die intellektuelle Entwicklung vor allem praktischer und intuitiver Logik bzw. Beobachtung und induktiver Argumentation erkannt und zum regelmäßigen Schulgegenstand wurde; Entscheidender Proponent dieser Bewegung war etwa Thomas Huxley als damaliger Präsident der Royal Society (DeBoer, 2006).

Eine wichtige Rolle kommt John Dewey zu, der in der ersten Hälfte des 20. Jahrhundert Hauptbefürworter der progressiven Bewegung in der Bildung war und mehr praktischen Unterricht, angelehnt an die „naturwissenschaftliche Methode“ forderte (DeBoer, 2006; Friesen & Scott, 2013). Dewey argumentierte auch für den Beitrag der Bildung zur Entfaltung des vollen Potentials der Menschen, Demokratie zu stärken und ähnliche Argumente, die heute unter „ethical citizenship“ zusammengefasst werden (Friesen & Scott, 2013).

Das Fabriken-Modell von Bildung

Widerspruch gegen diese Sichtweise von Bildung kam in den 1950er Jahren von Seiten Industrieller und auch Wissenschaftlern, die diagnostizierten, dass die Ausbildung der Jugend ihre akademische Strenge verloren hatte und verorteten im Fokus auf soziale Relevanz und SchülerInneninteresse eine Gefährdung ihrer Interessen (DeBoer, 2006). Hauptaufgabe der Schulen sei es kulturelles Erbe weiterzugeben und disziplinierte Intelligenz (DeBoer, 2006) damit die SchülerInnen ihren Platz in der

Industrie und bürokratischen Verwaltung einnehmen können (Friesen & Scott, 2013). Der traditionelle Fokus von Schulen dieser Zeit auf den Transfer von Wissen und einem bestimmten LehrerInnen- und Wissensbild erklärt sich aus diesem Verständnis. Saywer (2006) erklärt die Hauptpunkte dieser Sichtweise etwa insofern, dass Wissen als eine Sammlung an Fakten über die Welt und Prozeduren wie man gegebene Probleme lösen kann. Der Beitrag der Schulen und des Lehrpersonals muss es sein diese Fakten und Prozeduren zu vermitteln.

Gesellschaften und Bildung im Wandel

Die Veränderung der Ökonomien weg von industriellen zu wissensbasierenden Grundlagen (Friesen & Scott) und die Entwicklung neuer Technologien stellen veränderte Anforderungen an die Teilnehmer am Arbeitsmarkt. In den USA etwa waren vor hundert Jahren noch 95% der Arbeitsplätze verbunden mit körperlicher Arbeit und niedrigem Qualifikationsniveau, während der Anteil solcher Arbeitsplätze anfangs des 21. Jahrhunderts nur mehr 10% ausmacht (Darling Hammond, 2008). Wir erleben eine Veränderung, weg von einer industriellen zu einer Wissensgesellschaft (Friesen & Scott, 2013; Mayer 2004). Heutige Arbeitsplätze verlangen neben spezialisiertem Wissen auch Fähigkeiten wie Selbstmanagement, effektive Kommunikation und Zusammenarbeit mit anderen, sowie die Fähigkeit Informationen zu recherchieren und zu analysieren (Friesen & Scott, 2013). Neben diesen Entwicklungen kommt es zu einer immer stärkeren Digitalisierung und Vernetzung, wodurch Spezialisierung und Vielfältigkeit von Information immer größer wird (Friesen & Scott, 2013) und die Fähigkeit sich in dieser Welt zurechtzufinden und unbekannte Problemstellungen erfolgreich konfrontieren zu können, rückt damit in den Vordergrund. Fortschritte in der Lehr- und Lernforschung unterstützen die Ansicht, indem es zu einer Neuevaluierung dessen kommt, wie Wissen organisiert ist, welchen Zweck Bildung verfolgen muss und wie LehrerInnen SchülerInnen am besten beim Lernen unterstützen können (Friesen & Scott).

4.2 Die Konzeption von *Inquiry*

„[...] inquiry is not just asking questions, it is questioning into something. Inquiry entails the perception of depth. It has the quality of penetrating into something, going deeper, so you can see what you haven't been able to see before.“ (Mark St.John³).

³ Catherine Moloney Memorial Lecture, 25. April 1998, New York's City College Workshop Center.

Inquiry als Konzept verbindet mehrere Unterkonzepte (Flick & Lederman, 2006):

1. *Inquiry* steht für das fundamentale Prinzip nachdem moderne Wissenschaft durchgeführt wird. Dabei handelt es sich um eine Vielzahl an Prozessen, Vorgängen und Denkprozessen an deren Ende der Gewinn neuer wissenschaftlicher Erkenntnis steht.
2. Neben dem Durchführen der eigentlichen Forschungsprozesse bezieht sich *Inquiry* auch auf – und lehrt Wissen über – die Prozesse die Wissenschaftler anwenden um zu wissenschaftlichen Erkenntnissen zu gelangen, das heißt über die Natur der Naturwissenschaften an sich.
3. *Inquiry* als Unterrichtsansatz, also Forschendes Lernen, um SchülerInnen traditionelles, naturwissenschaftliches Fachwissen zu vermitteln, wobei die Ratio hinter diesem Ansatz ist, dass Schüler dieses Fachwissen besser und authentischer Lernen, wenn sie adäquate Repräsentationen von den Prozessen durchmachen, die auch Wissenschaftler durchführen.

Punkt (1) und (2) können demnach mit dem Lernziel verstanden werden, SchülerInnen die Fähigkeit naturwissenschaftliche Handlungen *durchzuführen* beizubringen und ihnen zu helfen Wissen *über* diese Handlungen zu erlangen. Punkt (3) vermittelt disziplinspezifisches Wissen mit dem Verständnis, dass dieses Fachwissen auf eine bestimmte Art und Weise von Menschen in einem bestimmten Kontext hervorgebracht wurde. Flick & Lederman fassen dieses Verständnis so zusammen:

„[...] Knowledge about the world derives from human efforts to systematically gather and interpret observations that become evidence for or against explanations and theory through collaboration, discussion and debate. This [...] implies that scientific knowledge about the world is subject to the interpretation and reinterpretation of a body of evidence in a fluid environment of scientific ideas and theory.” (Flick & Lederman, 2006; S.10).

Auf *Inquiry* als Unterrichtsmethode ruhen viele Erwartungen. SchülerInnen sollen, wie es Bybee (2006) beschreibt, dadurch:

- Wissenschaftliche Konzepte verstehen lernen
- Bewusstsein dafür entwickeln warum wir wissen was wir in den Naturwissenschaften wissen
- Die Natur der Naturwissenschaften verstehen
- Fähigkeiten aufbauen um unabhängige Entdecker der natürlichen Welt zu werden
- Die Bereitschaft entwickeln, die erlernten Fertigkeiten und Einstellungen zu nutzen

Als höheres Bildungsziel steht die *Scientific Literacy* der SchülerInnen im Raum. Gegebenenfalls mit wissenschaftlicher Grundbildung zu übersetzen, definiert der Begriff in der PISA Studie 2006⁴ sinngemäß: Die Fähigkeiten naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden um sich neues Wissen anzueignen, naturwissenschaftliche Phänomene zu beschreiben und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen und die charakteristischen Eigenschaften der Naturwissenschaften als eine Form menschlichen Wissens und Forschens zu verstehen. Weiters zu erkennen wie Naturwissenschaften und Technik unsere Lebenswelt formen, sowie die Bereitschaft sich mit naturwissenschaftlichen Themen zu beschäftigen und sich reflektiert damit auseinanderzusetzen. Bybee (1997) sieht diese Aspekte als Grundlage für die Entwicklung von verantwortungsvollen, kritik- und handlungsfähigen BürgerInnen in demokratischen Gesellschaften, die in hohem Maße von Wissenschaft und Technik bestimmt sind (*Citizenship*).

Abilities necessary to DO inquiry (übersetzt nach Bybee, 2006):

- Fragen identifizieren, die auch wirklich durch wissenschaftliche Untersuchung beantwortet werden können. Dies beinhaltet das Verständnis, dass verschiedene Arten wissenschaftlicher Fragen unterschiedliche wissenschaftliche Untersuchungen erfordern – und welche Fragen überhaupt durch wissenschaftliche Untersuchungen beantwortbar sind.
- Eine wissenschaftliche Untersuchung entwerfen und durchführen.
- Den Gebrauch adäquater Instrumente und Methoden um Daten zu sammeln, zu analysieren und zu interpretieren.
- Kritisches und logisches Denken um Zusammenhänge zwischen Beweisen und Erklärungen herzustellen.
- Erkennen und Analysieren alternativer Erklärungen und Vorhersagen.
- Kommunizieren von wissenschaftlichen Vorgehensweisen und Erklärungen.

Naturwissenschaft, wie sie von SchülerInnen in der Schule gelernt wird und von WissenschaftlerInnen praktiziert wird ist sowohl Prozess, als auch Produkt – sie ist eine Ansammlung von Beobachtungen und Interpretationen („body of knowledge“, Wissensbestand) und ist ein Set von

⁴PISA Konsortium (2007): PISA 2006 Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie. S.65

Prozeduren und logischen Regeln, die diese Beobachtungen und Interpretationen anleiten. (DeBoer, 2006).

Inquiry ist also durchaus eine Methode um traditionelle Inhalte der Naturwissenschaften zu vermitteln. Dabei wird von der Prämisse ausgegangen, dass SchülerInnen Wissensbestände der Naturwissenschaften besser lernen, wenn sie eine adäquate Repräsentation von naturwissenschaftlichem Erkenntnisgewinn beschreiten (Bybee, 2006). *Inquiry* kann aber auch Wissen *über* die Prozesse des Erkenntnisgewinns vermitteln. Die Bandbreite reicht dabei von der Anwendung der erforschenden, fragenden Natur der Naturwissenschaften bis zum Erlernen, wie man sehr detaillierte Prozeduren anwendet, oder Protokolle befolgt:

„In Inquiry Learning, students learn content as well as discipline-specific-reasoning skills and practices (often in scientific disciplines) by collaboratively engaging in investigations [...] organised around relevant, authentic problems or questions.“ (Hmelo-Silver, 2007. S.100).

Neben den Inhalten der Naturwissenschaften können also die Prozesse von naturwissenschaftlicher Erkenntnis das Objekt des Lernens sein und Lernaktivitäten können explizit so entworfen werden, dass die SchülerInnen Kenntnisse über die Natur wissenschaftlicher Prozesse erwerben (DeBoer, 2006). Ein Beispiel dafür wäre etwa die Bedeutung davon in Experimenten Variablen zu kontrollieren – damit wird *Scientific Inquiry* an sich zum Studienobjekt und fällt damit unter den Bereich von Erkenntnissen über *Nature of Science*.

Zusammenfassend gesagt steht *Inquiry* für das Prinzip, dass das Wissen über die Welt durch menschliche Anstrengungen entsteht, systematisch Beobachtungen zu sammeln und zu interpretieren, die zu Beweisen für oder gegen Erklärungen und Theorien werden. Dass dies auch in Interaktion (Kollaboration und/oder Diskussion) mit anderen entsteht und dass es auch in einer bestimmten Art und Weise dargestellt und kommuniziert werden muss. Daraus folgt, dass naturwissenschaftliches Wissen ständig Interpretation und Neuinterpretation von gesammelten Beweisen in einer Menge an wissenschaftlichen Theorien und Ideen ist (Flick & Lederman 2006). Unterrichtet man nach diesem Prinzip, ändert das auch die Prozesse, die die SchülerInnen während des Unterrichts durchlaufen:

„In inquiry learning [...] students are cognitively engaged in sense making, developing evidence-based explanations, and communicating their ideas.“ (Hmelo-Silver, 2007. S.100).

4.3 Kategorien von Inquiry

„At one end of the spectrum, using an inquiry approach to teaching may simply mean modelling the inquisitive, questioning nature of science, and at the other it may mean learning how to apply very detailed procedures and protocols of a particular field of science“
(DeBoer, 2006).

Inquiry-Aktivitäten wurden im Laufe der Zeit, während der akademischen Auseinandersetzung mit ihren Inhalten und abhängig von der Freiheit, mit der sie von Schülerinnen durchgemacht werden in mehrere Kategorien geteilt. Bereits Schwab (1962) entwarf eine „Skala“ an der die Offenheit oder Anleitung durch die Lehrperson oder SchülerInneninvolvierung in Aktivitäten von *Inquiry*-Aufgaben beschreibbar werden sollte. Sie umfasste drei Ebenen, die neben den genannten Dingen auch das Vorwissen der SchülerInnen in den behandelten Fachinhalten und verwendeten Arbeitsmethoden beinhaltete. Je nachdem, wie viele der drei Bereiche „Problem“, „Methode“ und „Resultate“ von der Lehrperson vorgegeben waren, desto höher oder niedriger klassifizierte Schwab (1962) die Aufgabe. Heute gibt es eine Vielzahl an *Inquiry*-basierenden Aktivitäten, die vor allem in ihrer Offenheit variieren. Den Versuch einer Einteilung nach diesem Merkmal haben etwa Tafoya et al. (1980) unternommen indem sie *Inquiry*-Aktivitäten strukturiert („structured“), begleitet („guided“) und offen („open“) unterteilten, wobei der Grad der Selbstständigkeit bei der Bearbeitung einer Fragestellung variiert:

1. Strukturiertes *Inquiry*: In diesem Fall sind sowohl Fragestellung als auch Methode vorgegeben; Die SchülerInnen vollziehen also etwa ein vorgegebenes Experiment nach und das Einzige was sie nicht wissen ist das genaue Ergebnis.
2. Begleitetes *Inquiry*: Hier wird von der Lehrperson eine Frage vorgegeben, die die SchülerInnen mit ihren eigenen Methoden untersuchen müssen um zu Antworten zu gelangen.
3. Offenes *Inquiry*: Die Einheit ist gänzlich *Inquiry*-basierend. Die SchülerInnen entscheiden selbst über das zu bearbeitende Problem, die Fragestellung und welche Methode sie anwenden wollen um auf diese Frage eine Antwort zu finden.

Tafoya et al. (1980) beschreiben noch eine 4. Aktivität, die sie allerdings nicht als *Inquiry* einstufen, nämlich Bestätigungs-Übungen („confirmation exercises“), wobei die SchülerInnen am Anfang der

Aufgabe bereits ein Ergebnis kennen und anhand vorgegebener Schritte eine Methode zum bestätigen dieser Lösung beschreiten.

Man kann den Grad an Offenheit auch als Kontinuum betrachten, wobei die Übergänge fließender werden, wenn man, wie etwa Fradd et al. (2001) die distinkten Vorgänge während *Inquiry* definiert und betrachtet, ob diese Vorgänge von der Lehrperson oder den SchülerInnen und Schülern durchgeführt wurden. Sie geben folgende Komponenten an: Fragestellung, Planung, Implementierung (die Ausführung des Plans), Schlussfolgern (Datenanalyse, Schlüsse ziehen), Ergebnisse präsentieren und Anwendung der Ergebnisse.

4.4 „Die Naturwissenschaftliche Methode“

Ob nun angeleitet sind oder nicht, bleibt man auf der Ebene der Aktivitäten so wurde *Inquiry* im Laufe der Forschung mit einer Vielzahl intellektueller Tätigkeiten in Verbindung gebracht (Bybee, 2006; Friesen & Scott, 2013; Hmelo-Silver et al. 2007; Windschitl, 2000), von der Anwendung der sokratischen Methode über das Testen von Hypothesen, praktisches Problemlösen und problembasierendes Lernen sowie Modellbildung, um nur einige zu nennen. Obgleich dieser theoretischen Überlegung wissenschaftliche Arbeit betreffend, das Testen von Hypothesen wie es durch die Beantwortung einer Fragestellung (Hypothesenüberprüfung) dargestellt wird. Natürlich stellt das Testen von Hypothesen eine hinreichende Repräsentation des *Inquiry*-Prozesses dar, bzw. wie Wissen generiert und überprüft wird. Es ist eine authentische Aktivität, die Lernern jeder Fähigkeitenstufe Einblick in die Arbeit von WissenschaftlerInnen bietet. Dennoch steht im Raum ob es ausreichend ist, das Bild von Erkenntnis in der Naturwissenschaft als linearen Prozess zu vermitteln, wie sie oft auch in Schulbüchern als „Naturwissenschaftliche Methode“ vorkommt, die von SchülerInnen als Algorithmus auswendiggelernt und wiedergegeben werden, beziehungsweise als Richtlinie oder Rezept für eigene Untersuchungen dienen kann (Lederman, 2006a; Windschittl 2000). Beides trifft nämlich nicht immer darauf zu, wie naturwissenschaftliche Erkenntnis zustande kommt: Der Erkenntnisweg ist oft nicht linear, in authentischen wissenschaftlichen Untersuchungen laufen oft viele dieser Schritte gleichzeitig ab, oder werden in Relation gesetzt (Windschitl, 2000) und es gibt nicht nur *eine* fixe Abfolge von Schritten, der wissenschaftliche Untersuchungen folgen (Lederman 2006a). Außerdem gibt es große Varianz innerhalb und zwischen den Disziplinen was die Ansätze der Beantwortung wissenschaftlicher Fragen betrifft und dass es keine universelle Methode gibt (Lederman 2006a, Windschitl, 2000). Manche Wissenschaftler formulieren erst Hypothesen und

testen sie dann, manche bilden ihre Hypothesen erst nach der Analyse der Daten und wieder andere arbeiten rein deskriptiv, ohne jegliche Hypothesenbildung:

“[...] the meaning of science inquiry does not reside in any dictionary and cannot be reduced to symbolic representations in people’s minds. Rather, it is situated in specific cultural and disciplinary practices and is continually transformed through these practices.” (Windschitl, 2000, S.14).

Dies führt zu Aussagen über die Natur des Erkenntnisgewinns, also die Art wie und der Kontext, in dem naturwissenschaftliches Wissen entsteht, wie es abgesichert wird und welchen ontologischen Status dieses Wissen hat und damit auch zu epistemologischen Ansichten.

4.5 Wissenschaftsmethodische Kompetenzen und „inquiry“

Wie stehen *Inquiry* und epistemologische Ansichten in Verbindung? Meyer (2007) unterscheidet drei zentrale Dimensionen als Rahmenbedingungen der naturwissenschaftlichen Erkenntnis-gewinnung (Abbildung 1): Arbeitstechniken der Praxis (*Practical Work*), wissenschaftliche Erkenntnismethoden (*Scientific Inquiry*), sowie Charakteristika der Naturwissenschaften (*Nature of Science*). Diese Dimensionen können weiters durch drei kognitivpsychologischen Konstrukte geformt und systematisch in Beziehung gesetzt werden, und zwar: manuelle Fertigkeiten (*Practical Skills*), wissenschaftliches Denken (*Scientific Reasoning*) und Wissenschaftsverständnis (*Epistemological Beliefs*).

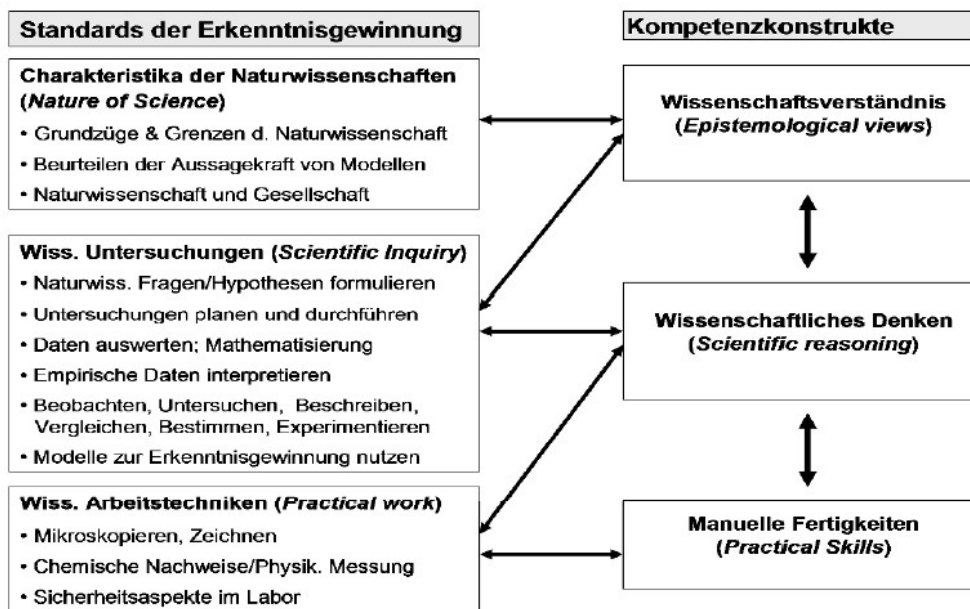


ABBILDUNG 6: RAHMENKONZEPT WISSENSCHAFTSMETHODISCHER KOMPETENZEN (MAYER, 2007)

Im Mittelpunkt dieses Rahmenmodells, steht die Kompetenz des wissenschaftlichen Denkens, (*Scientific Reasoning*). Umgelegt auf die geplante Arbeit wird der konkrete Fokus auf den impliziten (und ggf.) expliziten Vorstellungen der StudentInnen zu *Scientific Inquiry* wie Mayer (2007) es versteht, liegen und darauf, wie diese Vorstellungen in die geplanten Unterrichtssequenzen einfließen.

Mayer (2007) bezeichnet Forschendes Lernen als Unterricht, der die SchülerInnen in die Rolle von aktiven Lernern versetzt, die mehr oder weniger angeleitet versuchen Probleme zu lösen. Wie im Modell dargestellt, kommt es durch das Durchführen von wissenschaftlichen Untersuchungen und damit verbundene wissenschaftliche Denken auch zum Aufbau von epistemologischen Ansichten.

4.6 Inquiry und die Natur der Naturwissenschaften

Der Überbegriff für Kompetenzen in naturwissenschaftlicher Epistemologie lautet international *Nature of Science* (oder *Nature of Scientific Inquiry*, NOS), im deutschsprachigen Raum werden sie als wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen, Wissenschaftspropädeutik oder Erkenntnisgewinnung bezeichnet (Mayer, 2007). Abd-El-Khalick & Lederman (2000) beschreiben NOS als Epistemologie der Naturwissenschaften, Naturwissenschaften als ein Weg des Erkenntnisgewinns aber auch die Werte

und Überzeugungen die Naturwissenschaftlichem Wissen und der Entstehung dieses Wissens inhärent sind. Über diese allgemeinen Aspekte hinaus gibt es kaum Konsens über das Wesen und die Charakteristiken der Naturwissenschaften unter WissenschaftsphilosophInnen, WissenschaftlerInnen und WissenschaftsvermittlerInnen. Auch im Laufe der Zeit haben sich die Vorstellungen verändert, was sich auch in den historischen Unterschieden im Gebrauch des Begriffs widerspiegeln (Lederman, 2006a). Dies sollte angesichts der mannigfaltigen Art wie NaturwissenschaftlerInnen in ihren so unterschiedlichen Betätigungs- und Interessensfeldern zu ihren Erkenntnissen kommen nicht verwundern, oder entmutigen.

Obwohl *Inquiry* und NOS als Teile der Naturwissenschaften notwendigerweise überlappen ist es wichtig eine Unterscheidung zwischen beiden zu treffen. NOS ist nicht gleichbedeutend mit wissenschaftlichen Prozessen (*Scientific Inquiry*) – dabei handelt es sich um Aktivitäten der Datenerhebung und -analyse, sowie dem Ziehen von Schlussfolgerungen daraus. NOS erklärt die epistemologischen Grundlagen wissenschaftlicher Aktivitäten (Lederman 2006a). Beide Felder werden im Verlauf entsprechend orientierter Unterrichtseinheiten in unterschiedlichen Ausprägungen von Bedeutung sein, entweder implizit, oder explizit als Inhalte im Sinne der Förderung von *Scientific Literacy* und naturwissenschaftlicher Bildung.

4.7 Nature of Science verstehen

Meyer (2007) zählt die Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung zum Kern der naturwissenschaftlichen Bildung - das schließt adäquate Ansichten über die fachlichen Domänen mit ein. Was adäquate epistemologische Ansichten sind, darüber herrscht wie eingangs erwähnt unter Experten zum Teil Uneinigkeit, jedoch existiert ein gewisser Konsens, den mehrere Autoren (McComas, Clough & Almazroa 1998; McComas & Olsen 2002; Osbourne et al. 2003) in Studien erhoben haben. Von Priemer (2006), übersetzt nach McComas, Clough & Almazroa (1998) wird dies wie folgt dargestellt (Abb.7):

- Wissen in den Naturwissenschaften ist, obwohl es zuverlässig ist, nicht unveränderlich.
- Wissen in den Naturwissenschaften beruht stark, aber nicht vollständig, auf Beobachtungen, experimentellen Resultaten, rationalen Begründungen und einer gewissen Skepsis.
- Es gibt nicht nur einen Weg der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. (Deshalb gibt es auch keine universelle naturwissenschaftliche Methode, die Schritt für Schritt abgearbeitet wird.)
- Naturwissenschaften verstehen sich als Ansatz, Phänomene der Natur zu erklären.
- Gesetze und Theorien dienen unterschiedlichen Zwecken, deshalb werden aus Theorien auch keine Gesetze, auch wenn zusätzliche Daten vorliegen.
- Menschen mit unterschiedlichen kulturellen Hintergründen tragen zu den Naturwissenschaften bei.
- Neue Erkenntnisse müssen klar und offen dargestellt werden.
- Naturwissenschaftliche Ergebnisse müssen nachvollziehbar dokumentiert sein, werden von Experten begutachtet und müssen replizierbar sein.
- Beobachtungen sind Theorie-geleitet.
- Naturwissenschaftler sind kreativ.
- Die Geschichte der Naturwissenschaften kennt evolutionäre und revolutionäre Entwicklungen.
- Naturwissenschaften sind Teile sozialer und kultureller Entwicklungen.
- Naturwissenschaften und Technik beeinflussen sich gegenseitig.
- Naturwissenschaftliche Ideen werden von sozialen und historischen Faktoren beeinflusst.

ABBILDUNG 7: ALS „ADÄQUAT“ BETRACHTETE ANSICHTEN ÜBER DIE NATURWISSENSCHAFTEN (NACH MCCOMAS ET. AL. 1998, ÜBERSETZT VON PRIEMER 2004)

McComas (1998) beschreibt außerdem 15 gängige Mythen über naturwissenschaftliche Erkenntnis (Abb.8):

- Hypothesen werden zu Theorien und Theorien zu Gesetzen.
- Die Gesetze und Prinzipien der Naturwissenschaften sind absolut und unumstößlich.
- Hypothesen Aufstellen gleicht einem gut begründeten Raten.
- Es gibt eine generelle und universelle naturwissenschaftliche Methode.
- Eine Sammlung von gewissenhaft erhobenen Daten führt zu sicherem Wissen.
- Naturwissenschaften und deren Methoden liefern absolute Beweise.
- Naturwissenschaften sind eher an feststehende Verfahren gebunden als an Kreativität.
- Naturwissenschaften und deren Methoden können alle Fragen beantworten.
- Naturwissenschaftler sind besonders objektiv.
- Naturwissenschaftliche Erkenntnisse werden prinzipiell durch Experimente gewonnen.
- Naturwissenschaftliche Ergebnisse werden grundsätzlich auf Richtigkeit hin überprüft.
- Die Anerkennung neuer naturwissenschaftlicher Erkenntnisse erfolgt einfach und unproblematisch.
- Modelle der Naturwissenschaften repräsentieren die Wirklichkeit.
- Naturwissenschaften und Technik sind identisch.
- Naturwissenschaftler arbeiten in der Regel allein.

ABBILDUNG 8: 15 MYTHEN VON ANSICHTEN ÜBER DIE NATURWISSENSCHAFTEN (NACH MCCOMAS, 1998, ÜBERSETZT VON PRIEMER 2004)

Die subjektiven Ansichten und Wissensbestände über diese Konzepte, oder auch Fehlkonzeptionen, können in Summe als die epistemologische Überzeugung einer Person bezeichnet werden (Hofer und Pintrich 1997; Ledermann 2002). Lederman (2006) selbst argumentiert, dass es ein akzeptables Maß von Generalisierungen gibt, die es erlauben das Feld für SchülerInnen zugänglich zu machen und es sinnvoll im Unterricht gebrauchen zu können, und wo es auch unter Experten keine Uneinigkeit gibt. Um zu definieren welche Aspekte von NOS unter diese Generalisierungen fallen, legt Lederman (2006) folgende Kriterien fest:

1. Ist das Wissen über diesen Aspekt von NOS zugänglich für SchülerInnen? (Können sie es lernen und verstehen?)
2. Gibt es einen allgemeinen Konsens über diesen Aspekt von NOS?
3. Ist es nützlich und wichtig für Bürger diesen Aspekt zu verstehen?

Laut diesen Kriterien gibt es sieben Aspekte, die im Naturwissenschaftlichen Unterricht vermittelt werden sollten:

Naturwissenschaftliches Wissen...

- ist veränderlich (tentativ).
- ist empirisch (basierend auf, oder zum Teil abgeleitet von Beobachtungen der natürlichen Welt).
- ist subjektiv (theoriebeladen und interpretiert von Individuen oder Gruppen).
- verlangt notwendigerweise menschliche Schlussfolgerungen, Vorstellungskraft und Kreativität (involviert das Finden von Erklärungen).
- ist sozial und kulturell verortet (beeinflusst von der Kultur/Gesellschaft in der geforscht wird).

Weiters gilt es...

- zwischen Beobachtungen und Schlussfolgerungen zu unterscheiden und
- die Funktionen von und Verhältnisse zwischen naturwissenschaftlichen Theorien und Naturgesetzen zu verstehen.

4.8 Bedeutung von Wissen über NOS für die universitäre Ausbildung und für den Unterricht als „Handlungsleitendes Wissen“

Diverse Studien zeigen, dass sich die wissenschaftstheoretischen Vorstellungen und Überzeugungen der Lehrperson direkt in den gewählten Lehrmethoden widerspiegeln (Tesch & Duit, 2004; Bromme, 1992; Helsper, 2002) und somit auch die epistemologischen Vorstellungen und Wissensbestände der SchülerInnen beeinflussen. Im Rahmen des PCK Modells (Park & Oliver, 2008) gilt das Wissen über die Natur der Naturwissenschaften als handlungsrelevantes Wissen, welches direkten Einfluss auf die gewählten Unterrichtsmethoden und Inhalte hat. Das bedeutet also, selbst wenn epistemologische Inhalte nicht explizit unterrichtet werden, hat die Lehrperson auf der Ebene der zu untersuchenden Inhalte von *Scientific Inquiry*, implizites Wissen zu den Vorgängen im naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinn. Diese Vorstellungen und Wissensbestände beeinflussen die Thematisierungsbereitschaft solcher Inhalte und sind, durch die gewählten Unterrichtsmethoden, entscheidend für das Unterrichten für Verständnis und nicht das bloße Vermitteln von Fakten im Biologieunterricht. Ein holistisches Bild der Wissenschaft, Wissen und adäquate Vorstellungen über Genese und Ontogenie von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen wird im Allgemeinen als Voraussetzung für lebensweltliche Realitäten der SchülerInnen und das sich Zurechtfinden in einer modernen Wissenschaftsgesellschaft erachtet (Bromme, 2005) und gilt damit als gesellschaftlich erwünschtes Bildungsziel.

Naheliegender wäre demnach ein Fokus auf wissenschaftstheoretische Inhalte in der universitären Fachausbildung der LehrerInnen. Lederman (1992) beispielsweise erklärt, dass SchülerInnen nur dann adäquate Konzepte über *Scientific Inquiry* und die Natur der Naturwissenschaften, die dahinter steht entwickeln können, wenn LehrerInnen entsprechende adäquate Konzepte besitzen. Epistemologische Inhalte spielen allerdings im deutschsprachigen Raum in der universitären Ausbildung von LehrerInnen naturwissenschaftlicher Fächer nur eine marginale Rolle (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). In Deutschland wird etwa die Wissenschaftsphilosophie vornehmlich in pädagogischen und sozialwissenschaftlichen Kontexten diskutiert, während sich die Fachbiologie im Rahmen der LehrerInnenausbildung auf die Vermittlung von Fachwissen beschränkt (Dittmer, 2005). In vielen Ländern beginnen LehrerInnen zu unterrichten, ohne in ihrer Ausbildung eine einzige *Inquiry*-Aktivität durchgeführt zu haben (Windschitl, 2000), dieser Befund trifft auch weitgehend auf Österreich zu. Daraus ergeben sich unvollständige und inadäquate Repräsentationen von Wissenschaftsverständnis

bei LehrerInnen (u.a. Abd-El-Khalick & Lederman 2000; Dittmer, 2005; Lederman, 1992, 2000; 2006a; Schwartz & Crawford, 2006).

Viele Studien im Laufe der Jahre deuten darauf hin, dass adäquate epistemologische Beliefs, die im Rahmen von *Inquiry*-Aktivitäten bei NovizInnen geformt werden, sich positiv auf deren Unterricht auswirken (Abd-El-Khalick, 2000; Espinos-Bueno et al., 2011; Windschitl, 2000). Defizite im naturwissenschaftlichen Unterricht liegen oft nicht in der Qualität der vermittelten Inhalte, sondern in der Vermittlung eines adäquaten Bildes der Wissenschaft, nämlich hinsichtlich der Natur der Methoden und der Erkenntnisse der Wissenschaft und des wissenschaftstheoretischen und gesellschaftshistorischen Kontext (Develaki, 1998). Abd-El-Khalick und Lederman (2000) argumentieren, dass selbst adäquate Repräsentationen von NOS bei LehrerInnen nicht automatisch in entsprechenden Unterrichtsaktivitäten widerspiegeln und schlagen vor, Professionalisierungsangebote auch mit entsprechenden Inhalten zu entwerfen, etwa wie NOS Inhalte unterrichtet werden können. Konsens herrscht nämlich darüber, dass solides Wissen über die Natur der Naturwissenschaften Vorbedingung dafür ist, holistischen naturwissenschaftlichen Unterricht zu gestalten (Lederman 1992, 2000; Abd-El-Khalick & Lederman 2000; 2006a; Schwartz & Crawford, 2006) und ein Bild von Wissenschaft darzustellen, das vereinbar und konsistent ist mit authentischer wissenschaftlicher Praxis. Die Ansicht, dass es dafür nötig ist zu verstehen welche Vorgänge zu neuem, wissenschaftlich abgesicherten Wissen führen findet sich schon bei Schwab (1962).

Espinosa-Bueno et. al. (2011) fassen drei Ansätze um das NOS- und *Scientific Inquiry*-Verständnis zu verbessern zusammen:

- Den impliziten Ansatz, wonach bereits durch das bloße „Betreiben“ von Wissenschaft ein besseres Verständnis erzielt werden kann, worauf viele der „hands-on“ Aktivitäten und Philosophien früherer Jahrzehnte beruhten.
- Den historischen Ansatz, der die Inhalte aus der Geschichte der Naturwissenschaften in naturwissenschaftlichen Unterricht integriert, mit dem Zweck die Natur der der Naturwissenschaften besser zu illustrieren.
- Der explizite Ansatz, wobei es hierbei, wie es Lederman (2006) formuliert, um einen geplanten kognitiven Lernerfolg geht und nicht um das Hoffen eines Nebeneffekts, wenn es um das Verstehen von NOS Inhalten geht.

Es zeigt sich in einer Reihe von Untersuchungen, dass Professionalisierungsangebote mit impliziten Ansätzen zu keinen dokumentierbaren Verbesserungen führt, wohingegen Programme mit *Inquiry*-Inhalten in Verbindung mit expliziten NOS Inhalten und reflexiven Anteilen deutliche Verbesserungen von NOS-relevanten Wissensbeständen zeigen (vgl. Schwartz & Crawford, 2006). **Wenn Wissenszuwachs über NOS also ein ausdrückliches, erstrebenswertes kognitives Ergebnis von Fortbildungen und Unterricht ist, und auch als solches behandelt wird kommt es zu den größten Veränderungen** (ebd.). Abd-El-Khalick und Lederman (2000) argumentieren, dass selbst adäquate Repräsentationen von NOS bei LehrerInnen nicht automatisch in entsprechenden Unterrichtsaktivitäten widerspiegeln und schlagen vor, dass Professionalisierungsangebote auch entsprechende Inhalte bieten müssen, wie NOS Inhalte unterrichtet werden können und diese in einem *Inquiry*-Kontext anzusiedeln. Lederman (2006a) spricht sich in seinem PCK-Modell sogar dafür aus, *Inquiry* in das Konstrukt von NOS zu integrieren.

Gess-Newsome (1999) spricht sich dafür aus Naturwissenschaften nicht nur als einen Wissensbestand, eine „Rhetorik von Schlussfolgerungen“ zu unterrichten, sondern als Weg, die Welt zu erklären und zu verstehen. Unterrichtsansätze, die *Inquiry* Inhalte benutzen stehen naturgemäß, je nach Design mehr oder weniger im Zusammenhang mit dem Konzept von Nature of Science (NOS). *Inquiry* als Methode für das Vermitteln von NOS-Wissen wird als wichtiger Faktor für die Entwicklung von *Scientific Literacy* gesehen (Flick & Lederman, 2006) insofern, dass SchülerInnen, die Erfahrungen mit *Inquiry* gemacht haben zu Bürgern heranwachsen, denen es möglich ist die Charakteristiken und Limitierungen wissenschaftlicher Erkenntnisse zu verstehen und auf dieser Basis an Diskursen teilzunehmen und Entscheidungen zu treffen (Flick & Lederman 2006). Driver et al. (1996) bezeichnen dies als den demokratischen Aspekt von *Scientific Literacy*.

Wenn wir uns das Kompetenzmodell vom Mayer (2007) in Erinnerung rufen, dann ist *Inquiry* nicht nur eine Unterrichtsform die an der Schnittstelle zwischen praktischen Fertigkeiten der wissenschaftlichen Arbeitstechniken und Wissenschaftsverständnis bzw. als Vermittlungsmöglichkeiten von NOS Inhalten angesiedelt ist; *Inquiry* vereint auch kognitivpsychologische Aspekte neuer Lerntheorien und bietet Umgebungen, in denen ein solchermaßen geartetes Lernen stattfinden kann.

4.9 Warum *Inquiry*? – Forschendes Lernen unter dem Gesichtspunkt konstruktivistischer Lerntheorien

Welche wissenschaftlichen Grundlagen gibt es, *Inquiry*-Ansätze im naturwissenschaftlichen Unterricht zu rechtfertigen? Auf welcher wissenschaftlichen Basis argumentiert man gegenüber LehrerInnen, dass sie ihren Unterricht umorientieren und unter diesen Gesichtspunkten neugestalten sollten? Und wie erklärt man Lehramtsstudierenden, warum diese Inhalte im Studium behandelt werden ohne dabei auf der Ebene von Methodenvielfalt stehen zu bleiben?

Basierend auf kognitivistischen, sozial- und individuell-konstruktivistischen Lerntheorien und Studien über Lernvorgänge (Bransford et al., 1999; Donovan et al., 1999; Greeno, 2006; Putnam & Borko, 2000; Steiner, 2006) sowie der Expertenforschung und Studien, die untersuchten welche Lernumgebungen das Lernen fördern (Bransford et al., 1999; Donovan et al., 1999; Glaser, 1992) zeigen sich Parallelen zu dem wie SchülerInnen lernen, wie sie vor allem auch naturwissenschaftliche Konzepte lernen und den Vorgängen während Unterrichtssequenzen mit *Inquiry*-Inhalten:

1. Expertenwissen über die Naturwissenschaften beschränkt sich nicht auf Faktenwissen. Ein Paradigmenwechsel von reinem Faktenwissen hin zu Kompetenzen, also dem Verstehen von Konzepten und der Fähigkeit erworbenes Wissen auf neue Situationen und Probleme anwenden zu können beruht laut Donovan et al. (1999) vor allem darauf, dass neben der Basis an erworbenem Faktenwissen auch das Verstehen der Fakten in einem Konzeptrahmen gegeben ist und die Organisation des Wissens Abrufen und Anwenden erlauben. Solche Experten haben außerdem *Inquiry*-Strategien um neue Probleme mit denen sie konfrontiert sind zu lösen. Die erworbenen Kompetenzen in Verbindung mit ihrem gut fundierten Faktenwissen beeinflussen was sie erkennen, wie sie diese Informationen bewerten, organisieren und einordnen, sowie ihre Lösungen argumentieren. Experten erkennen die Kontexte in denen Wissen anwendbar ist und sind in der Lage, Wissen in andere Kontexte zu transferieren. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht heißt das, um Gelerntes benutzen und anwenden zu können, müssen die SchülerInnen die großen Konzepte der Naturwissenschaften verstehen, solides Grundwissen an Fakten aufbauen und lernen, wie sie ihr erworbenes Wissen anwenden können (Bransford et al., 1999).

Darüber hinaus zeigt die Lernforschung, dass SchülerInnen sich um effektiv zu lernen, Fähigkeiten aneignen müssen, die man allgemein als *Inquiry*-Fähigkeiten bezeichnen kann, was bedeutet, dass *Inquiry*-Lernumgebungen die SchülerInnen aktiv zu lerntheoretisch günstigen kognitiven Vorgängen bewegt. SchülerInnen sollen in der Lage sein, ein Problem zu beschreiben bevor sie eine Lösung suchen, bewerten welche Informationen bei der Untersuchung eines Problems relevant

sind und welche Vorgänge anwendbar und praktisch sind, um Beschreibungen und Analysen des Problems zu erstellen. Während sie diese Aktivitäten durchlaufen, erlernen sie Fähigkeiten wie sorgfältiges Beobachten, logisches Analysieren und Schlussfolgern (Glaser, 1992). All diese Aspekte finden sich auch weitgehend in den geforderten Handlungskompetenzen des österreichischen Kompetenzmodells⁵ und werden durch *Inquiry*-Inhalte gefördert.

2. Veränderungen in den vorhandenen Konzepten von SchülerInnen über die Naturwissenschaften – die oftmals vom anerkannten Wissenskanon abweichen – findet nur statt, wenn diese nicht zufriedenstellend anwendbar sind, das heißt wenn sie nicht auf Beobachtungen, die sie selbst machen anwendbar sind und sie stattdessen plausible Erklärungen finden (Jonen et al., 2003). Dies trifft auch darauf zu, dass viele SchülerInnen die Naturwissenschaften als starre Ansammlung aus Fakten, die man auswendig lernen kann und muss. *Inquiry*-Umgebungen haben das Potential diese Vorkonzepte aufzubrechen (Gess-Newsome, 1999).
3. Lernen findet in einem sozialen Gefüge statt und diese soziale Umgebung beeinflusst das Lernen der Teilnehmer dieses Gefüges. Wissen wird nicht immer alleine aufgebaut, Lernende profitieren von Gelegenheiten ihre Ideen vor anderen zu erklären, sie mit anderen zu diskutieren und auch andere Ideen herauszufordern (Sawyer, 2006).
4. Die Fähigkeit Wissen auf neue Situationen anzuwenden ist abhängig davon, zu welchem Grad SchülerInnen das Gelernte verstehen. Ziel ist es, den SchülerInnen zu helfen, tieferes Verständnis zu erreichen. Wissen wird nur sehr schlecht behalten, wenn es ohne Kontext gelernt wird. Isolierte Fakten oder Handlungen, die einfach nur Wiederholungen ohne neuen Kontext sind, werden schnell als nicht von Bedeutung vergessen (Davis et al., 2008). Um etwas Gelerntes nicht nur nicht zu vergessen, sondern auch anwenden zu können müssen Lernende ein bestimmtes Basiswissen erreichen, das Wissen in unterschiedlichen, neuen Kontexten anwenden und eine Rückmeldung erhalten darüber, wie gut sie es angewendet haben (Bransford et al., 1999). *Inquiry*-Umgebungen stellen SchülerInnen vor neue Probleme, die es zu lösen gilt.

Langzeitveränderungen in neuronalen Strukturen und Gehirnaktivität passieren, wenn Lernende aktiv daran beteiligt sind ihre Lernerfahrungen zu gestalten und nicht nur passive Zuhörer sind (OECD, 2009; Davis et al. 2008). Auswendiglernen und Automatisierung von Abläufen haben ihren Wert, wenn komplexere Kompetenzen darauf aufbauen. Ausschließliches Auswendiglernen ohne Kontext führt zu Situationen, die es SchülerInnen ermöglichen Tests zu bestehen, führt aber nicht

⁵ Vgl. Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe, bifie Wien, 2011.

zu tieferem und besserem Verständnis und der Fähigkeit, Wissen in neuen, realistischen Kontexten anzuwenden. Das zeigt sich auch in dekontextualisierten Lernumgebungen in denen die Aufgaben isoliert gestellt und frei von Relationen zu größeren Konzepten des Faches sind – tieferes Verständnis verlangt von den Lernenden nach Mustern und zugrundeliegenden Prinzipien zu suchen (Sawyer, 2006). Forschung im Bereich der Lerntheorien legt nahe, dass Lernen dann stattfindet, wenn SchülerInnen vor Aufgaben und Situationen gestellt werden, die gerade ein wenig komplexer sind, als ihre bisherigen Lernerfahrungen, in denen sie das, was sie gelernt haben, anwenden können. Realistische, fachspezifisch-authentische *Inquiry*-Umgebungen können dazu beitragen tieferes Verständnis bei den SchülerInnen hervorzurufen (Bransford et al. 2000; Barron & Darling-Hammond, 2008; Sawyer, 2006).

5. Effektives Lernen findet statt, wenn SchülerInnen ihr eigenes Lernen überwachen. Tieferes Verständnis erfordert es, dass Lerner über ihr eigenes Lernen reflektieren und ihren eigenen Lernprozess verstehen (Sawyer, 2006). Dazu gehört das Erkennen, wann man etwas versteht und wann man mehr Information benötigt, oder etwa die Fähigkeit die Frage zu stellen Welche Art von Belegen brauche ich um gewisse Behauptungen zu glauben? Gute Lerner sind in der Lage ihre eigenen Ideen zu artikulieren, sie mit anderen Ideen zu vergleichen und Argumente dafür zu geben, warum sie einen Standpunkt mehr vertreten als andere. Sie sind metakognitiv, das heißt sie sind sich ihrer eigenen Gedanken bewusst und es ist ihnen möglich ihre Gedanken und ihr Wissen zu regulieren.

Diese Gesichtspunkte verbinden Lerntheorien mit den geforderten Standards und dem Wesen von *Inquiry*. Es finden sich sowohl die in den Standards geforderten Fähigkeiten wissenschaftliche Konzepte zu verstehen, als auch die Ausbildung der Fähigkeiten wissenschaftliche Arbeitsweisen zu beschreiten. Diese Fähigkeiten werden als Eigenschaften von Experten betrachtet, die ein gut strukturiertes Verständnis der maßgeblichen Ideen ihres Feldes haben und *Inquiry*-Fähigkeiten um neue Probleme effektiv zu lösen (National Research Council, 2000). Um eine Expertise zu entwickeln, bedarf es sowohl des Lernens von Fachinhalten als auch der Strategien um tiefer in Konzepte vorzudringen.

4.10 Sinnvolle *Inquiry*-Umgebungen schaffen

"Gehalt ohne Methode führt zur Schwärmerei, Methode ohne Gehalt zum leeren Klügeln; Stoff ohne Form zum beschwerlichen Wissen, Form ohne Stoff zu einem hohlen Wähnen." Johann Wolfgang von Goethe (1749 - 1832).

Wie bereits erwähnt gibt es eine Menge an Aktivitäten, die unter *Inquiry* subsummiert werden, aber eine breite Front an Forschungsergebnissen deutet darauf hin, dass nicht jede dieser *Inquiry*-Lernumgebungen und –Situationen erfolgreich und zielführend ist. *Inquiry* im Sinne eines adäquaten Faksimiles von wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn im Schulunterricht und die damit verknüpften kognitiven Aktivitäten versprechen potentiell große Lernerfolge sowohl auf der Ebene von tieferem Verständnis von Fachwissen, Wissen über die Natur der Naturwissenschaften und kognitiven Problemlösungsstrategien der SchülerInnen. Allerdings benötigen *Inquiry*-Lernumgebungen gewisse Rahmenbedingungen um tatsächlich zu diesen Lernerfolgen zu führen.

Sinnvolle *Inquiry*-Aufgaben sind komplexer als reine „hands-on“ Aufgaben, es geht nicht nur darum SchülerInnen etwas machen zu lassen. Die Aktivitäten die sie durchführen können nicht Selbstzweck sein, denn Aktivitäten ohne ein Ziel, ohne intellektuelle Substanz sind im Rahmen von forschendem Lernen nicht wirkungsvoll (DeBoer, 2006). Setzt man *Inquiry*-Unterricht mit solchen Aktivitäten gleich, oder geht man gar von der Prämisse aus, dass konstruktivistische Ansätze damit gleichzusetzen sind, kann man keine Ergebnisse erwarten (Mayer, 2004) und unter diesen Voraussetzungen gibt es auch Studien, die direkt angeleitete Aktivitäten ohne *Inquiry*-Charakter als zielführender sehen (Kirschner et al., 2006; Klahr & Nigam, 2004).

Kognitiv-psychologische Argumente gegen minimal-angeleitete Inquiry-Umgebungen:

Kirschner et al. (2006) argumentieren etwa gegen einen minimal-angeleiteten Unterrichtsansatz und kritisieren die grundsätzlichen Überlegungen hinter diesen Ansätzen. Nämlich dass der beste Ansatz für den Wissenserwerb der ist, dass SchülerInnen Inhalte der spezifischen Wissenschaft, die sie studieren am besten durch das Praktizieren der Methodik und idiosynkratischen Epistemologie der Wissenschaft lernen und dass SchülerInnen, die ihre eigenen Lösungen für Probleme finden, die wertvollsten Lernvorgänge sind. Laut Kirschner et al. (2006) herrscht hier die Meinung vor, Anleitungen würden die Lernvorgänge bei Schülerinnen dahingehend negativ beeinflussen als dass die kognitiven Vorgänge beeinträchtigt werden, die es ihnen erlauben auf Vorwissen und idiosynkratischen Lernstile zuzugreifen, die es ihnen ermöglichen neues, situatives Wissen

aufzubauen. Kirschner et al. (2006) geben als Grundlage ihrer Argumentation die Architektur der menschlichen kognitiven Strukturen („human cognitive architecture“), wonach minimal angeleitete Ansätze komplett die Vorgänge im Arbeitsgedächtnis und dessen Beziehungen mit dem Langzeitgedächtnis ignorieren und deshalb zum Scheitern verurteilt sind. Nach dem Gedächtnis-Modell von Attkinson & Shiffrin (1968) – das sensorische Gedächtnis außer Acht lassend – ist das Kurzzeitgedächtnis, oder Arbeitsgedächtnis die kognitive Struktur, in der die bewusste Verarbeitung von Informationen geschieht. Die weitaus größere Menge an im Langzeitgedächtnis gespeicherten Informationen sind uns nicht bewusst, während das Arbeitsgedächtnis aktiv ist – jedoch zeichnen sich etwa Experten dadurch aus, dass sie während des Problemlösens auf extensive Erfahrungen in ihrem Langzeitgedächtnis zurückgreifen können, die ihnen dabei helfen die optimalen Prozeduren zu wählen, um ein Problem zu lösen (Kirschner et al., 2006). Experten sind deshalb erfolgreich auf ihrem Gebiet, weil sie auf große Mengen an Wissen in ihrem Langzeitgedächtnis zurückgreifen können, das ihnen – oft unterbewusst – hilft, Eigenheiten einer Situation zu erkennen und hilft, die besten Vorgehensweisen darauf anzuwenden (Kirschner et al., 2006).

Aufgrund der postulierten kleinen Menge an gespeicherten Informationen (Miller, 1956; Cowan, 2001) und kurzen Speicherdauer (Peterson & Peterson, 1959) im Arbeitsgedächtnis, wenn Lerner mit neuen Informationen konfrontiert sind und dem Umstand, dass solche Limitierungen verschwinden, wenn Lerner mit bereits im Langzeitgedächtnis gespeicherten Informationen operieren, kommen Kirschner et al. (2006) zu dem Schluss, dass minimal-angeleitete Situationen SchülerInnen vor kognitiv nicht bewältigbare Aufgaben stellen. Auch Meyer (2007) charakterisiert *Inquiry*-lernen als komplexen Problemlösungsprozess, der schnell zu kognitiver Überlastung führen kann. Hauptgrund dafür ist, dass die SchülerInnen in *Inquiry*-basierenden Lernumgebungen ein Problemfeld nach relevanten Informationen absuchen müssen (Sweller, 1988) und dadurch das Arbeitsgedächtnis ausgelastet ist, wodurch keine Kapazitäten für die Verarbeitung und Speicherung ins Langzeitgedächtnis stattfindet. Das Ziel jeder Lernaktivität und -umgebung muss es sein, Veränderungen im Langzeitgedächtnis zu verursachen – wenn das nicht passiert, charakterisieren Kirschner et al. diese als ineffektiv. Instruktionen müssen ein Lernziel zulassen und es erlauben dieses im Langzeitgedächtnis abzuspeichern (Kirschner, 2006).

Experten und Novizen

Ein weiterer Kritikpunkt von Kirschner et al. (2006) ist die Implikation vieler minimal-angeleiteten Ansätze, wonach Naturwissenschaften nicht als Wissensbestand unterrichtet werden soll, sondern anhand von Handlungen und Verfahren der jeweiligen Disziplin und den Erfahrungen, die SchülerInnen bei deren Durchführung, sammeln. Kirschner et al. (2006) kritisieren dabei die Gleichstellung der Pädagogik einer Disziplin, also wie diese gelernt wird, mit der Epistemologie einer Disziplin. Also etwa wie Experten in den Naturwissenschaften arbeiten und dass keine Unterscheidung getroffen wird, zwischen dem was WissenschaftlerInnen mit Expertise praktizieren und dem was unerfahrene SchülerInnen als Novizen in einer Disziplin betreiben.

Nicht angeleitete *Inquiry*-Situationen sind im schlimmsten Falle nicht nur ineffektiv, sondern können bei Novizen zu unerwünschten Effekten führen, wie falschen Vorstellungen, oder unvollständigen Konzepten (Kirschner et al., 2006).

Maximierung von Lernerfolgen in Inquiry-Umgebungen

„In inquiry Learning [...] the teacher plays a key role in facilitating the learning process and may provide content knowledge on a just-in-time basis.“ (Hmelo-Silver et al., 2007. S.100).

Die konstruktivistischen Grundlagen, wonach Wissen von Lernen selbst konstruiert und idiosynkratisch ist, sind empirisch gut abgesichert, aber die daraus folgenden minimal-angeleiteten Unterrichtsansätze scheinen nur geringe bis gar keine Lernerfolge zu erzielen (Kirschner et al., 2006, Mayer, 2004). Kritische Ansichten wie die gerade erwähnten haben dazu geführt, dass sich Autoren damit auseinandersetzen, welche Unterstützung man SchülerInnen geben muss und welchen Grad an Anleitung es braucht, um *Inquiry*-Lernumgebungen zu gestalten, die zu Lernerfolgen führen (Barron et al., 1998; Roth, 2006; Hmelo-Silver et al., 2007; Darling-Hammond, 2008; Hattie, 2009; Scott & Abbot 2012, etc.).

Lernunterstützung – „Scaffolding“⁶

Das Bereitstellen von Anleitungen, Denkanstößen, Leitfragen oder ähnlichen Orientierungshilfen ist wichtig für sinnvolle *Inquiry*-Lernumgebungen und um tieferes Verständnis hervorzurufen (Barron et al., 1998; Darling-Hammond, 2008). Allgemein umfassen Orientierungshilfen Werkzeuge, Strategien

⁶ Aus dem Englischen „to scaffold“ – mit einem Gerüst versehen

und Anleitungen um SchülerInnen dabei zu unterstützen Lernergebnisse zu erreichen, die sie ohne diese Dinge nicht erreichen würden (Friesen & Scott, 2013). Beispielsweise kann es hilfreich für SchülerInnen sein, wenn man sie nicht mit Aufgaben konfrontiert, die sie noch nicht lösen können, oder ihnen in diesen Bereichen Orientierungshilfen anbietet, damit sie sich auf die Elemente konzentrieren können, die in ihrer Kompetenz liegen (Hmelo-Silver et al., 2007; Friesen & Scott, 2013). Allgemein sollen Orientierungshilfen und Unterstützung dabei helfen die kognitive Belastung der SchülerInnen gering zu halten, damit sie sich auf die eigentlichen Aufgaben konzentrieren können. Hier bieten sich auch für die einzelnen Phasen von *Inquiry*-Aktivitäten verschiedenste Ansätze um den SchülerInnen Unterstützung zu geben, etwa „revoicing“, d.h. wenn ein SchülerInnen-Gedanke von der Lehrperson aufgegriffen, erweitert und akzentuiert, bzw. als Anlass für weitere Überlegungen genommen wird (Magnusson et al., 2006). Oder wenn SchülerInnen durch die Lehrperson Hintergrundwissen bekommen, wenn klar wird, dass sie auf diesem Gebiet noch zu wenig wissen, um selbstständig arbeiten zu können (Magnusson et al., 2006). *Scaffolding* wird im Sinne seiner Definition flexibel angewendet und langsam immer weniger werden, je mehr die SchülerInnen auf einem eigenen „Fundament“ stehen können. Gerade wenn es etwa um das Verständnis von *Scientific Inquiry* geht, kann man nicht erwarten, dass SchülerInnen einen adäquaten und repräsentativen Weg beschreiten, wenn sie auf sich allein gestellt sind. Haben sie aber die ersten Schritte mit Unterstützung bereits einmal sinnvoll durchlaufen, und verstehen beispielsweise den Unterschied zwischen Beobachtung und Interpretation, kann man in diesem Bereich die Unterstützung zurückfahren und die SchülerInnen in die nächsten Aktivitäten führen.

Formative Evaluation

Feedback während der *Inquiry*-Aktivitäten ist wichtig für SchülerInnen, und Feedbackschleifen sollten von LehrerInnen in alle *Inquiry*-Aktivitäten eingeplant werden (Bransford et al. 1999; Darling Hammond, 2008; Friesen & Scott, 2013). Das Ziel muss sein, SchülerInnen immer wieder Feedback darüber zu geben, a) ob sie verstehen b) wie sie ihr Verständnis oder ihre Resultate verbessern können c) wann, wo und wie sie das gelernte Wissen einsetzen können (Bransford et al., 1999; Friesen & Scott, 2013).

Essentielle Leitfragen

Inquiry-Umgebungen sollten anhand von Fragen organisiert sein, die Zusammenhänge zwischen den Aktivitäten und dem zugrundeliegenden Wissen, dass es zu erarbeiten gilt herstellen (Barron et al.,

1998). Idealerweise sind diese Fragen offen und können nur mit Hilfe von Recherche oder Experimenten oder anderen *Inquiry*-Aktivitäten beantwortet werden (Friesen & Scott, 2013).

4.11 Authentisches forschendes Lernen

Im Erwerb von Professionswissen zu *Inquiry* wird authentische Erfahrung in der Forschung für LehrerInnen als kritische Grundlage gesehen, um wertvolle *Inquiry*-Lernumgebungen schaffen zu können (Capps et al. 2012). Als Grund für nicht adäquate Ansichten und Fehlkonzepte über *Scientific Inquiry* und NOS wird unter anderem der fehlende Kontakt zu authentischen Forschungskontexten und nicht vorhandener Erfahrung mit wissenschaftlichen Untersuchungen (Chinn & Malhotra, 2002; Schwartz & Crawford, 2006). Fachspezifisch-authentische *Inquiry*-Umgebungen können nicht nur dazu beitragen tieferes Verständnis von Fachwissen bei SchülerInnen hervorzurufen (Bransford et al., 2000; Sawyer, 2006; Barron & Darling-Hammond, 2008); Neben der Erfahrung der LehrerInnen in ihren eigenen wissenschaftlichen Untersuchungen und Konzeptionen über NOS und dem expliziten Unterrichten von NOS Inhalten ist die „Authentizität“ von Lernumgebungen ein wichtiger Faktor für das Erreichen der Ziele von Inquiry Aktivitäten (Schwartz & Crawford, 2006).

Die Frage, die sich stellt ist: Kann man *Inquiry* im Klassenzimmer vergleichen mit *Scientific Inquiry*, wie es von Wissenschaftlern betrieben wird? *Scientific Inquiry* wurde schon definiert als: Das fundamentale Prinzip nachdem moderne Wissenschaft durchgeführt wird (Flick & Lederman, 2006). Das hat viele wissenschaftstheoretische Implikationen, die bereits in Abschnitt 4.7 behandelt wurden. „Authentisch“ soll hier verwendet werden für die Aktivitäten, die WissenschaftlerInnen in ihrer Praxis innerhalb einer wissenschaftlichen Community ausüben (*Scientific Inquiry*).

Beide Orte (Schulkontext und wissenschaftliche Community) bieten Gelegenheiten zur sozialen Entstehung von Verständnis, im Schulkontext kann sich aber kaum die Komplexität der Vorgänge von *Scientific Inquiry* abbilden, alleine schon aufgrund von Zeit- und Ressourcenmangel, fehlender Expertise (Chinn & Malhotra, 2002) und wenn man authentisches *Scientific Inquiry* als das definiert, was hauptberufliche ForscherInnen innerhalb einer wissenschaftlichen Community betreiben um zu tieferem Verständnis über die Welt zu gelangen, kann *Inquiry* im Schulkontext im striktesten Sinne nicht als authentisch betrachtet werden (Schwartz & Crawford, 2006).

Chin und Malhotra (2002) fordern authentische Umgebungen und kritisieren den Aufbau und Umfang von *Inquiry*-Aufgaben, wie sie hauptsächlich im Unterricht und Schulbüchern vorkommen, als zu

wenig an den Tätigkeiten von Wissenschaftlern orientiert. Zu viele dieser Aktivitäten sind einfache Demonstrationsexperimente mit vorgegebenen Fragestellungen, Experimente mit nur einer zu variierenden Variable oder Beobachtungen, die sich auf beobachtbare Parameter konzentrieren, anstatt zugrundeliegende Theorien zu testen. Ziel muss es sein authentische *Inquiry*-Aufgaben für den Schulunterricht zu entwerfen, die die zugrundeliegenden Prozesse authentischer wissenschaftlicher Untersuchungen beinhalten. Wenn wir uns als Bildungsziel setzen das wissenschaftliche Denken und Argumentieren bei SchülerInnen zu fördern, um sie in die Lage zu versetzen komplexe Daten und Belege zu verarbeiten, wenn es etwa darum geht medizinische- oder Gesundheitsfragen zu entscheiden, oder sich eine Meinung zu politischen Entscheidungen zu bilden, dann reicht es nicht sie unter Anwendung algorithmischer Regeln einfache Aufgaben lösen zu lassen, wie es viele einfache *Inquiry*-Aufgaben verlangen. Auch vermittelt diese Herangehensweise ein falsches Bild von dem, wie Wissenschaft zu abgesichertem Wissen kommt.

Wenn Chin und Malhotra (2002) von Authentizität sprechen, fordern sie, dass Schulen authentische Epistemologien von *Scientific Inquiry* vermitteln sollen. Gefragt sind *Inquiry*-Aufgaben, die im Rahmen des Schulunterrichts durchgeführt werden können, also einfacher sind hinsichtlich Zeit, Geld und Aufwand als Untersuchungen die WissenschaftlerInnen durchführen, aber um ein adäquates Bild von Wissenschaft zu vermitteln, trotzdem nicht auf dem Niveau von einfachen Experimenten, oder Beobachtungen bzw. Schulbuchaufgaben stehen bleiben. An diesen kritisieren sie vor allem die fehlenden kognitiven Prozesse authentischer Forschung, was sich in einer verklärten Epistemologie äußert, die nicht abbildet, was WissenschaftlerInnen machen und in welchem Rahmen wissenschaftliches Wissen entsteht. So sind SchülerInnen bei der Lösung dieser Aufgaben oft nicht mit teilweise im Konflikt stehenden Daten konfrontiert, die sie in einem Theoriegebäude verorten müssen, noch müssen Sie sich mit den Implikationen der gewählten Methode auseinandersetzen (verschiedene Methoden produzieren unterschiedliche Daten), oder sollen nach alternativen Interpretationsmöglichkeiten suchen. Auch institutionelle Aspekte wie das Entstehen von Wissen in sozialen Gefügen sind bei einfachen *Inquiry*-Aufgaben nicht vorhanden.

Dies hat zur Folge, dass andere Umgebungen für authentisches forschendes Lernen gesucht werden, beispielhaft soll hier etwa den Ansatz der direkten Partizipation genannt sein, in denen SchülerInnen Seite an Seite mit WissenschaftlerInnen in deren Forschungsfeldern arbeiten und so hautnah die Praxis aktueller Forschung erfahren (vgl. Roth et al. 2008).

Partizipation und Reflexion

Partizipation allein muss nicht zu adäquaten NOS Sichtweisen führen. Schwartz & Crawford (2006) berichten, dass Wissenschaftler nicht notwendigerweise adäquatere Ansichten über NOS haben, wie sie aus epistemologischer und wissenschaftsphilosophischer Sichtweise gesehen werden. Bell et al. (2003) zeigen in einer Vergleichsstudie, dass diejenigen, die sich mit Wissenschaftsphilosophie auseinandersetzen oft adäquatere NOS Ansichten besitzen, auch wenn sie nicht an authentischen wissenschaftlichen Untersuchungen teilnehmen. Gründe dafür könnten sein, dass WissenschaftlerInnen als Teil der wissenschaftlichen Community nicht unbedingt über NOS Konzeptionen nachdenken, wie das Personen machen, die außerhalb dieser Communities stehen. Das heißt, Teilnahme an der wissenschaftlichen Community hat Einfluss auf die Ansichten über NOS (Schwartz & Crawford, 2006). Ohne den reflexiven Aspekt, das Nachdenken über und Analysieren von Praxis haben also auch authentische Lernumgebungen nicht notwendigerweise Einfluss auf das Ausbilden adäquater Repräsentationen von NOS.

Spannungsfeld Authentizität und Autonomie in partizipativen Umgebungen

Ein weiterer Aspekt partizipativer Forschung zeigt sich, wenn man in solchen Umgebungen Autonomie und Authentizität gegenüberstellt. Heidinger (2016) berichtet im Rahmen partizipativer Forschung zu Spinnenverhalten etwa, dass SchülerInnen bei freier Handhabe möglichst realistische Biotope eingerichtet hätten, während der Wissenschaftler in der Kooperation das Versuchsdesign gemäß den Normen seiner Disziplin möglichst einfach und kontrollierbar gestalten möchte, um eine authentisches Forschungsdesign zu schaffen. Das schränkt allerdings die Autonomie der SchülerInnen ein, ihren eigenen Erkenntniswegen zu folgen. Ein positiver Aspekt dieses Spannungsfeldes ist es, dass WissenschaftlerInnen ihre Denkweisen explizieren müssen, damit die SchülerInnen die Versuchsansätze akzeptieren (ebd.).

Explizitheit von NOS Inhalten

Schwartz & Crawford (2006) betonen die Wichtigkeit NOS Inhalte explizit zu betonen, um die Unterschiede zwischen *Scientific Inquiry* und *Inquiry* im Schulkontext zu betonen, um nicht ein verschobenes Bild von authentischer Wissenschaft darzustellen. Ist es das Ziel von *Inquiry*-Aufgaben den LernerInnen etwas über die Charakteristiken der Naturwissenschaften beizubringen, reicht es nicht diese implizit zu lassen. Adäquate Ansichten darüber wie Wissenschaft funktioniert, entstehen

nicht oder nur geringfügig, wenn man darauf hofft, dass sie als Nebenprodukt von wissenschaftlichem Arbeiten entstehen (u.a. Bell et al., 2003; Mayer, 2004; Kirschner et al., 2006; Lederman 2006; Schwartz & Crawford, 2006). Lederman & Lederman (2017) diagnostizieren nach der Durchführung einer internationalen Studie zu *Scientific Inquiry*:

„[...] students around the world have an overall naive view of scientific inquiry [...] which is consistent with the studies that have been done with secondary students, pre service and in service teachers. The findings are not surprising since students are rarely taught understandings of inquiry in an explicit, reflective manner. Science is often taught by lecture and with students simply doing inquiry activities, with little reflection on what was done and why.” (Lederman & Lederman 2017, S.2).

Zusammenfassend scheinen die erfolgreichsten Ansätze, um adäquateres NOS-Verständnis hervorzurufen, was zu authentischeren *Inquiry*-Lernumgebungen führt, explizite NOS und *Scientific Inquiry*-Inhalte zu unterrichten und ausreichend Gelegenheit zu geben diese zu reflektieren.

4.12 PCK von *Inquiry*

Wie muss Unterricht aussehen, der *Scientific Literacy* fördert? Die Grundlage für *Scientific Literacy* sind adäquate Ansichten über die Natur der Naturwissenschaften (siehe Abschnitt 4.7).

Aus dem TPK&S Modell wird die Ansicht gewonnen, dass Unterricht auf der Ebene von Themen stattfindet und dass diese Themen als TSPK Wissen erfassbar und darstellbar werden und dabei nicht idiosynkratisch und nicht abhängig vom Kontext des Unterrichtsgeschehens sind (Gess-Newsome, 2015). Das bedeutet auch für den Unterricht mit und über *Inquiry*, dass es ein erlern- und vermittelbares Set an zentralen Inhalten und damit verbundenen Ansichten darüber wie Wissenschaft zu ihren Erkenntnissen kommt und wie dieses Wissen charakterisiert ist geben muss. Überlegt man welche Inhalte diese Erkenntnisse vermitteln können, ist es natürlich eine Option NOS-Inhalte explizit zu unterrichten. Andererseits können, wie Mayer (2007) ausführt, wissenschaftliche Untersuchungen und wissenschaftliches Denken, wie sie etwa die kognitiven Aktivitäten wahren authentischem *Inquiry*-Unterricht darstellen, zu verbessertem Wissenschaftsverständnis und Erkenntnissen über die Natur der Naturwissenschaften führen (siehe Abschnitt 4.5). Anbieten würden sich etwa die *Abilities necessary to DO inquiry* von Bybee (2006)

- Fragen identifizieren, die auch wirklich durch wissenschaftliche Untersuchung beantwortet werden können.
- Eine wissenschaftliche Untersuchung entwerfen und durchführen.
- Den Gebrauch adäquater Instrumente und Methoden um Daten zu sammeln, zu analysieren und zu interpretieren.
- Kritisches und logisches Denken um Zusammenhänge zwischen Beweisen und Erklärungen herzustellen.
- Erkennen und Analysieren alternativer Erklärungen und Vorhersagen.
- Kommunizieren von wissenschaftlichen Vorgehensweisen und Erklärungen.

Oder wie bei Chin und Malhotra (2002) wo diese als kognitive Prozesse authentischer Forschung dargestellt sind:

- Generating Research Questions
- Designing studies to adress these questions (selecting variables, planning procedures, controlling variables, planning measures)
- Making observations
- Explaining results (transforming observations, finding flaws, indirect reasoning, generalizations, types of reasoning)
- Developing theories (level of theory, coordinating results from multiple studies)
- Studying research reports

Erstrebenswert wäre es, wenn LehrerInnen PCK darüber aufbauen könnten, warum diese Aktivitäten effektive Lernumgebungen schaffen und etwa welches NOS Wissen sie vermitteln.

5. Erhebungsrahmen

5.1 Die Lehrveranstaltung

Die Datenerhebung fand im Rahmen eines drei Semesterwochenstunden (4ECTS) umfassenden Seminars statt. Diese Lehrveranstaltung ist eine von drei zur Wahl stehenden Pflichtlehrveranstaltungen, die als Interdisziplinäres Projektpraktikum ausgewiesen und laut Studienplan im zweiten Abschnitt des Lehramtsstudiums „Biologie und Umweltkunde“ zu absolvieren sind:⁷

300473 PP Interdisziplinäres Projektpraktikum LA-BU: Forschendes Lernen (2014W): Authentisches Forschendes Lernen im Wissenschaftsfeld der Forensischen Palynologie

LV-Leiterinnen: Mag.^a Heidemarie Amon und Mag.^a Christine Heidinger.

Ziele, Inhalte und Methode der Lehrveranstaltung⁸

Das Thema der Lehrveranstaltung ist Projektunterricht zum Forschenden Lernen (Inquiry) in der angewandten Palynologie. Die LV ist vernetzt mit dem Projekt KiP: <http://aeccbio.univie.ac.at/kip>. Fachwissenschaftlerinnen vom Department für Strukturelle und Funktionelle Botanik, eine Biologiedidaktikerin und eine Biologielehrerin zeigen welche Möglichkeiten dieses Fachthema zum forschenden Lernen bietet. In Tandems planen, entwickeln und evaluieren Studierende ein Projekt in einer realen Schulklasse mit einer erfahrenen Lehrerin oder einem erfahrenen Lehrer. Dabei werden Sie von den Lehrveranstaltungsleiterinnen unterstützt. Dies geschieht in den Plenarveranstaltungen und in persönlichem Coaching. Die Studierenden präsentieren am Ende des Projekts ihre Ergebnisse und diskutieren diese mit Kolleg_innen, Lehrer_innen und den Wissenschaftlerinnen. Es spricht nichts dagegen, dass das Projektpraktikum als eine nützliche Vorarbeit für eine spätere biologiedidaktische Diplomarbeit genutzt wird.

- Kennen lernen zweier wichtiger Konzepte für den Biologieunterricht: Inquiry Learning & Nature of Science
- Palynologie als fruchtbares Unterrichtsthema entdecken

⁷ Stand: 2015

⁸ <https://ufind.univie.ac.at/de/course.html?lv=300473&semester=2014W>

- Entwicklung einer projektorientierten Unterrichtssequenz mit fachdidaktischer und kollegialer Unterstützung sowie in Zusammenarbeit mit Lehrer_innen und Fachwissenschaftler_innen
- Umsetzung des Konzepts in der Schulpraxis (in Kooperation mit einer/m Lehrer_in).
- Erprobung, Reflexion und Evaluation des eigenen Unterrichts

Durchgeführt wurde die Lehrveranstaltung mit 20 TeilnehmerInnen in Tandems, die von 10 kooperierenden LehrerInnen betreut wurden und in den Schulklassen dieser LehrerInnen ihre geplanten Projekte durchführen konnten. Umfang der Projekte waren je 3 Doppelstunden. In den Seminarteilen wurden die Studierenden zunächst aufgefordert im Bereich der Palynologie selbst eine Forschungsfrage zu bearbeiten. Unterstützt wurde dies durch die Palynologin Mag.^a Silvia Ulrich vom Department für Strukturelle und Funktionelle Botanik der Universität Wien, die während einer Seminareinheit als Expertin zur Verfügung stand. Die Studierenden wurden im Rahmen des Seminars außerdem in den Lehr-/Lernansatz des Authentischen Forschenden Lernens eingeführt und konnten ihre Projekte planen. Weiters wurde die Durchführung der Projekte unter fachdidaktischer Anleitung der Lehrveranstaltungsleiterinnen begleitet (vgl. KiP3 Endbericht, 2015).

5.2 Hintergrund der Lehrveranstaltung

Entstanden ist der Hintergrund der LV im Rahmen des Projekts Kids-Participation-in-Research (vgl. Heidinger & Radits, 2012). Aus den Bio-KiPs, die hauptsächlich im Rahmen von *Students-Scientist-Partnerships* stattfanden, um NOS-Inhalte und -Kompetenzen zu vermitteln:

„In den Bio-KiPs werden SchülerInnen in authentische Praktiken einer naturwissenschaftlichen Disziplin (z.B. der Meeresbiologie) eingebunden, indem sie direkt mit einem/r Biowissenschaftler/in in seinem/ihrem Forschungsfeld zusammenarbeiten. Gleichzeitig wird versucht, die Lernumgebung authentisch im Hinblick auf die Selbstbestimmung und Sichtweisen der Lernenden u.a. so zu gestalten, dass SchülerInnen im Forschungsfeld der WissenschaftlerInnen eigenen Forschungsfragen nachgehen können.“ (Projektbeschreibung KiP3, 2011).

Da solche Kooperationen aber naturgemäß nicht flächendeckend zur Verfügung stehen, war das Ziel niederschwellige Lernumgebungen abzuleiten, wobei Erkenntnisse und Elemente der Bio-KiP-Kooperationen im KiP3 Projekt in die Entwicklung sogenannter „KiP-Lernaufgaben“ zum Authentischen Forschenden Lernen im Biologieunterricht eingeflossen sind, etwa die reale Forschungstätigkeit der beteiligten BiowissenschaftlerInnen. Dabei werden die Lernumgebungen um

den Faktor der direkten Teilnahme an biowissenschaftlicher Forschung reduziert, aber der Anspruch authentische Praktiken dieser Forschung abzubilden bleibt bestehen (ebd.). Legitimiert wird dieser Ansatz durch das Simulationsmodell authentischer Praktiken nach Hay & Barab (2001) sowie durch den Ansatz der authentischen Modellierung kognitiver Aktivitäten von NaturwissenschaftlerInnen nach Chin und Malhotra (2002).

5.3 Aufbau der Lehrveranstaltung

Als direktes Produkt des KiP3-Projektes steht diese Lehrveranstaltung in Verbindung mit dem als KiP-Lernaufgabe entwickelten PROFILES-Modul⁹ „Pollen im Zeugenstand“ (Heidinger et al. 2014). Die drei in der Folge beschriebenen Einheiten wurden im Sinne des „*Experimental Learning*“ in der LehrerInnenausbildung (Behr & Temmen, 2012; Kolb & Kolb, 2005) mit den StudentInnen durchgeführt, um ihnen einen Eindruck von Authentischem Forschenden Lernen zu vermitteln, bevor ihnen der theoretische Ansatz explizit als Reflexion der palynologischen Forschungsarbeit hinsichtlich der fachdidaktischen Themenbereiche „Forschendes Lernen und „Nature of Science“ vorgestellt wurde (Heidinger et al., 2014).

Das Modul umfasst drei Einheiten (nach Heidinger et al., 2014):

1. Einheit: Den Lernenden wird ein Gutachten über die Sortenreinheit eines Sonnenblumenhonigs präsentiert. Dies stellt eine authentische Situation aus dem Tätigkeitsfeld der Palynologie dar, denn hier soll ein Betrugsversuch aufgedeckt werden. Unterstützt wird die Behauptung durch ein Pollenspektrum, das aus dem fraglichen Honig gewonnen wurde, welches deutlich zeigt, dass der *Asteracea*-Pollen-Anteil deutlich unter dem vom Lebensmittelgesetz vorgeschriebenen Wert liegt. Die Argumentation der Wissenschaftlerin, dass über die Zusammensetzung des Pollens die Sortenreinheit festgestellt werden kann, soll von den Lernenden nachvollzogen werden. Hintergrund dieser Aufgabe ist es, den Rahmen für die nötige Aneignung von Grundlagenwissen über Pollen zu bilden, denn ohne das nötige Hintergrundwissen etwa zur Aufgabe und zu Verbreitung des Pollens, wie Honig überhaupt entsteht, oder wie er von der Wabe in den Einzelhandel gelangt, kann diese Frage nicht beantwortet werden. Hier liegt der Fokus auf Eigenrecherche, Interaktion und Diskussion mit den MitschülerInnen und der Lehrperson.

⁹ http://www.profiles-project.eu/cms_profiles

2. Einheit: Die Lernenden erfahren hier, wie PalynologInnen zu ihren Erkenntnissen kommen, indem sie selbst in die Rolle der Untersuchungsleitung schlüpfen und mit den Methoden der Palynologie versuchen die Sortenreinheit von Honig zu überprüfen. Die erste Herausforderung ist, eine passende Methode dafür zu entwickeln, die Pollenkörner im Honig zugänglich, bestimm- und auszählbar zu machen um ein Pollenprofil erstellen zu können. Während die SchülerInnen ihr Vorgehen planen und ihre Methode entwickeln, nimmt die Lehrperson die Rolle eines Coaches ein, der gegebenenfalls Problemlösungsstrategien anbietet, die sich in der Palynologie bewährt haben. Wichtig ist, aber in dieser Phase, dass die SchülerInnen freie Hand haben ihre Ansätze auf Brauchbarkeit zu testen und ihre Ansichten im gegenseitigen Austausch in der Gruppe auszuhandeln. Die Lösung des Problems ist erwiesenermaßen im Bereich des Machbaren für eine SchülerInnengruppe, mit den Mitteln, die üblicherweise in der Schule zur Verfügung stehen.

3. Einheit: Die letzte Einheit steht im Zeichen des Transfers des erarbeiteten Wissens – vorrangig Erstellung und Interpretation eines Pollenspektrums – auf andere Anwendungsfelder innerhalb der Palynologie. Beispiele sind die forensische Aufklärung von Verbrechen oder Klimaforschung und Rekonstruktion von Vegetationszonen. Relevante kognitive Aktivitäten umfassen hier das Erkennen der Anwendbarkeit der Methode, bzw. warum sie in diesem Zusammenhang funktioniert, aber auch was die Grenzen sind und das Verstehen der Vorgänge wie PalynologInnen zu gesichertem Wissen kommen.

6. Methoden

6.1 Evaluationsforschung

Bortz & Döhring (2002) verorten Evaluationsforschung als einen Teilbereich empirischer Forschung, die eine Maßnahme oder Intervention (z.B. Seminare, Fortbildungen und andere Lernangebote) hinsichtlich ihrer Auswirkungen überprüft und bewertet. Letzteres vor allem dann, wenn bereits ein Entwurf vorliegt oder ein Durchlauf der zu evaluierenden Maßnahme stattgefunden hat (und dokumentiert wurde). Jede Maßnahme, in diesem Fall eine Lehrveranstaltung, ist mit Wirkhypothesen verknüpft. Evaluationsforschung ist damit immer auch hypothesenprüfend indem sie diese Wirkhypothesen überprüft (ebd.)

6.1.1 Entwicklungsorientierte Evaluationsforschung

In der Biologiedidaktik kristallisieren sich Fragen heraus, die unterschiedliche Bereiche und Ebenen betreffen. Empirische Untersuchungen, die den Inhalt und Struktur eines Gegenstandsbereichs und den Faktoren, die auf diesen Bereich wirken, sowie Fragen nach den Beziehungen und Gesetzmäßigkeiten dieser einwirkenden Faktoren stehen Fragen der Anwendbarkeit, Nutzen und Umsetzung in der Praxis gegenüber. Ziel der Praxis ist es Unterstützung in konkreten Unterrichtssituationen zu schaffen, auf dem Weg dahin steht die Entwicklung von Lernangeboten auf Basis der Grundlagenforschung (Krüger, 2003). Evaluationsforschung ist die Überprüfung einer Maßnahme, hinsichtlich dessen ob die Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung umgesetzt werden (Bortz & Döhring, 2002). Mit Hilfe empirischer Forschungsmethoden werden Aspekte der Implementierung und der Wirksamkeit eines Lehrangebots bewertet, mit dem Ziel einer Verbesserung der Auswirkungen auf die Lernenden zu erreichen. In diesem Sinne ist eine solche Evaluationsforschung entwicklungsorientiert und stellt somit einen Rahmen dar, in dem theoretisch fundierte Entwicklung eines Lernangebotes und dessen Optimierung beforscht werden, sowie dessen Wirkung empirisch erfasst und überprüft werden kann (Krüger, 2003).

6.1.2 Summative Evaluation

Summative Evaluation beurteilt zusammenfassend die Wirksamkeit einer Intervention. Die Hypothesenprüfung findet anhand von operationalisierten, theoriebasierenden Kriterien statt, nachdem die zu evaluierende Maßnahme durchgeführt wurde (Bortz & Döhring, 2002). Ziel ist nicht mehr, wie etwa bei der formativen Evaluation, die Entwicklung einer Maßnahme, sondern die

Betrachtung der dokumentierten Entwicklungen, die ohne die Intervention nicht stattgefunden hätten (Krüger, 2003). Die Betrachtung der Ergebnisse stellt Wirkungsfragen (Werden die angestrebten Ziele erreicht? Was sind unerwünschte Wirkungen und beeinträchtigende Faktoren? Welche Maßnahme ist hinsichtlich der Vermittlung die optimale?) und gibt im Rahmen der summativen Evaluation Aufschluss über die Substanz der Hypothesen, die im Zusammenhang mit der Theorie entwickelt wurden (ebd.).

6.1.3 Fallstudien

Wie Bortz & Döhring (2002) anmerken, können die in quantitativen Evaluationsstudien erhobenen Effekte oft nicht repliziert werden somit kann die Aussagekraft solcher Ergebnisse in Frage gestellt werden. Um Maßnahmen zu evaluieren bieten sich deshalb qualitative Fallstudien an, vor allem wenn die Auswirkungen solcher Maßnahmen sehr komplex sind und eine quantitative Indikator-operationalisierung zu simplifizierend ist und Effekte bestenfalls verkürzt abbildet. Bortz & Döhring (2002) sehen in solchen Fällen die quantitative Beforschung von der Maßnahme betroffener Personen als zielführender. Quantitative Forschung will erklären und allgemeine Prinzipien erkennen und Regeln und Gesetze aufstellen und in der Vereinfachung menschlicher Komplexität in variablen Zusammenhänge frei von Nebeneffekten erkennen können (Krüger, 2003). Gerade wenn mit unerwarteten Nebeneffekten zu rechnen ist (Bortz & Döhring), die die qualitative Forschung inherent erwartet, bietet sie sich als Forschungsmethode an. Anzumerken ist, dass die interne und externe Validität solcher Studien naturgemäß eingeschränkt ist (Bortz & Döhring, 2002) und der Vorwurf der fehlenden Verallgemeinerbarkeit durch fehlende kontrollierte Stichprobenziehungen steht im Raum (Krüger, 2003).

6.2 Datenerhebung

Die Datenerhebung fand auf mehreren Ebenen statt. Im Sinne des Evaluationsgedankens lag der Fokus auf der Analyse der *Outcomes* der Studierenden. Ziel war die möglichst breite Erhebung dessen, ob die Studierenden die im Kurs behandelten Inhalte als wichtige Vermittlungsziele erachtet werden und wie und ob die Inputs aus der Lehrveranstaltung in ihren Projekten umgesetzt wurden. Deshalb wurde vorab erhoben (N=6), welche Kerninhalte sie der Palynologie hinsichtlich Vermittlung von Fachinhalten, Methodik und Aussagen über Wissenschaftsverständnis zuordnen. Als weitere *Outcomes* wurden die Stundenplanungen (N=6) der Studierenden betrachtet, hinsichtlich weiterer expliziter und impliziter Vermittlungsziele. Abschließend wurden mit drei freiwilligen Zweiergruppen

Interviews durchgeführt und somit nähert sich im Umfang der Abbildungsdichte einer Fallstudienmenge von N=3.

6.2.1 Erhebung der „Big Ideas“ bzw. zentraler Vermittlungsinhalte.

Die Stärken bezüglich der CoRes hinsichtlich Erfassung von TSPK und PCK von LehrerInnen wurden bereits in Kapitel (PCK) erläutert. Um das TSPK der Studierenden hinsichtlich den palynologischen Fachinhalten und der Palynologie als Wissenschaft (*Inquiry*) erheben zu können wurden mit den Studierendengruppen jeweils CoRes (Loughran 2006, 2012) erstellt. PCK entsteht vor allem durch und während Planung und Durchführung von Unterrichtsstunden, der Anpassung ihrer Instruktionen an die Bedürfnisse der SchülerInnen und der Reflektion über ihren Unterricht (Shulman 1986, Abd-El-Khalick 2006, Loughran 2012). Weil die Studierenden zum Zeitpunkt der Erhebung (unmittelbar nach dem Interventionsteil des Kurses und vor der Durchführung ihrer Projekte) noch nicht zu Palynologie unterrichtet hatten, waren keine ausführlichen Inhalte hinsichtlich persönlichem PCK zu erwarten. Deshalb wurden die CoRes vereinfacht und die Studierenden wurden gebeten Die Big Ideas, die die Palynologie als wissenschaftliche Disziplin vermitteln kann als Vermittlungsziele zu formulieren. Um ein Bild ihres formalen PCK/TSPK und der *Beliefs*, die sie zur Aufnahme dieser Aspekte in ihre Projekte veranlasst haben zu erhalten, wurden sie gebeten zu formulieren ob und wie diese ihre Projekte beeinflussen. CoRes werden üblicherweise in Gruppendiskussionen erstellt um zu formalem PCK/TSPK verschiedener Inhalte zu gelangen, hier wurden die CoRes in einer Diskussion mit den Studierendentandems durchgeführt. Als Referenzrahmen wurde auf dieselbe Weise mit den LV-Leiterinnen ebenfalls eine Liste der Big Ideas, die als Vermittlungsziele des Kurses gelten können erstellt.

6.2.2 Unterrichtsplanungen

Anforderung an die Studierenden-Teams war es unter anderem ihre Projekte zu dokumentieren und aufzuschlüsseln, wie die einzelnen Stunden strukturiert wurden. Diese Unterrichtsentwürfe wurden von den Studierenden größtenteils im Format der üblicherweise in Kursen geforderten Stundenbilder strukturiert, jedoch wurden dabei nicht immer die Ziele der jeweiligen Aktivitäten explizit angegeben.

6.2.3 Interviews

Um der unterschiedlichen Natur von TSPK und PCK gerecht zu werden, bzw. um persönliches PCK und die *Beliefs* und Einstellungen zur Unterrichtsmethode *Inquiry* erfassen zu können wurden

abschließend Interviews durchgeführt, in denen die Studierenden ähnlich den PaP-eRs von Loughran et al. (2004, 2012) von ihren Unterrichtseinheiten berichten sollten. Aus Zeit- und Termingründen wurden beide Erhebungen mit jeder Gruppe an zwei Terminen zu je etwa 60 bis 90 Minuten in Form von Interviews durchgeführt (Interviewleitfaden und Interviews im Anhang). Während der Interviews wurden die Studierenden neben der Beschreibung ihrer durchgeführten Unterrichtstätigkeit gebeten zu reflektieren, in welchem Umfang jene kognitiven Aktivitäten stattgefunden haben, die in der Literatur authentische *Inquiry*-Vorgänge charakterisieren und zu ihren Erfahrungen mit und Einstellungen gegenüber der Unterrichtsmethode befragt.

6.3 Datenaufbereitung und Datenauswertung

6.3.1 CoRes

Die verkürzten CoRes (N=6) wurden analysiert hinsichtlich der Big Ideas, die die Studierenden a) bezüglich der Fachinhalte, die der Palynologie zugrunde liegen b) der methodischen und wissenschaftstheoretischen Eigenheiten, die die Palynologie ausmachen, erworben haben und warum diese Inhalte wichtig bei der Vermittlung des Themas Palynologie sind. Ziel war es TSPK zu erfassen und so den Wissenszuwachs hinsichtlich des Inhalts aber auch des Wissenschaftsverständnis zu dokumentieren. Um gegebenenfalls Aussagen treffen zu können welche Inhalte die LV vermittelt hat und wo es noch Verbesserungspotential gibt.

6.3.2 Unterrichtsplanungen

Die Stundenplanungen (N=6) der einzelnen Gruppen wurden zur einfacheren Analyse in erkennbare Unterrichtsphasen unterteilt. Dabei wurden die Aktivitäten der SchülerInnen während dieser Phasen beschrieben. Anschließend wurden diese Beschreibungen analysiert hinsichtlich dessen a) wie sich die konkreten Phasen einteilen und benennen lassen, b) der konkreten Inhalte der Phasen und c) der zugrundeliegenden Intentionen und Ziele der Studierenden, z.B.: Wie kann man diese Aktivität kategorisieren? Welche kognitiven *Outcomes* kann man davon erwarten? Dient die Aktivität der Vermittlung von Fachinhalten oder Fertigkeiten? Zielt sie auf das Vermitteln von Wissenschaftsverständnis ab? Welchen Zusammenhang haben die Aktivitäten mit den konkreten Vermittlungszielen der Lehrveranstaltung?

6.3.3 Interviews

Die Tonaufnahmen der Interviews (N=3) wurden transkribiert (auf Redigieren wurde verzichtet, da die Aussagen verständlich und nachvollziehbar sind). Dabei handelt es sich um ein Teiltranskript, da für die Fragestellung nicht relevante Segmente, wie Begrüßung oder Abschweifungen nicht inkludiert wurden. Denkpausen wurden nicht explizit dargestellt und gegebenenfalls relevante Gemütsäußerungen stehen in Klammer, z.B. (lacht). Die Transkripte wurden unter Einbeziehung der Unterrichtsplanungen (da manche Stellen der Interviews durch Gedanken aus den Unterrichtsentwürfen verständlicher wurden und umgekehrt) nach den Richtlinien der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2007) ausgewertet. Die Codierung erfolgte induktiv aus dem Textmaterial und deduktiv aus der zugrundeliegenden Theorie.

7. Ergebnisse

Die Ergebnisse wurden unter Berücksichtigung des Bezugs auf a) grundlegendes biologisches Fachwissen, b) Relevanz für die Wissenschaft der Palynologie und ihrer Methoden und c) allgemeines Wissenschaftsverständnis dargestellt.

7.1. Referenzrahmen – Erhebung der Ziele der Lehrveranstaltungsleiterinnen

Der folgende Text setzt sich aus den Inhalten des LVL-Interviews¹⁰ und der Publikation zur PROFILES Aufgabe der Intervention zusammen, auf der der Kurs basiert (Heidinger et al., 2014). Die Grundidee des Kurses ist es, die Lehr-/Lernmethode des authentischen forschenden Lernens vermehrt in den Unterricht zu integrieren. Dabei ist es wichtig einige für die Palynologie wichtige biologische und ökologische Fachideen, als auch Ideen der Forschungsdisziplin zu vermitteln. Die Vermittlungsziele, wurden als „Big Ideas“/Zentrale Inhalte der Palynologie in einem Interview erhoben, wie es auch mit den Studierendengruppen gemacht wurde, ergänzt durch die in der Publikation aus dem KIP Endbericht über das verwendete Modul formulierten Ziele. Abgebildet werden soll ein holistisches Bild der Ziele der LV in Bezug auf a) grundlegendes biologisches Fachwissen, b) Relevanz für die Wissenschaft der Palynologie und ihrer Methoden und c) allgemeines Wissenschaftsverständnis. Diese Darstellung soll als Vergleichs-Referenz für die Lernergebnisse der Studierenden gelten, die mit Hilfe der adaptierten CoRes, der Analyse der Unterrichtsentwürfe und den Interviews erfasst wurden.

Fachliche Konzepte:

Als grundlegendes Konzept findet sich natürlich die sexuelle Fortpflanzung der Pflanzen und Pollen als sexuelle Vermehrungseinheit. An diesem Konzept hängen einige weitere Überlegungen, die man in diesem Kontext vermitteln könnte, wie etwa: Warum ist sexuelle Vermehrung von Bedeutung? Blütenökologische Aspekte und nicht zuletzt, damit die SchülerInnen auch sehen, dass Pflanzen ebenfalls sexuelle Vermehrung haben. Ein weiterer Aspekt der hier anschließt sind die physischen Eigenschaften des Pollens. Pollen hat einen bestimmten Aufbau, der einen Grund hat. Intine und Exine, beide dieser Schichten haben bestimmte Funktionen, die für das Projekt wichtig sind. Da der Pollen eine biologische Funktion hat, ergibt sich daraus auch ein typischer Aufbau, der abhängig ist von Übertragungsart, Umwelt, ökologischen Faktoren, physikochemischen, mechanischen und biologischen Einflüssen. Wenn man etwa betrachtet wie sich die Übertragungsart auf das Erscheinungsbild des Pollens auswirkt, erkennt man oft Oberflächenvergrößerungen wie Stacheln und unterschiedliche Luftsackausprägungen. Das führt zu der

¹⁰ Das vollständige Transkript des Interviews findet sich im Anhang.

Erkenntnis, dass es unterschiedliche Übertragungsarten für den Pollen gibt. Während bei der Windbestäubung verhältnismäßig viele Pollen nötig sind, was auch Implikationen für die Blütenbiologie hat, wird bei Insektenbestäubten Blüten auch der Aspekt der Ko-Evolution von Blütenpflanzen und Insekten sichtbar. Evident wird auch, dass hier Energie in Nektar und andere Lockstoffe bzw. Angebote an die Insekten investiert werden muss. All die Eigenschaften des Pollens, die sich auch auf das Aussehen auswirken, machen den Pollen verschiedener Pflanzenarten differenzierbar:

„Über die charakteristische Struktur und Ornamentierung der Pollenwand sowie die Anzahl und Art der Keimöffnungen kann der Pollen bestimmten Pflanzengruppen, in manchen Fällen einer bestimmten Pflanzenart, zugeordnet werden.“ (Heidinger et al. 20014, S. 328).

Wodurch distinkte Pollenprofile auch bestimmten Standorten, Jahreszeiten oder Zeitperioden zugeordnet werden können:

„Die unterschiedlichen Verbreitungsstrategien von Pollen (bei windblütigen Pflanzen über mehrere bis hunderte Kilometer, bei tierblütigen Pflanzen nur sehr lokal) führen zu sehr spezifischen Pollenansammlungen an unterschiedlichen Orten.“ (Heidinger et al. 20014, S. 328).

Besonders diese beiden Umstände sind für die palynologische Anwendung wichtig. Eine weitere, vor allem für die forensische Palynologie wichtige Eigenschaft des Pollens ist die lange Haltbarkeit von Pollen. Vor allem in Abwesenheit von Bakterien, ist Pollen nicht so einfach zerstörbar, nicht einmal durch Feuer. Das ist natürlich vom evolutionären Standpunkt wichtig, weil das Erbgut geschützt werden muss, andererseits ist die Kombination aus Unzerstörbarkeit und der geringen, mit dem freien Auge nicht sichtbaren Größe des Pollens wichtig für die Forensik. Pollen ist überall und weil er auf passive Verbreitung angewiesen ist und deshalb oft Haftorgane besitzt, wird man ihn so gut wie nicht los und er findet sich auch in der Kleidung und den Haaren wieder, wovon Täter keine Ahnung haben.

Ein weiterer Arbeitsbereich der Palynologie ist die Sortenreinheit von Honig und deren Überprüfung. Bei der Honigerzeugung gibt es Standards, die unter anderem durch die Imkervereinigung festgelegt ist. Dabei spielen physikalische, chemische, aber auch der prozentuelle Anteil von Pollen eine Rolle, wenn es um Sortenbezeichnungen geht. Pollen kommt dabei zufällig in den Honig. Bienen geraten bei der Nektargewinnung in Kontakt mit den Pollen, wobei sie blütenstet sind, was natürlich Sinn macht, wenn es um die erfolgreiche Bestäubung geht. Insbesondere teure Honigsorten sind gerne Ziele von Fälschungsversuchen. Neben der Überprüfung der Sortenreinheit sind Herkunftsbestimmungen wichtig, wie beispielsweise der große US-Import-Skandal oder dem Importverbot der EU für Honig aus China, weil dieser mit Antibiotika behandelt wurde. China versuchte das Importverbot zu umgehen und verkaufte den

Honig über Indien in die EU – auch hier konnte anhand der Pollenzusammensetzung das wahre Ursprungsland bestimmt werden.

Methodische Konzepte und Wissenschaftstheoretisches Wissen:

Bestimmend ist der Gedanke, dass die forschende Arbeit den SchülerInnen neue Erfahrungen bereitet und andere Blickweisen auf die Biologie als Wissenschaft liefert, wie etwa, dass sie nicht nur Wissensbestand ist, der gelernt werden muss, sondern auch kritisch betrachtet werden kann:

„[...]gleichzeitig und da sind wir beim forschenden Lernen verschränkt mit dem Inhalt, aber da werden dann Themen thematisiert, die sonst nicht auftauchen. Nicht so zack zack, das sind die Fakten, lernt's das und das wird dann nicht einmal hinterfragt. Also da kommen die Schülerinnen dann selber drauf „aber vielleicht ist es gar nicht so“ - wenn du das dann zulässt hast du gleichzeitig eine große Chance.“
(Interview LV Leiterinnen, Zeile 188-191).

Was nicht heißt, dass *Inquiry*-Umgebungen nicht trotzdem zur Vermittlung von Fachwissen heran-gezogen werden kann, entscheidend ist der Gedanke naturwissenschaftliche Inhalte in authentische Kontexte zu stellen:

„Zentrale Charakteristika von naturwissenschaftlicher/biologischer Forschung werden erfahrbar: [die SchülerInnen] erfahren, dass naturwissenschaftliche Konzepte (Wissen über die Fortpflanzung von Pflanzen, etc.) und Forschungsmethoden (Klassifizieren von Pollentypen, Erstellung eines Diagramms, etc.) im Kontext einer konkreten Anwendung eng aufeinander bezogen sind.“ (Heidinger et al., 2014, S. 331).

An konkreten Vermittlungszielen über die Methodik und Vorgehensweise der Palynologie als Wissenschaft steht vorrangig die Aussage, dass das zentrale Instrument der Palynologie das Pollenprofil ist:

„Pollenspektren können nicht nur von Orten, sondern auch von der Kleidung eines Verdächtigen und von Honig erstellt werden.“ (Heidinger et al., 2014, S. 329).

Anhand der Erstellung eines Pollenprofils lernen die SchülerInnen den Prozess kennen, aus dem die Abbildung eines Ausschnitts der Realität hervorgeht und sollen so tieferes Verständnis für diese Art der Darstellung wissenschaftlicher Erkenntnisse aufbauen:

„Die SchülerInnen lernen darüber hinaus an der Arbeit mit dem Pollenspektrum, wie WissenschaftlerInnen mittels Inskriptionen (z.B. Diagramme, Tabellen, Grafiken, etc.) natürliche Phänomene darstellen, um sie sichtbar, überblickbar und interpretierbar zu machen. [...] Lernende

haben oft Schwierigkeiten Inskriptionen natürlicher Phänomene zu verstehen bzw. zu interpretieren. Dies liegt an der fehlenden Vertrautheit mit einem spezifischen Entstehungs- und Anwendungskontext einer Inskription. Der/die Lernende muss sowohl Zugang zum natürlichen Phänomen haben, das in einer Inskription repräsentiert wird, als auch die Schritte nachvollziehen können bzw. selbstständig durchschreiten, auf deren Weg das natürliche Phänomen zur Inskription wird (z.B. vom Honig zum Pollenspektrum). Nur so erhält der/die Lernende Einblick in das Wesen einer Inskription als Repräsentation eines natürlichen Phänomens und erwirbt Kompetenz im Umgang mit Inskriptionen im Allgemeinen (Erstellen, Interpretation, Vergleich und Kritik von Inskriptionen).“ (Heidinger et al., 2014, S. 329).

Egal ob im forensischen Bereich, oder bei der Honig-Analyse wird eine Probe analysiert hinsichtlich der Art der enthaltenen Pollen und deren Anzahl. Das ist nötig um zuverlässige Aussagen treffen zu können. In Honigproben finden sich natürlich in erster Linie tierbestäubte Arten, in forensischen Proben findet man ein breites Spektrum, natürlich vorrangig windbestäubte Arten, abhängig von der Umgebung. Für die Interpretation eines Pollenprofils und um daraus Schlüsse ziehen zu können, ist umfassendes biologisches (Experten-)Wissen erforderlich. Ökologen können etwa sagen, welche Pflanzen zusammen vorkommen, was wiederum wichtige Aussagen über die von der Palynologie zu beantwortenden Fragen zulässt. Die Interpretation ist naturgemäß mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, weil etwa Übertragungsmechanismen nicht eindeutig vorhersehbar sind, aber man kann überprüfbare Thesen aufstellen. Diese Unsicherheit wissenschaftlicher Daten gilt es anzusprechen, aber auch wie Wissenschaft versucht mit dieser Unsicherheit umzugehen:

„Genau also das ist eine starke Limitation der Aussagekraft, die Zuverlässigkeit beim Bestimmen, das zweite ist was kann ich den auf Basis des Profils SICHER aussagen? Da gibt's auch Limitationen auf Basis anderer Unsicherheitsfaktoren. [...] da gilt's halt dann das botanische und ökologische Wissen miteinzubeziehen. Das ist auch eine big idea, die Zuverlässigkeit der Aussage begründen zu können, die man jetzt zieht aus diesem Profil.“ (Interview LV Leiterinnen, Zeile 176-181).

Wenn der Wert und die Wertigkeit des Pollenprofils erkannt wurde, im Hinblick darauf, welche Aussagen mit Hilfe des Pollens getroffen werden können:

„[...] dann ist es leicht [...] das auf unterschiedliche Felder der Palynologie umzulegen. Da sieht man dann auch wie sehr es sich um einen zentralen fachlichen Inhalt handelt. Wenn der verstanden wurde ist es ganz leicht gewesen, das auf die Paläobotanik, Lebensmittelkontrolle, Waldentwicklung,

Vegetationsentwicklung, Klimaveränderung - also die verschiedensten Anwendungsfelder die es gibt [umzulegen].“ (Interview LV Leiterinnen, Zeile 257-261).

Zentral ist, dass die Zusammensetzung des Pollens ein Zeuge für bestimmte Standorte, zu einem bestimmten Zeitpunkt ist und dass das Verstehen dieses Inhalts Transferleistungen erworbener Kompetenzen ermöglicht.

Auf der Ebene grundlegender biologischer Arbeitsweisen werden Beobachtungen durchgeführt, die Lernenden Beschreiben, Bestimmen, Vergleichen:

„Dann gibt’s sicherlich diese typischen Arbeitsweisen der Biologie mit Vergleichen, Bestimmen“ (Interview LV Leiterinnen, Zeile 232).

Untersuchungen müssen geplant werden, hier wird vor allem bei der Honiganalyse eine zentrale Vorgehensweise herausgestrichen, nämlich, dass die Honig-Proben müssen mit Wasser aufbereitet werden, um die Zuckerkristalle zu entfernen:

„Das haben wir sie immer selbstständig machen lassen, da sind sie immer selbst draufgekommen. Und das Zweite ist dann eine zuverlässige Methode der Pollenbestimmung zu entwickeln. Das ist der harte Teil - also diese Entwicklung dorthin sich einzuschauen, dass ich das zuverlässig bestimmen kann.“ (Interview LV Leiterinnen, Zeile 164-167).

Die zuverlässige Bestimmung der Pollen ist ein Prozess der eine Weile dauert und aus den bisherigen Anwendungen der Lerneinheit ergibt sich, dass die Methode des Auszählens mit Millimeterpapier den SchülerInnen oft unwissenschaftlich vorkommt, weil es ein manuelles Abtasten jeder Zeile entlang eines Rasters ist und sie erwarten würden, dass es hier automatisierte Analysen gibt. Dennoch:

„In die Praktiken der Forensischen Palynologie einzusteigen bedeutet im Wesentlichen Pollenspektren erstellen und interpretieren zu lernen. Auf diese zentrale Tätigkeit dieser Wissenschaftsdisziplin will das Modul SchülerInnen hinführen, und ihnen darüber hinaus – über die Reflexion ihres Tuns – zentrale Charakteristika biologischer/naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung näherbringen.“ (Heidinger et al., 2014, S.329).

Das lässt sich auch auf die beabsichtigen Lernziele bei den Studierenden in der LV umlegen, beziehungsweise soll die LV die Studierenden in die Lage versetzen, solche Denkvorgänge bei den SchülerInnen anzuregen. Gerade diese Erfahrungen können aber auch lehrreich sein, im Hinblick auf die Palynologie als Wissenschaft und allgemein darüber, wo die Grenzen der objektiven Wahrheit liegen. Die

Wahrheit zu objektivieren ist nicht immer ganz einfach und hat oft auch Grenzen. Die Frage, die aufgeworfen wird ist: Wie zuverlässig sind wissenschaftliche Aussagen? Im konkreten Fall der Palynologie dargestellt durch die Limitation der Aussagekraft aufgrund der Zuverlässigkeit beim Bestimmen. Eine Kernaussage, die im Rahmen des Moduls erkannt werden kann ist auch die Begründung der Zuverlässigkeit der Aussage, die man aufgrund eines Pollenprofils trifft. Was kann man aufgrund des Pollenprofils *sicher* aussagen? In der Tätigkeit der Palynologen gibt es diese Unsicherheitsfaktoren, die mit botanischem und ökologischem Wissen abgefedert werden müssen. Die Zuverlässigkeit beim Bestimmen, ob etwa das Pollenkorn richtig identifiziert ist, stellt einen Unsicherheitsfaktor dar. Das hat Implikationen dafür, was gesichert Ausgesagt werden kann. Im Kontext von allgemeiner Wissenschaftstheorie kann man dies so formulieren:

„Lernende müssen erfahren, mit welchen Methoden und Praktiken Wissenschaftler danach streben, sicheres Wissen zu generieren und auch an welchen Stellen und warum diese Methoden und Praktiken manchmal versagen.“ (Heidinger et al. 2014, S).

Wissenschaft versucht zu objektivieren, das muss nicht immer gelingen. Ein konkretes Beispiel dafür findet sich als Erlebnis mit den Studierenden, während des Kurses:

„Und das zweite ist der Umgang mit Fehlern, also das Pollenbestimmen, da haben wir das thematisiert. sie würden diesem Ergebnis jetzt niemals vertrauen, die Aufgabe der Palynologie ist aber eine zuverlässige Aussage zu treffen! Welche Schritte muss man denn machen damit ihr eurem Urteil vertraut? Das ist so der positive Umgang mit Fehlern in der Wissenschaft um da immer zu sichereren Aussagen zu kommen, das ist ein wichtiger NOS Aspekt.“ (Interview LV Leiterinnen, Zeile 228-233).

Den Umstand, dass die Objektivierung bei der Betrachtung und Einteilung der Pollen ohne Erfahrung und Übung nicht einfach ist, sehen die LV-Leiterinnen als Lernchance über die Subjektivität von auf diese Art generiertem Wissen. Außerdem findet sich der Aspekt, dass Wissen in einem sozialen Umfeld und durch Diskussion entsteht wieder:

„Das auch innerhalb der Klasse zu diskutieren, das ist schon super. auch diese Sachen zu diskutieren, wo wird es denn "haarig" und warum? Gleichzeitig ist es aber auch, dass nicht einer bestimmt, sondern die ganze Klasse. Der Vorteil darin, im Betrachten und in dem sie miteinander abgleichen relativiert sich vieles“ (Interview LV Leiterinnen, Zeile 184-187).

Ein weiterer Teilaspekt der Arbeit mit dem Pollenspektrum, der Kompetenzerwerb mit Erkenntnis über die Natur wissenschaftlicher Untersuchungen verbinden soll, ist die Arbeit mit Inskriptionen:

„Diagramme sind immer Abbildungen von einem bestimmten Realitätsausschnitt. dahingehend muss ich ziemlich genau wissen welchen Realitätsausschnitt bildet es denn ab, um Schlüsse gelten zu lassen?“
(Interview LV Leiterinnen, Zeile 227-229).

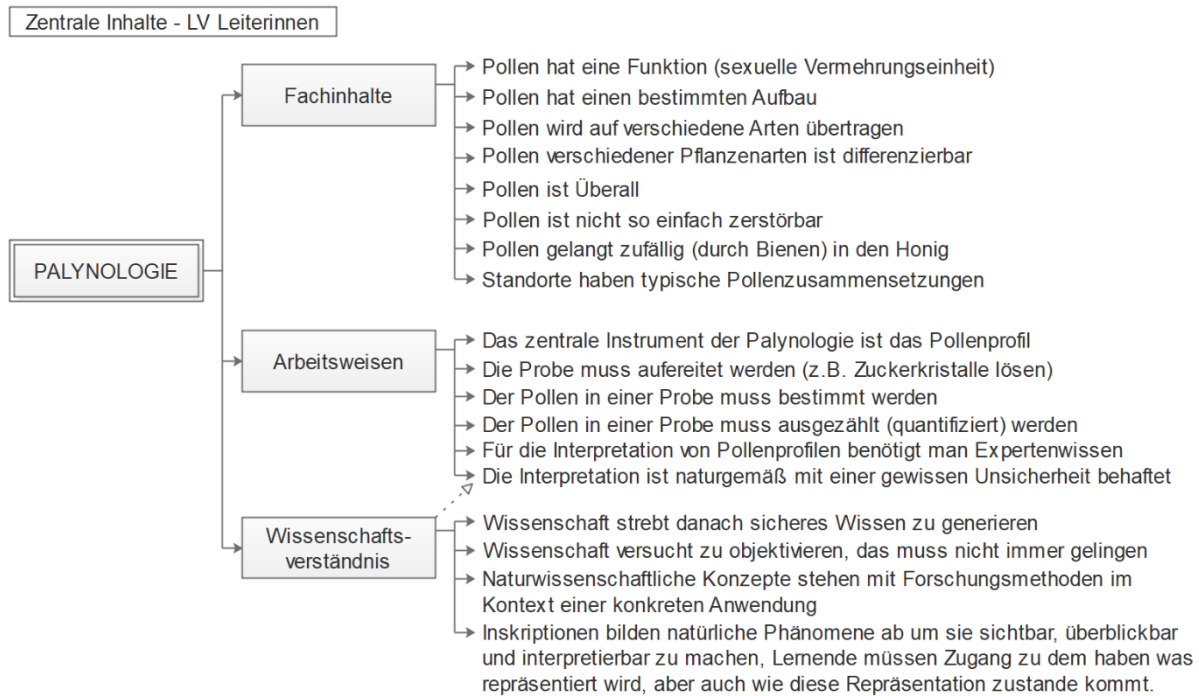


ABBILDUNG 9: ÜBERSICHT DER ZENTRALEN VERMITTLUNGSGEHALTEN DER LV-LEITERINNEN.

7.2. Vermittlungsziele (CoRes) und Unterrichtsentwürfe der Studierendengruppen

Gruppe 1 AHS – 3. Klasse – 28 SS, w:17, m:11

TABELLE 1: VERMITTLUNGSMATERIALIEN GR1

Was sollen die SS darüber wissen?	Warum ist es für Euer Projekt wichtig?
1. Der Pollen dient der Fortpflanzung	
- Die Funktion des Pollen: Er befruchtet eine andere Pflanze der selben Art.	- Der Pollen entsteht irgendwo und wird irgendwo hinbewegt. Alltagsverbindungen könnten Pollenwarnungen sein. Der Pollen ist Teil des Entwicklungszyklus von Pflanzen. - Wenn man Pollen im Mikroskop sieht, muss man verstehen, was das eigentlich ist, wo ordnet man das Beobachtete ein? Warum hat es diese Strukturen?
2. Pollenkörner haben unterschiedliches Aussehen	
- Jede Pflanzenart produziert unterschiedlich aussehenden Pollen. - Die unterschiedliche Oberfläche dient auch dazu, dass sich die Pflanzenarten nur untereinander fortpflanzen können.	- Die SS müssen erkennen, dass Pollenkörner unterschiedlich sind und somit äußerlich unterscheidbar sind und dies Rückschlüsse auf Pflanzenarten möglich sind.
3. Pollen ist widerstandsfähig	
- Pollen kann nicht zerstört werden durch etwa Feuer, wenn nicht gerade Bakterien vorhanden sind bleibt er lange erhalten.	- Wir werden einen Kriminalfall nachstellen, das zu verstehen hilft den SS bei der Lösung.
4. Pollen ist überall	
- Pollen findet man überall, weil er über den Wind verbreitet wird.	- Man findet den Pollen deshalb in den Proben. -
5. Pollen kommt aus Versehen in den Honig	
- Dass die Verbreitung des Pollens ein Zwischenschritt bei der Nahrungsgewinnung der Bienen ist. - Der Pollen landet „falsch“ im Honig.	- Pollen kann im Honig gefunden werden, wir werden unseren Kriminalfall darum herum aufbauen.
6. Pollen können Allergien auslösen	
- Die Vorgänge, die der Pollen im Körper auslöst sollen verstanden werden.	- Wir wollen ein Bewusstsein schaffen dafür, dass Pollen überall in der Luft ist und wie das mit dem Körper zusammenhängt. Man kann das eventuell für den Einstieg benutzen.

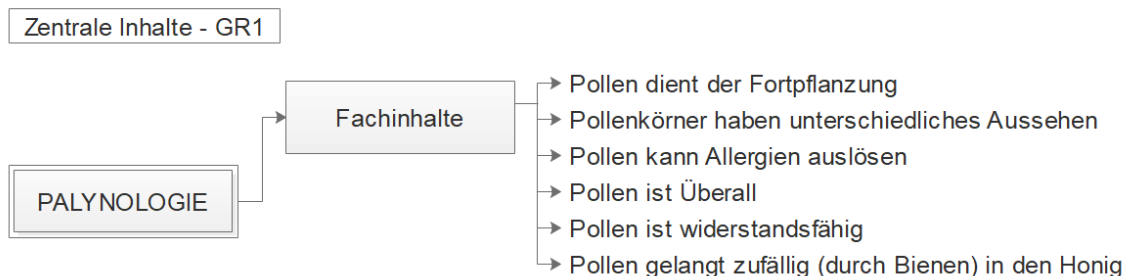


ABBILDUNG 10: ÜBERSICHT DER ZENTRALEN VERMITTLUNGSMATERIALIEN VON GRUPPE 1

Unterrichtsentwurf GR1

Phase: Vorwissen erheben

Methode: Sammeln von Beiträgen mit Karteikarten **Inhalt:** *Was wisst ihr über das Thema „Pollen“ und was wollt ihr wissen?* Die SS schreiben auf Karteikarten, was sie bereits zum Thema „Pollen“ wissen. Basierend darauf werden gezielte Fragestellungen für die letzte Einheit (Wiederholung der Fachinhalte) formuliert.

Phase: Mikroskopieübungen

Methode: praktisches Arbeiten am Mikroskop **Inhalt:** Pollenkörner einer *Amaryllis* werden unter dem Mikroskop betrachtet, mit der Fragestellung: Wie bekomme ich den Pollen unter das Mikroskop und mache ihn sichtbar?

Phase: Forschungsarbeit

Methode: Partnerarbeit **Inhalt:** Im Labor wird eine Pollenanalyse von einem Dreifachmord und einer tatverdächtigen Person durchgeführt – dazu gibt es vier Proben: Basis ist der Sonnenblumenhonig (die Leichen wurden in einem Feld gefunden) – dieser wird mit jeweils verschiedenen Pollenkörnern vermischt. Die SS sollen zeichnen was sie im Mikroskop sehen. Zur Auflösung stehen Abbildungen zur Verfügung.

Phase: Fachinhalte erarbeiten

Methode: Gruppenarbeit und L-S Gespräch **Inhalt:** Die Klasse wird in Gruppen eingeteilt und Fragen werden ausgearbeitet: (*Ziel*) Welche zentralen fachlichen & methodischen Konzepte muss man verstehen, damit man das methodische Vorgehen im gewählten Forschungsfeld nachvollziehen kann? Behandelte Inhalte, die auf der „Vorwissen-erheben“ Phase beruhen: Was ist ein Pollenkorn? Woher kommt es? Pollenanalyse (Mikroskopieren und richtiger Umgang mit dem Material), Kenntnisse über den Pollen: Aussehen (für die Untersuchung wichtig) und Eigenschaften, Datenerhebung und -auswertung.

Gruppe 2

TABELLE 2: VERMITTLUNGSGEHALTE GR2

<i>Was sollen die SS darüber wissen?</i>	<i>Warum ist es für Euer Projekt wichtig?</i>
1. Der Pollen dient der Fortpflanzung	
- Er wird von Blütenpflanzen produziert und ist der männliche Teil der Fortpflanzung, mit der Aufgabe die Eizellen zu befruchten. - Erkennen, dass auch Pflanzen sexuelle Fortpflanzung haben.	- Die SchülerInnen sollen verstehen, dass Pollen ist ein Naturprodukt ist: Er wird von Pflanzen gebildet und hat eine Funktion in der Fortpflanzung.
2. Der Pollen wird in den Antheren produziert	
- Die SchülerInnen sollen die einzelnen Blütenteile ansprechen können.	- Es ist als Vorwissen wichtig, man kann die Funktion des Pollens auch mit anatomischem und blütenökologischem Wissen verbinden.
3. Pollen haben eine bestimmte Oberflächenstruktur und Pollen ist widerstandsfähig	
- Die SchülerInnen sollen erkennen, wie der Pollen aussieht: Dass die Oberflächenstrukturen unterschiedlich sind, aber auch den anatomisch, biologischen Aufbau mit äußerer Schicht und innerer Schicht.	- Weil die Widerstandsfähigkeit des Pollens darauf beruht, wie die Schichten aufgebaut sind. - Die SchülerInnen müssen lernen Artefakte von tatsächlichen Pollen zu unterscheiden. - Außerdem hat es Implikationen für manche Aussagen von Produkten: Beispielsweise ist fraglich, ob Pollen überhaupt verdaut werden kann.
4. Pollen verschiedener Arten sieht unterschiedlich aus	
- Unterschiedliche Blüten/Pflanzenarten produzieren nicht den gleichen Pollen – Pollen ist nicht gleich Pollen. - Das Aussehen hängt mit der Funktion der Übertragung zusammen: Windverbreiteter Pollen sieht anders aus als Insektenverbreiteter. Auch von der Art der Blütenbesucher. - Pollen kann aufgrund der äußeren Erscheinung verschiedenen Pflanzenfamilien zugeordnet werden.	- Wenn die SchülerInnen die Pollenkörner den Pflanzen zuordnen können, können sie damit Aussagen treffen bezüglich den Aufgaben, die sie zu lösen haben.
5. Pollen ist von Bedeutung für Insekten	
- Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem Pollen und Bestäubern: Bienen haben etwa eine bestimmte Körperform und Strukturen, die Pollen behalten und es gibt einen Zusammenhang mit der Pollenoberfläche. - Andere Insekten, z.B. Käfer fressen den Pollen. - Es ist ein fundamentaler Zusammenhang und ein wichtiger, eigentlich Grundlage für des gesamten höheren Lebens.	- Der Pollen der verwendet wird stammt von Bienen. Bienen sammeln von vielen Pflanzen, das ermöglicht die tatsächliche Blütenzusammensetzung zu erfahren. - Die Menge des Pollen ist vom Verbreitungsmechanismus abhängig.
6. Regionen unterscheiden sich in der Zusammensetzung ihrer Pflanzenarten	
- Das hat ökologische Implikationen, jede Lebensgemeinschaft unterscheidet sich aufgrund bestimmter Faktoren. Es gibt einen Zusammenhang zwischen den Landschaften und dem was dort wächst.	- Die Kenntnis der Probenzusammensetzung und der Region wo etwas passiert ist, ermöglicht den Vergleich. -

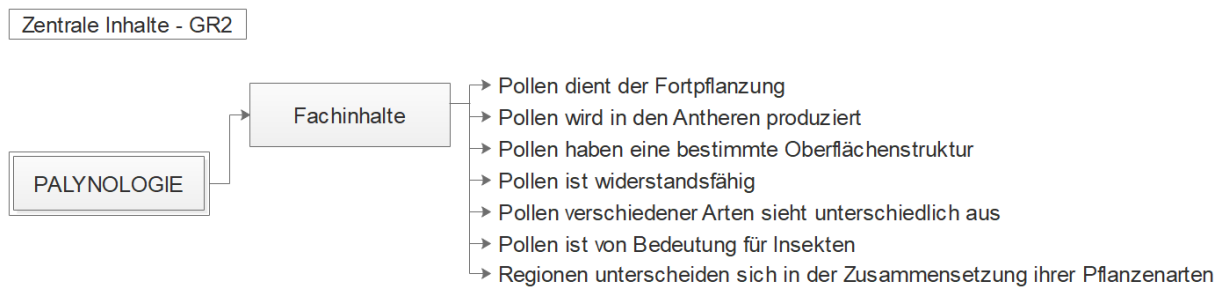


ABBILDUNG 11: ÜBERSICHT DER ZENTRALEN VERMITTLUNGSGEHÄLTEN VON GRUPPE 2

Unterrichtsentwurf GR2

Phase: Einführung

Methode: Lehrervortrag **Inhalt:** Das Projekt wird kurz vorgestellt und es wird besprochen, was in den nächsten 6 Stunden gemacht wird. Die SchülerInnen erfahren, dass es sich um ein Projekt zu Nahrungsergänzungsmitteln und deren tatsächlichen Wirksamkeit handelt. Die SchülerInnen werden in vier Gruppen eingeteilt.

Phase: Fachinhalte erarbeiten

Methode: Gruppenarbeit, „Expertenvortrag“ **Inhalt:** Die vier Gruppen sollen anhand von Leitfragen zu je einem der folgenden Themen recherchieren:

„Pollen“ (Was ist Pollen? Wo wird der Pollen gebildet? Wie sind die Pollenkörner aufgebaut? Was macht Pollen so widerstandsfähig? Welche Funktion haben die Pollenkörner in der Natur? Welche Bedeutung hat der Pollen für Pflanzen und Insekten?)

„Palynologie“ (Womit beschäftigt sie sich? Welche Forschungsfelder gibt es? Welche Methoden werden verwendet? Beschreibe ein Forschungsfeld genauer!)

„Die Rolle der Wissenschaft“ (Welche Kriterien zeichnet wissenschaftliches Arbeiten aus? Beschreibt den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess anhand eines Beispiels! Welche Forschungsmethoden werden in der empirischen naturwissenschaftlichen Forschung angewandt? Wieso ist wissenschaftliche Forschung für die Medizin von Bedeutung? Nennt einige Geräte, welche in der naturwissenschaftlichen Forschung oft verwendet werden! In welcher Form werden die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung verbreitet?)

„Nahrungsergänzungsmittel“ (Wie werden Nahrungsergänzungsmittel offiziell definiert? Was ist der Unterschied zwischen Nahrungsergänzungsmitteln und Arzneimitteln? Welche Informationen müssen auf der Verpackung für den Konsumenten ersichtlich sein? Inhaltsstoffe: Was kann drinnen sein in NEM? Inwiefern wirken sich Nahrungsergänzungsmittel auf die Gesundheit aus? Sind sie nötig, um gesund zu bleiben? Können sie bestimmte Krankheiten heilen?)

Anschließend werden die Ergebnisse anhand von Plakaten und eines kurzen Vortrags dazu präsentiert. Zu den Vorträgen müssen von den anderen Gruppen Mitschriften und Protokolle erstellt werden, damit alle SchülerInnen auf ähnlichen Wissensstand gelangen.

Phase: Forschungsarbeit

Methode: Gruppenarbeit, Mikroskopie in Einzelarbeit **Inhalt:** Werbung für ein Nahrungsergänzungsmittel aus einem Magazin (eine Doppelseite) wird den SchülerInnen zu lesen gegeben, außerdem erhalten sie eine vorgefertigte Tabelle mit lichtmikroskopischen Bildern der angeblich enthaltenen Pollen. Anschließend wird ihnen folgende Aufgabe gegeben: *Die Pollen dieser Tabelle sind laut Produktwerbung in der Pollenmischung enthalten. Überzeuge dich mithilfe des Mikroskops selbst, ob und wie häufig du diese auffindest und ob die Angabe stimmen kann! Falls du andersartige Pollen findest, skizziere sie und zähle ebenfalls deren Häufigkeit!*

Phase: Arbeit mit einer Wissenschaftliche Publikation

Methode: Gruppenarbeit **Inhalt:** Ein wissenschaftlicher Artikel zur Verdaubarkeit von Pollenkörnern wird gelesen und in den Gruppen besprochen. Die SchülerInnen sollen begründen, ob der Artikel Argumente für, oder gegen die Wirksamkeit des Präparates liefert.

Phase: Präsentation der Ergebnisse

Methode: Kurzvortrag, Verfassen einer Begründung **Inhalt:** Die SchülerInnen präsentieren die Ergebnisse der Auszählung der Proben und sollen abschließend einen Leserbrief verfassen, der ihre Erkenntnisse zum Ausdruck bringen und darauf basierend für oder gegen die Wirksamkeit des Nahrungsergänzungsmittels argumentieren soll.

Gruppe 3 (Wahlpflichtfach Klasse: 6./7.)

TABELLE 3: VERMITTLUNGSGEHALTE GR3

<i>Was sollen die SS darüber wissen?</i>	<i>Warum ist es für Euer Projekt wichtig?</i>
1. Pollen dient der Fortpflanzung der Pflanzen	
- Pollen ist die männliche Fortpflanzungseinheit, er entsteht in den männlichen Fortpflanzungsorganen der Blüte. - Kenntnis der Blütenorgane, Vorgang der Befruchtung. - Er ist Grundlage der Pflanzenverbreitung/-ausbreitung. Wie kann ein sessiles Lebewesen sich an verschiedene Orte ausbreiten?	- Weil es je nach Bestäubungsart verschiedene Blütenformen gibt.
2. Pollen hat verschiedene Oberflächen und 3. Pollen ist pflanzenspezifisch	
- Pollenoberflächen haben verschiedene Strukturen, die sie (eindeutig) unterscheidbar machen. Unterschiedliche Pflanzen haben unterschiedliche Pollen. Pollen ist nicht gleich Pollen. - Das ist auch die Grundlage für Allergien. - Es ist auch ein biologischer Mechanismus, der Fremdbestäubung (im Sinne von: Falsche Pflanzenart) verhindert.	- Die SchülerInnen können erkennen von welchen Pflanzenarten der Pollen im Honig stammt, bzw. sie sollen nachvollziehen können von welchen Pflanzen der Pollen im Honig stammt.
4. Pollen ist widerstandsfähig	
- Den Aufbau des Pollens und der Pollenschichten. - Pollen muss überdauerungsfähig sein, weil unmittelbare Befruchtung nicht immer möglich ist. - Wie kann Pollen dennoch zerstört werden? - Pollen kann extreme Situationen/Bedingungen überstehen, das ist von Bedeutung für den Menschen/die Wissenschaft: z.B.: Datierung von Vulkanausbrüchen	- Damit verstanden wird, warum die Acetylyse funktioniert, weil die Hülle übrigbleibt, der Rest (Schmutz, etc.) nicht. - Die Veranschaulichung der Widerstandsfähigkeit ist nicht so einfach.
5. Pollen wird aktiv und passiv verbreitet	
- Nicht nur Bienen, auch andere Insekten verbreiten Pollen. - Außerdem gibt es andere Möglichkeiten, wie: Wind, Wasser,... - Die Verbreitungsmechanismen beeinflussen die Blütenkonstruktion - Naturschutzbewusstsein: Zusammenhang von „Bienensterben“ und Abhängigkeiten des Lebens auf der Erde von diesem Vorgang. - Nicht der Pollen ist das Ziel der Insekten sondern der Nektar (dieser wieder ist ein Lockmittel), Nebeneffekt ist die Verbreitung.	- Um zu verstehen, wie der Pollen in den Honig kommt und warum in bestimmten Honig.
6. Pollen ist überall	
- Nur weil man ihn nicht sieht ist er trotzdem da. - Der Grund dafür ist die Windverbreitung	- Weil er auch passiv verbreitet wird, ist er überall. Außerdem ist und sehr widerstandsfähig und aufgrund dieser beiden Umstände gibt es viele Anwendungen und Bedeutungen für den Menschen (Forensik, Allergien)
7. Honigsorten gibt es aufgrund von Blütentreue	

-	-
---	---

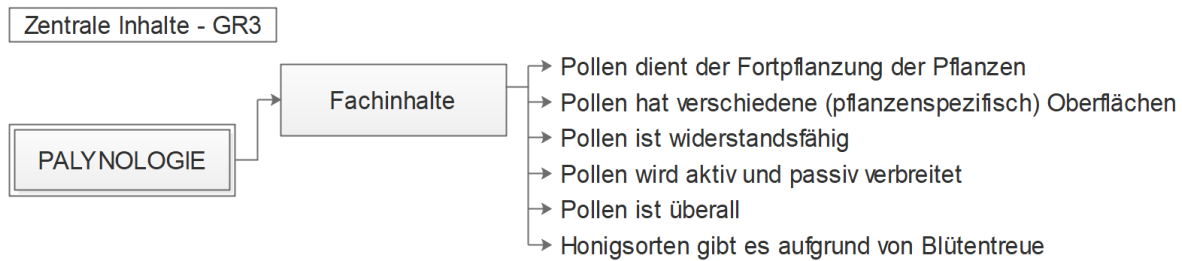


ABBILDUNG 12: ÜBERSICHT DER ZENTRALEN VERMITTLUNGSGEHÄLTEN VON GRUPPE 3

Unterrichtsentwurf GR3

Phase: Einstieg und Erarbeitung des Fachwissens

Methode: L-S Gespräch, Zweiergruppen **Inhalt:** Jede/r SchülerIn bekommt eine Blüte. Zunächst Es wird besprochen, was der Unterschied zwischen Blume und Blüte ist. Anschließend werden die einzelnen Bestandteile der Blüte besprochen. Diese werden mithilfe eines Blütenmodells gezeigt und sollen auch von den SchülerInnen mithilfe der echten Blüten gezeigt werden. Zu diesem Zweck sollen die SchülerInnen zu zweit je eine Blüte so präparieren, dass die Einzelteile voneinander getrennt vorliegen. Eventuell: Hiervon soll anschließend eine Zeichnung angefertigt werden.

Ziele: Die SchülerInnen wiederholen die Blütenbestandteile und deren Bedeutung für die Pflanze kennen. Dies dient als Einführung in das Thema, da sie dieses Hintergrundwissen für die folgenden Schritte brauchen.

Phase: Mikroskopieübungen (Pollen gewinnen, Zeichnen)

Methode: Einzelarbeit, L-S Gespräch **Inhalt:** Mithilfe der jeweils verbliebenen Blüte soll nun Pollen gewonnen werden, und dieser wird anschließend im Mikroskop untersucht und gezeichnet. Die Präparate sollen untereinander ausgetauscht werden (oder es können, wenn genug Zeit bleibt, auch mehrere hergestellt werden), um möglichst viele unterschiedliche Pollen zeichnen zu können. Anschließend werden die Zeichnungen und eventuelle Schwierigkeiten im Plenum besprochen. Ausgehend von den mit diesem Pollen gemachten Erfahrungen wird folgendes in einer Diskussionsrunde mit den SchülerInnen besprochen:

- Wozu dient der Pollen?
- Oberflächenstruktur des Pollens.
- Unterschiede zwischen den verschiedenen Proben- warum sehen Pollenkörner nicht gleich aus?
- Welchen Nutzen könnte der Pollen daher haben?
- Wie kommt der Pollen von einer Pflanze zur nächsten?
- Welche Eigenschaften muss Pollen haben?

Ziele: Sie lernen das Mikroskopieren und Zeichnen von Pollenkörnern kennen, ebenfalls als Vorbereitung. Ebenso wird ihnen bewusst gemacht, dass Pflanzen und Blütenbesucher voneinander abhängig sind und sich im Laufe der Evolution aneinander angepasst haben.

Phase: Besprechen der erarbeiteten Fachinhalte

Methode: Einzelarbeit, L-S Gespräch **Inhalt:** Wer verbreitet Pollen? Zusammenhang zwischen Blütenbesucher und unterschiedlichen Blütenformen. Lockmittel Nektar, Pollen als Nebenprodukt. Bienen produzieren Honig, wie kommt der Pollen in den Honig?

Phase: Forschungsarbeit

Methode: Einzelarbeit, Gruppenarbeit, L-S Gespräch **Inhalt:** Die SchülerInnen werden mit den Rahmenbedingungen der Stunde vertraut gemacht: Sie sind Wissenschaftler in einem Lebensmittellabor und haben soeben einen dringenden Auftrag erhalten: eine Frau ist nach einer extremen allergischen Reaktion auf Honig ins AKH eingeliefert worden. Da die Dame unglücklicherweise außerdem an einer Cortisonallergie leidet, kann dieses nicht verabreicht werden, um dem anaphylaktischen Schock entgegenzuwirken. Aus diesem Grund müssen sie wissen, um welche Art von Honig es sich handelt. Eine Probe der Honigsorte ist vorhanden, die Wissenschaftler müssen nun mithilfe ihres Wissens über Blütenbiologie und Bienen den Honig bestimmen.

Die SchülerInnen sollen im Anschluss selbst versuchen, die Pollen aus dem Honig zu extrahieren. Sollte es zu großen Problemen oder Frustration kommen, wird im Plenum besprochen, welche Lösungsansätze man versuchen könnte. Die Aufgabe ist Beantwortung der Frage: „Kann die Dame gerettet werden?“ Zu diesem Zwecke soll ein Protokoll mit den Ergebnissen verfasst werden.

Ziele: Die SchülerInnen müssen durch Eigeninitiative herausfinden, wie man den Pollen im Honig sichtbar machen kann. Außerdem lernen sie, wie man wissenschaftlich exakt arbeitet, da nur dies zu Ergebnissen führt, die verwendbar sind. Die SchülerInnen lernen, wie sie ihre Ergebnisse auswerten und belegen können.

Phase: Anwendungen der Palynologie

Methode: Zweiergruppen, Kurzvortrag der SS **Inhalt:** Je zwei SchülerInnen erarbeiten in Eigeninitiative jeweils ein Fachgebiet, für das die Palynologie wichtig ist. Mögliche Gebiete sind: Kriminologie, Tehropalynologie, Geopalynologie, Evolutionsforschung, Parmakopalynologie, Heufieberforschung, Forensische Palynologie. Jedes Team stellt die Ergebnisse der Recherche in einer kurzen Präsentation mithilfe des erstellten Posters vor.

Gruppe 4

TABELLE 4: VERMITTLUNGSMATERIAL GR4

Was sollen die SS darüber wissen?	Warum ist es für Euer Projekt wichtig?
1. Pollen wird in den Antheren einer Blüte gebildet	
- Er entsteht durch Zellteilung/Reduktionsteilung	
2. Pollen hat eine natürliche Funktion	
- Pollen dient der Bestäubung; Eine Blüte muss bestäubt werden	- Die SchülerInnen sollen wissen, was die Struktur die sie sehen für eine Funktion hat
3. Pollen muss übertragen werden, das passiert auf verschiedenen Wegen	
- Es gibt Auskunft darüber, wie sich eine Pflanze vermehrt. - Der Pollen muss auf den weiblichen Teil der Blüte gelangen, das passiert auf verschiedene Arten.	- Die SchülerInnen sollen sich fragen: Warum ist der Pollen überhaupt im Honig? Wo finde ich ihn in der Natur?
4. Pollen landet versehentlich im Honig	
- Er kommt von seinem Weg ab durch die Biene. - Pollen wird am Stock abgestreift. - Pollen ist nicht das Ziel der Biene, Übertragung ist aber Ziel der Blüte.	
5. Pollenkörner haben artspezifische Form und Gestalt	
- Warum haben die Pollenkörner unterschiedliche Gestalt (Umgebung/Lebensraum). - Pollen verschiedener Arten kann nicht andere Arten bestäuben. - Gestalt der Pollen hängt auch vom Lebensraum und der Umgebung ab	- Sonnenblumenhonig oder ein bestimmter Honig kann an der Pollenzusammensetzung erkannt werden.
6. Bienen sind Blütentreu	
- Nicht jedes Insekt kann jede Blüte bestäuben.	- Honigsorten entstehen auf natürliche Art und Weise

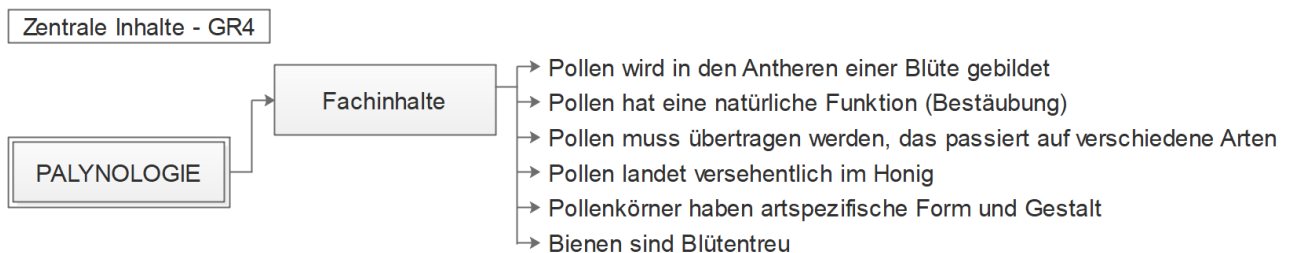


ABBILDUNG 13: ÜBERSICHT DER ZENTRALEN VERMITTLUNGSMATERIAL VON GRUPPE 4

Unterrichtsentwurf GR4:

Phase: Einstieg und erfassen der SchülerInnenvorstellungen

Methode: Frontalunterricht mit offenen Anteilen **Inhalt:** Mit einem Zeitungsartikel („USA decken riesigen Honig-Betrug auf“) soll ein Einstieg in das Thema geschaffen werden. Den SchülerInnen wird die Frage gestellt: „Wie würdet ihr vorgehen, um einen Honig-Betrug zu vermeiden?“.

Die SchülerInnen können unterschiedliche Honigsorten probieren und werden dann mit der Frage konfrontiert: „Wie würdet ihr vorgehen, um sicherzugehen, dass der gekaufte Honig sich tatsächlich im Glas befindet?“ **Ziele:** Der Einstieg in die Thematik soll einen realen Anhaltspunkt bieten. Kennenlernen der Sichtweisen und Denkweisen der SchülerInnen.

Phase: Erarbeiten des Fachwissens

Methode: Tafelbild mit Mindmap, Vortrag mit Powerpoint **Inhalt:** Ein Brainstorming zu Allgemeinem Wissen der SchülerInnen über Pollen wird an der Tafel als Mindmap festgehalten. Theoretischer Input über die folgenden Gebiete: Was ist der Pollen? Struktur und Aufbau eines Pollenkorns. Funktion von Pollenkörnern. Welche Formen können vorkommen? Welche Größen kommen vor? Bedeutung für den Menschen. Weitere mögliche Anwendungsgebiete der Palynologie. **Ziele:** Eindruck über das Vorwissen der SchülerInnen erhalten, um die sie von ihrem aktuellen Wissenstand abholen zu können.

Phase: Theoretischer Input über Forschungsfragen und Hypothesenbildung

Methode: Vortrag mit Powerpoint **Inhalt:** Wie sieht eine wissenschaftliche Forschungsfrage aus? Wie kommt man auf die Frage? Hypothesen aufstellen – Frage ableiten. Wie wird eine gute Forschungsfrage formuliert? Einführung in die Naturwissenschaftliche Methode. **Ziele:** Wie arbeiten Wissenschaftler? Eindruck bekommen, was Wissenschaft ist und wie Forschung funktioniert!

Phase: Versuche der Pollenuntersuchung

Methode: Selbstständiges Arbeiten der SchülerInnen **Inhalt:** Sichtbarmachen von Pollen unter dem Mikroskop. Wie analysiert man Honig? Wie kann man Pollen aus dem Honig heraus sichtbar machen? Wie kann man Honig und Pollen trennen? Wie kann man überprüfen ob der Honig sortenrein ist?

Phase: Forschung

Methode: Festlegung einer einheitlichen Quantifizierungsmethode im Plenum. Analyse mittels Bestimmungshilfe, Zeichnen der Pollen und statistische Auswertung der Objektträger Festhalten der Zahl der Pollenarten auf dem Protokollblatt. Erstellung eines Pollenspektrums und Interpretation der Ergebnisse.

Phase: Präsentation durch SchülerInnen
Verfassen eines Handouts (Inhalte?)

TABELLE 5: VERMITTLUNGSMATERIAL GR5

Tab.5: Was sollen die SS darüber wissen?	Warum ist es für Euer Projekt wichtig?
1. Der Pollen dient der Fortpflanzung	
- Der Pollen hat eine Aufgabe in der Natur: Er ist die männliche Fortpflanzungseinheit. - Sie sollen verstehen, wie sich Pflanzen vermehren, dass es auch hier sexuelle Fortpflanzung gibt. - Den Bildungsort des Pollens, die Antheren, also botanische und pflanzenanatomische Relevanz.	- Der Pollen ist das worum es geht, es ist wichtig als Einstieg und Hintergrundwissen.
2. Pollen muss verbreitet werden und 3. Pollen ist überall (allgegenwärtig)	
- Dass es verschiedene Fortpflanzungsstrategien gibt, etwa Wind und Tiere, vielleicht auch Wasser. - Pflanzen haben im Verlauf der Evolution verschiedene Strategien entwickelt um ihren Pollen zu verbreiten. Dadurch findet er sich etwa im Honig, das ist eine Folge der Tierbestäubung und andererseits findet man ihn überall, durch die Windbestäubung.	- Für die Honiganalyse wäre es wichtig zu wissen, dass Bienen den Pollen verbreiten und er im Zuge dessen versehentlich im Honig landet. - Da wir einen Kriminalfall lösen lassen wollen wird es wichtig sein zu verstehen, dass der Pollen viel sein muss, weil er eben nur passiv mit dem Wind verbreitet wird und sein Ziel nicht immer findet. Dadurch ist er aber auch eben überall zu finden.
4. Pollen hat einen bestimmten Aufbau und 5. Pollen ist Artsspezifisch (hat unterschiedliche Erscheinungsformen)	
- Der Pollen ist klein und leicht, das hilft bei der Verbreitung und es gibt einen allgemeinen Aufbau. - Die Oberfläche ist oft aber charakteristisch für die verschiedenen Arten.	- Dieses Wissen wird den SS helfen die Pollenkörner den Pflanzenarten zuzuordnen. Die Zusammensetzung wird sich ja unterscheiden bei den Proben und im Vergleich sollten sie dann zur Lösung kommen.
6. Pollen ist zufälliger Bestandteil des Honigs	
- Der Pollen hat für die Bienen keinen unmittelbaren Nutzen, zumindest wollen sie eigentlich den Nektar. Honig wird ja als Nahrungsquelle produziert, für den Stock, also auch für den Nachwuchs. - Der Pollen landet aber unvermeidbar doch im Honig, weil er an den Bienen haftet, weil das ja Teil der Verbreitungsstrategie ist.	- Dass Pollen Bestandteil des Honigs ist, weil die Bienen zu Pflanzen fliegen und eben zu bestimmten Pflanzen. Mit diesem Wissen können sie die SS die Proben unterscheiden und zuordnen.
7. Unterschiedliche Honigsorten enthalten unterschiedliche Pollen	
- Die Zusammensetzung des Honigs ist standortabhängig, also davon welche Pflanzen dort zu welcher Jahreszeit wachsen.	- Zu zeigen, dass die Palynologie hier analysieren kann, ob der Honig der drauf steht auch tatsächlich drin ist. Dass man hier tatsächlich Aussagen treffen kann, mit Pollenanalyse.
9. Palynologie arbeitet systematisch (quantitativ)	
- Das Auszählen der Pollen ist wichtig, es ist eine quantitative, statistische Methode. - Man kann nicht von einer geringen Menge auf eine Aussage schließen, man braucht eine gewisse Anzahl um verlässliche Aussagen treffen zu können.	- Es wird konkrete Anwendung in unserem Projekt finden.
10. Paly beobachtet/betrachtet, beschreibt (qualitativ)	
- Die Form des Pollens ist beschreibbar, sie ist unterschiedlich. Dadurch kann man qualitative Aussagen treffen. Hypothesen können nach der Beobachtung formuliert werden	- Es ist nötig genau zu schauen und zu vergleichen.

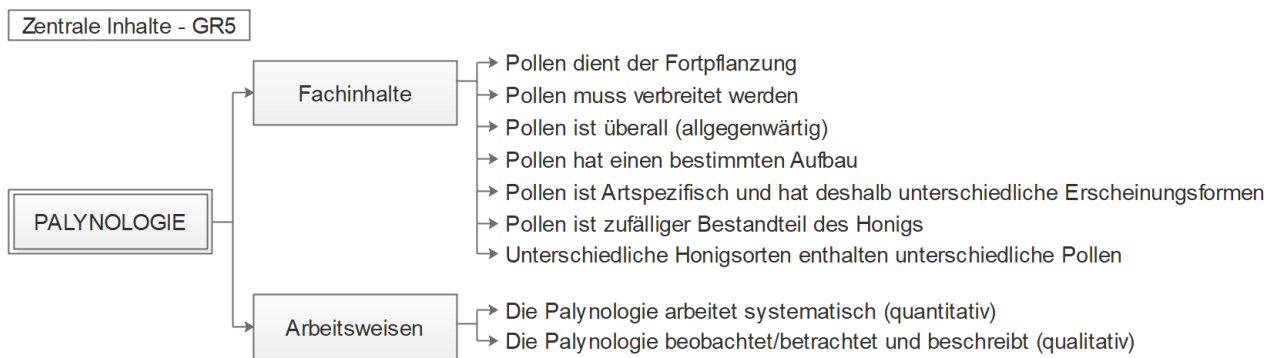


ABBILDUNG 14: ÜBERSICHT DER ZENTRALEN VERMITTLUNGSGEHALTEN VON GRUPPE 5

Unterrichtsentwurf GR5:

Phase: Einstieg/Einführung.

Methode: Lehrervortrag. **Inhalt:** Vorstellung eines Kriminalfalls (gestohlene Vase). Am Tatort wurde ein mit Pollen versetztes Kleidungsstück gefunden. Von zwei Verdächtigen liegen Vergleichsproben vor. Die SS sind Experten, die bei der Lösung helfen sollen.

Phase: Vorwissen erheben und Recherche.

Methode: Gruppenarbeit mit Leitfragen, Mindmap an der Tafel. **Inhalt:** Feststellen des zu Pollen vorhandenen Wissens der SS. Feststellung des Hintergrundwissens, das zu der Bearbeitung des Themas notwendig ist. Recherche mit Büchern und Internetquellen und abschließende Besprechung der Rechercheergebnisse.

Phase: Mikroskopietheorie.

Methode: Arbeitsblatt und Mikroskop als Anschauungsobjekt. **Inhalt:** Auffrischen des Wissens über das Mikroskop als Arbeitsmittel.

Phase: Mikroskopieübungen zum Erkennen von Pollen/Methodenentwicklung zum Sichtbarmachen von Pollen.

Methode: Praktische Partnerarbeit. **Inhalt:** Blüten werden zur Verfügung gestellt. Die SS sollen überlegen, wie Pollen sichtbar gemacht werden kann. Die Pollen sollen gezeichnet und verglichen werden. Ziel der Phase soll sei, dass die SS die Hypothese aufstellen, dass der Pollen unterschiedlicher Pflanzenarten unterschiedlich aussieht („Welche Hypothese könnt ihr bezüglich der Form des Pollen aufstellen?“).

Phase: Forschungsarbeit.

Methode: Gruppen-/Partnerarbeit. **Inhalt:** Die SS sollen mit dem erarbeiteten Vorwissen selbstständig den Fall lösen. Sie sollen dafür mit den zur Verfügung stehenden Mitteln eine Strategie und Vorgehensweise entwickeln: *Überlegt euch wie jene WissenschaftlerInnen arbeiten müssen, um den Fall, lösen zu können. Dokumentiert die einzelnen Schritte. Was benötigen sie (Hilfsmittel)? Wie können sie den Pollen sichtbar machen? Worauf müssen sie bei der Analyse des Pollens achten? In welcher Form werden sie ihre Ergebnisse auswerten und der Polizei präsentieren?*

Die Vorgehensweise soll protokolliert und beschrieben werden. Die Lehrpersonen stehen als Berater zur Verfügung

Phase: Zusammenfassung der Ergebnisse.

Methode: L-S Gespräch **Inhalt:** Die SS sollen ihre Gedanken ordnen und Lösungsvorschläge und Ergebnisse festhalten und den Lehrpersonen mitteilen.

Phase: Präsentation der Ergebnisse der eigenen Forschungsarbeit.

Methode: Vorträge, Diskussion. **Inhalt:** Ergebnisse sollen präsentiert werden (wer ist der Täter?) Ergebnisse und Gedanken/Ideen werden im Plenum besprochen und diskutiert: „Die SchülerInnen präsentieren ihre Ergebnisse und müssen uns davon überzeugen. Wir bieten ihnen A3 Plakate an, schlagen Zeichnungen vor.“

Phase: Diskussion über die Forschungsarbeit von PalynologInnen **Methode:** Diskussion. **Inhalt:** die zuvor aufgestellten Ideen wie in der Palynologie geforscht wird, werden in Partnerarbeit nochmal resümiert, ausgebessert und evtl. verbessert/ergänzt.

Phase: Abschlussbesprechung.

Methode: Diskussion. **Inhalt:** Besprechung der Forschungsarbeit, was hat gut geklappt, was nicht? Was könnte man besser oder anders machen? Besprechung evtl. noch offener Fragen.

Gruppe 6 Wahlpflichtfach Biologie, 6.-8. Klasse, 14 SchülerInnen

TABELLE 6: VERMITTLUNGSGEHALTE GR6

Was sollen die SS darüber wissen?	Warum ist es für Euer Projekt wichtig?
1. Pollen dient der Fortpflanzung	
- Der Pollen enthält die Erbinformation der Pflanze. - Er ist der männliche Teil der Fortpflanzung und an der Entstehung des Samens beteiligt. - Auch Pflanzen pflanzen sich sexuell fort.	- Es ist Grundlagenwissen zum Verständnis der Vorgänge während des Projekts.
2. Pollen haben einen charakteristischen Aufbau und 3. Pollen sind art-/familienspezifisch	
- Den Aufbau der Schichten; Die Äußere bleibt erhalten, ist widerstandsfähig und kaum zerstörbar. - Die Außenschicht kann unterschiedliche Erscheinungsbilder haben, die innere hat spezifische Erbinformation.	- Durch die Erscheinungsform kann man die Pollenkörner unterscheiden und zuordnen (auf Ebene der Familie).
4. Pollen wird unterschiedlich verbreitet	
- Der Pollen kann über Wind oder Tiere verbreitet werden.	- Einerseits wird er durch Bienen verbreitet, deshalb findet man ihn im Honig. - Andererseits durch den Wind, das ist bedeutend für die Forensik.
5. Art der Ausbreitung hat Auswirkung auf Gestalt des Pollen	
- Größe, Gestalt, äußere Erscheinungsform dient einem Zweck (z.B. eigener Pollen/fremder Pollen/artfremder Pollen wird unterschieden) - Artfremder Pollen keimt nicht, um Artintegrität aufrecht zu erhalten.	
6. Pollen bleibt unter bestimmten Bedingungen lange erhalten	
-	-
7. Pollen ist überall	
- Pollen wird nicht zielgerichtet verbreitet. Pollenmengen von windbestäubten Pflanzen.	- Verständnis dafür warum dies im Projekt Rückschlüsse zulässt.
8. Unterschiedliche Standorte haben unterschiedliche Pollenprofile	
- Standorte haben bestimmte Vegetationszusammensetzung. Ein Konzept von Nähe (Wenn best. Pollen anwesend ist, muss man in der Nähe best. Pflanzen, Orte gewesen sein). Auch die Zugänglichkeit von Standorten ist wichtig (z.B. Dachböden)	- Man kann nachweisen, ob sich jemand an einem best. Ort aufgehalten hat und evtl. Wo er war.
9. Die Palynologie benutzt statistische Methoden	
- Statistische Auszählung ermöglicht es Aussagen zu treffen. Man braucht Pollenprofile um Aussagen treffen zu können.	- Um Profile erstellen zu können muss man die Pollenkörner auszählen.
10. Die Palynologie betrachtet und beobachtet	
	- Grundlegende Arbeitsmethode für die Palynologie: Betrachten, Beschreiben ermöglicht das Sortieren.
11. Die Palynologie sortiert und vergleicht	
- <u>Wie kommt diese Wissenschaft zu ihren Aussagen;</u> Sortieren bringt Ordnung.	

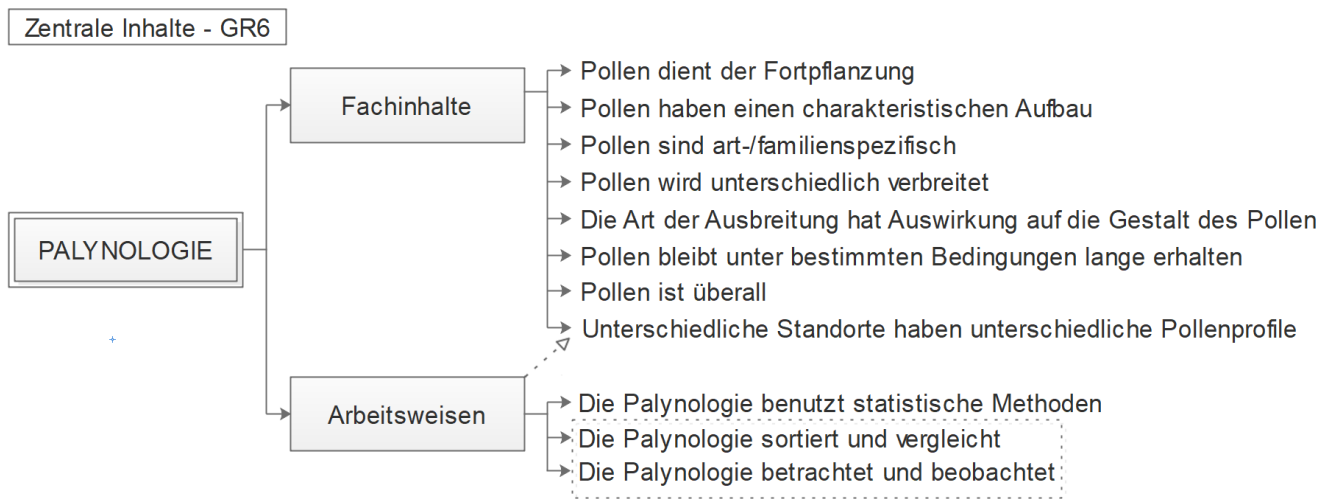


ABBILDUNG 15: ÜBERSICHT DER ZENTRALEN VERMITTLUNGSGEHÄLTEN VON GRUPPE 6

Unterrichtsentwurf GR6:

Lernziel: Die S/S wissen was Pollen ist, wie er sich Verbreitet, welchen Nutzen er hat, wie er Aufgebaut ist und welche Forschungsfragen die Palynologie behandelt.

Aufbau und Verwendung eines Mikroskops. Praktisches Mikroskopieren von Zwiebelhaut und Pollen.

Phase: Einstieg

Methode: Vortrag. L-S-Gespräch. **Inhalt:** Kurze Vorstellung dessen, was innerhalb der nächsten Stunden und auch nächste Woche auf die SchülerInnen zukommt. Es geht um Pollen und Palynologie. Den SchülerInnen wird die Forensische Palynologie vorgestellt. Einstieg in den Mordfall: Am Tatort wurden Proben gesammelt, außerdem gibt es Proben von 3 Verdächtigen. Was muss man alles vorher wissen um den Fall aufklären zu können?

Phase: Fachwissen erarbeiten und Palynologie als Wissenschaft

Methode: Mindmap und L-S-Gespräch. **Inhalt:** Brainstorming von den S/S, wir schreiben Begriffe auf die Tafel. (Begriffe werden von uns den Kategorien: *Aufbau*, *Nutzen*, *Transport* und *Forschungsfeld* eingeteilt). Die S/S sollen 4 Gruppen bilden. Jede Gruppe recherchiert zu einem der 4 Themen. Es wird Literatur zur Verfügung gestellt. Aber auch Handy, Internet ist erlaubt. Die Gruppen präsentieren dem Rest der Klasse, was sie herausgefunden haben. Die neuen Informationen werden stichwortartig an der Tafel zusammengefasst. **Ziele:** Die SchülerInnen sollen das biologische Wissen aufbauen, das es ihnen ermöglicht den Fall zu lösen. Forensische Palynologie bedient sich der Pollenanalyse, um Hinweise auf einen Täter, Tatort oder die Tatzeit zu gewinnen. Wie gehen PalynologInnen vor? (Pollenprofil). **Welche Eigenschaften des Pollens legitimieren/ermöglichen das methodische Vorgehen? Wodurch sind der Methode in diesem Anwendungsfeld Grenzen gesetzt? (z.B. hinsichtlich der Aussagesicherheit, etc.)**

Phase: Mikroskopieübungen

Inhalt: Mikroskope austeilen. Was macht ein Mikroskop? Wofür wird es verwendet? Die SchülerInnen dürfen selbstständig mikroskopieren. Zwiebelhäutchen und Pollen stehen zur Verfügung. Die SchülerInnen erfahren den Vergrößerungsfaktor des Mikroskops durch den Vergleich Zwiebelhaut mit freiem Auge und dann im Mikroskop. Weiterer Vergleich mit dem Pollen. **Ziele:** Vertraut machen mit dem Mikroskop. Größenordnung des Pollens erkennen.

Phase: Einführung in das forschende Lernen

Inhalt: Vorstellung des Kriminalfalls, Präsentation der Beweisstücke und Erklärung des Prinzips „Forschendes Lernen“ als Hypothesen entwickeln und selbstständiger Tätigkeit und Dokumentation.

Phase: Methodenfindung

Inhalt: Nach der Präsentation der Fundstücke wird über eine gemeinsame Vorgehensweise verhandelt. Wie gehen wir vor, um einen Verdächtigen überführen zu können? **Ziele:** Hypothesen aufstellen. Klären: Wer macht was?

Phase: Forschungsarbeit

Methode: selbstständige Tätigkeit der S mit L-Unterstützung. **Inhalt:** Die SchülerInnen erhalten „Beweisstücke“ von Verdächtigen, sowie eine Probe des Opfers. Dann sollen sie versuchen, Pollen aus den Beweisstücken zu isolieren und mit dem Mikroskop zu betrachten. Zwischendurch erhalten sie gegebenenfalls Hinweise: Wie kommt man zu einem aussagekräftigen Ergebnis? Durch statistische Methoden: Pollen zählen, bestimmen und Proben vergleichen. Proben fertig auszählen und Erstellen eines Pollenprofils. **Ziele:** Die SchülerInnen entwickeln selbstständig Methoden, wie sie aus den Fundstücken Proben zum Mikroskopieren gewinnen. Die SchülerInnen zählen die Proben mit wissenschaftlichen Methoden aus. Sie werten die Proben aus und vergleichen.

Phase: Darstellung und Diskussion der Ergebnisse.

Inhalt: Die SchülerInnen erstellen einzeln, in Gruppen oder gemeinsam ein schriftliches Gutachten zu deren Ergebnissen. Kann ein Täter identifiziert werden? Warum? **Ziele:** Die SchülerInnen sollen argumentieren können, ab wann ein Ergebnis aussagekräftig ist.

7.3 Ergebnisse zu den kognitiven Aktivitäten authentischen Forschenden Lernens

Versteht man authentisches forschendes Lernen als Vermittlungsinhalt, lassen sich die kognitiven Vorgänge – wie sie bei Mayer (2007) als „wissenschaftliches Denken“, bei Bybee (2006) als „abilities necessary to do inquiry“ und bei Chinn und Malhotra (2002) als kognitive Prozesse authentischer Forschung vorkommen – als Big Ideas eines CoRes formulieren, wie es etwa Espinosa et al. (2011) in einer Studie durchgeführt haben. Diese Vorgänge sind wie erwähnt nicht explizit in den Vermittlungszielen der LV-Leiterinnen aufgeführt. Da die Studierenden in der Gestaltung ihrer Projekte zu „forschendem Lernen in der Palynologie“ aber freie Hand hatten, wurde während den Interviews zusätzlich erhoben, ob die SchülerInnen im Rahmen der Projekte diese kognitiven Prozesse durchgemacht haben. Da ein Ziel der Erhebung war, zu betrachten, ob die Studierenden wertvolle AFL-Umgebungen entwerfen, erschien die Betrachtung dieser Aspekte sinnvoll. Die Formulierung der kognitiven Vorgänge orientiert sich an den kognitiven Prozessen authentischer Forschung von Chinn und Malhotra (2002), die diese kognitiven Aktivitäten als Indikatoren für das Stattfinden von authentischem forschendem Lernen betrachten. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst und danach mit Stellen aus den Interviews und den Unterrichtsplanungen belegt. Bei den Gruppen wo keine Interviews vorlagen wurden nur die Unterrichtsplanungen zur Analyse herangezogen.

Tab.7: Übersicht kognitiver Aktivitäten authentischen Forschenden Lernens während der Projekte

	Forschungsfrage entwickeln	Untersuchung entwickeln	Beobachtungen anstellen	Transformation/Präsentation der Daten	Hypothesen entwickeln	Vergleich mit anderen Forschungsergebnissen
GR1	-	-	+	-	-	-
GR2	-	-	+	+	-	-
GR3	-	+	+	-	-	-
GR4	-	+	+	~	-	-
GR5	-	+	+	+	~	+
GR6	-	+	+	+	-	-

7.3.1 Genauere Darstellung der Interviewgruppen

Mit den drei Gruppen, die für Interviews zur Verfügung standen (GR2, GR3, GR5) wurde genauer besprochen, welche dieser Aktivitäten sie in ihren Projekten durchgeführt hatten. Im Folgenden findet sich die Darstellung der Aussagen dieser Gruppen.

Eine Forschungsfrage entwickeln (-)

Die Forschungsfrage war vorgegeben:

„Selbst entwickelt haben sie keine, das war eher von der Rahmenstory vorgegeben.“ (Interview GR2, Zeile 124)

Was bedeutet, dass im Anschluss an die Vorstellung des Szenarios die Anweisung gegeben wurde herauszufinden, ob die Behauptungen der Werbeanzeige wahr sind. Die Studentin fügt aber rückblickend hinzu, dass es hier potentiell gereicht hätte die Rahmengeschichte zu präsentieren und die SchülerInnen dann selbstständig Fragen formulieren zu lassen, die sie anschließend überprüfen könnten:

„Bevor wir die Forschungsfrage gestellt haben, haben einige gesagt »geht das wirklich?« [...] Aufgrund der Geschichte hätten sie es vielleicht gefragt, bzw. vielleicht hätten sie ähnliche Fragen gestellt, wenn wir ihnen dann keine konkreten Fragen gegeben hätten.“ (Interview GR2, Zeile 126-128).

Eine Untersuchung entwickeln (-)

An die formulierte Forschungsfrage schließt ein konkreter Auftrag zur Bearbeitung des Materials an:

„Überzeuge dich mithilfe des Mikroskops selbst, ob und wie häufig du [die unterschiedlichen Pollen] auffindest und ob die Angabe stimmen kann! Falls du andersartige Pollen findest, skizziere sie und zähle ebenfalls deren Häufigkeit!“ (siehe Unterrichtsentwurf GR2).

Die SchülerInnen sind hier also nicht frei zu wählen, wie sie die Proben untersuchen möchten:

„[...] prinzipiell war es natürlich vorgegeben und ausgemacht dass wir mikroskopieren. Die Zähltablette haben sie auch nicht selber entwickelt.“ (Interview GR2, Zeile 138-139).

Beobachtungen anstellen (+):

Im Rahmen der Untersuchung der Pollenproben wurde auch hier der Pollen unter dem Mikroskop identifiziert und ausgezählt, hier bildete die Werbeanzeige eine Vergleichsmöglichkeit:

„Wir haben ihnen erklärt, dass auf den Bildern die Pollen aus dem Werbetext sind, dass sie die zählen sollen, dann haben wir gesagt, wenn ihr irgendwelche findet, die nicht in der Tabelle als Foto da sind, dann zeichnen.“ (Interview GR2, Zeile 145-147).

Transformation der Daten, Ergebnisse erklären und/oder darstellen (+)

Nach der Durchführung der Probenuntersuchung und Auszählung der Pollen sollten die SchülerInnen einen Brief verfassen:

„Die SchülerInnen [...] sollen abschließend einen Leserbrief verfassen, der ihre Erkenntnisse zum Ausdruck bringen und darauf basierend für oder gegen die Wirksamkeit des Nahrungsergänzungsmittels argumentieren soll.“ (siehe Unterrichtsplanung GR2).

Basierend auf ihren Recherche- und Untersuchungsergebnissen sollen die SchülerInnen also für, oder gegen den Kauf des Produktes argumentieren. Dabei sollen die statistischen Ergebnisse klar verständlich kommuniziert werden.

Theorien entwickeln, Hypothesen formulieren (-)

Nachdem sowohl die Forschungsfrage als auch die Durchführung der Untersuchung vorgegeben war, war dieser Vorgang nicht Teil des Projekts:

„Im Gespräch mit ihnen haben wir gefragt was sie glauben, mehr mündlich, Theorien niederschreiben mussten sie nicht. Mehr im Lehrer-SS Gespräch, aber nicht explizit.“ (Interview GR2, Zeile 155-156).

Während der Erarbeitungsphase der fachlichen Grundlagen findet sich folgende Leitfrage:

*„Beschreibt den wissenschaftlichen **Erkenntnisprozess** (Zyklus) anhand eines Beispiels!“* (vgl. Unterrichtsentwurf GR2).

Das heißt, diese Vorgänge wurden zwar angesprochen, aber die SchülerInnen mussten sie nicht aktiv durchmachen.

Vergleich mit anderen Forschungsergebnissen (-)

Während der Erarbeitung des Grundlagenwissens findet sich die Auseinandersetzung mit den Feldern, mit denen sich die Palynologie beschäftigt und mit welchen Methoden sie arbeitet. Das ordnen die Studierenden aber nicht als Vergleich mit anderen Forschungsarbeiten ein:

„[...] als sie die Präparate selber zeichnen mussten, da hatten sie die Möglichkeit mit dem Nachbarn zu vergleichen und sie haben auch immer verhandelt miteinander, ob das stimmt beim Zeichnen. In der zweiten Einheit haben sie sich auch beraten und mit dem Nachbarn ausgetauscht.“ (Interview GR2, Zeile 161- 163).

Hier zeigt sich zumindest implizit die Idee, das Wissen im Austausch mit anderen entsteht. Die Publikation zur Verdaulichkeit von Pollen setzen die Studierenden als zusätzliche Wissensquelle ein:

„Also die Ergebnisse für Verdaulichkeit haben die Schüler aus dem paper herangezogen und da stand in der Einleitung natürlich die Anknüpfung an die anderen Disziplinen und dort ist beschrieben worden wie die Ergebnisse eingeordnet werden, aber das haben sie nur gelesen.“ (Interview GR2, Zeile 167-169).

Den SchülerInnen soll dies später in ihrer Argumentation für oder gegen die Wirksamkeit der Nahrungsergänzungsmittel helfen, nicht als Referenz für die Forschungsarbeit der SchülerInnen dienen:

„Sie haben das Ergebnis von anderen Leuten, die Info herangezogen. Das wo sie selber Ergebnisse gesammelt haben war ja das Zählen. Da war aber natürlich das Zählen im Vordergrund.“ (Interview GR2, Zeile 173-174).

Eine Forschungsfrage entwickeln (-)

Die Schülerinnen wurden mit einem vorgegebenen Szenario konfrontiert:

„Eine Patientin wird ins AKH eingeliefert mit einer starken allergischen Reaktion, nachdem sie Honig gegessen hat [...] Die Schüler sind eben Lebensmitteltechniker und Sie müssen selbstständig herausfinden was es für ein Honig ist.“ (Interview GR3, Zeile 62-64).

Eigene Forschungsfragen wurden also nicht entwickelt.

Eine Untersuchung entwickeln (+)

Im Gegensatz zur Forschungsfrage waren die SchülerInnen hier frei ihre eigenen Untersuchungen zu entwickeln. Die Studierenden stellten die Proben und verschiedene Utensilien zur Verfügung:

„Sie haben Proben mit Honig bekommen und die verschiedenen Mittel und Geräte hingestellt. Sie mussten dann herausfinden wie sie das Angehen einen Pollen zu finden.“ (Interview GR3, Zeile 64-66)

Die SchülerInnen versuchten daraufhin selbstständig den Pollen aus der Probe zu extrahieren:

„Sie sind aber auf ihre eigenen Methoden draufgekommen, haben probiert wie sie die Proben verdünnen können und so.“ (Interview GR3, Zeile 151-152).

Beobachtungen anstellen (+)

Die Analyse des Honigs wurde von den SchülerInnen mit Unterstützung der Studierenden durchgeführt:

„Also sie haben z.B. den Pollen betrachtet und beschrieben und sie konnten das vergleichen mit den Bestimmungsschlüsseln, konkret was sind das jetzt für Zacken und wie schauen die bei dem Pollen aus und wie bei dem anderen.“ (Interview GR3, Zeile 160-162).

Als Ziele wurden hier formuliert:

„Außerdem lernen sie, wie man wissenschaftlich exakt arbeitet, da nur dies zu Ergebnissen führt, die verwendbar sind. Die SchülerInnen lernen, wie sie ihre Ergebnisse auswerten und belegen können.“ (vgl. Unterrichtsplanung GR3).

Transformation der Daten, Ergebnisse erklären und/oder darstellen (-)

Die Studierenden geben hier an aus Zeitgründen diesen Schritt nicht eingeplant zu haben:

„Das Ende haben wir schon irgendwie zusammengefasst. Wahrscheinlich hätten sie selbst zu viel Zeit gebraucht das darzustellen, wir haben aber nicht so viel Zeit gehabt.“ (Interview GR3, Zeile 149-151).

Theorien entwickeln, Hypothesen formulieren (-)

Die SchülerInnen wurden zu Beginn des Projekts von den Studierenden dazu angehalten Überlegungen anzustellen, was die Strukturen, die man an den Pollenkörnern erkennen kann bedeuten könnten:

„Bei der ersten Einheit ist an und für sich auf dem Blatt gestanden: Hypothesen zum Pollen. Also dass sie selbst Hypothesen bilden zum Pollen, die man mit der Struktur die sie sehen verknüpfen können.“ (Interview GR3, Zeile 189-191).

Aber es wurden keine durch die Untersuchung überprüfbaren Hypothesen formuliert:

„[...] ich glaub dafür war zu viel Anleitung und Richtungsvorgabe da - wir haben nicht gesagt: Da, Honig, macht's damit was ihr wollt. Es war schon gezielter: Wir haben jetzt den Honig und wollen darin den Pollen zählen.“ (Interview GR3, Zeile 187-189).

Vergleich mit anderen Forschungsergebnissen (-)

Wurde nicht eingeplant.

GRUPPE 5

Eine Forschungsfrage entwickeln (-)

Hier ist die Aufgabenstellung klar vorgegeben:

„Am Tatort wurde ein mit Pollen versetztes Kleidungsstück gefunden. Von zwei Verdächtigen liegen Vergleichsproben vor. Die SchülerInnen sind Experten, die bei der Lösung helfen sollen.“ (vgl. Unterrichtsentwurf GR5).

Eine Untersuchung entwickeln (+)

Überlegt euch wie jene WissenschaftlerInnen arbeiten müssen, um den Fall, lösen zu können. Dokumentiert die einzelnen Schritte. Was benötigen sie (Hilfsmittel)? Wie können sie den Pollen sichtbar machen? Worauf müssen sie bei der Analyse des Pollens achten? In welcher Form werden sie ihre Ergebnisse auswerten und der Polizei präsentieren?

Die Studentin sieht es nicht so, weil sie empfindet, dass die SchülerInnen es nicht erfolgreich gemacht haben:

„Das hätte ich [...] gerne gehabt, aber [es] war dann nicht so. Sie haben schon begonnen, aber übereilt sind sie mitten rein gehüpft. Die Auswertung haben sie sich nicht so überlegt. Hat auch nicht so funktioniert, da ist ihnen erst beim Honig klargeworden, dass man hätte zählen müssen, deshalb find ich gut, dass wir den auch noch gemacht haben. (Interview GR5, Zeile 176-180).

Speziell in der Transferleistung, also der Anwendung der unstrukturierten Analyse mit der die SchülerInnen an das erste Material herangegangen sind auf anderes Material - von den Tatortproben zu der Honigprobe wird den SchülerInnen bewusst, dass sie ihr ursprüngliches Design anders gestalten hätten müssen. Dadurch ergeben sich durchaus Erkenntnismöglichkeiten hinsichtlich dem Entwickeln einer Untersuchung.

Beobachtungen anstellen (+)

Auch hier war naturgemäß Beobachtung ein Bestandteil der Unterrichtsplanung:

„Ja das haben sie schon gemacht, sowohl beim Pollen auf den Kleidungsstücken, als auch beim Honig. Zeichnungen haben sie auch gemacht.“ (Interview GR5, Zeile 182-183).

Transformation der Daten, Ergebnisse erklären und/oder darstellen (+)

Im Interview meint die Studentin, dass der Schritt nicht stattgefunden hat:

„Nein, das hat alles viel zu schnell funktioniert, wir haben auch nicht so die Praxis. Sie hatten ihre Zeichnungen, die hatten sie bei sich liegen und die haben sie uns dann erklärt.“ (Interview GR5, Zeile 188-189).

Tatsächlich findet sich in der Unterrichtsdurchführung eine Präsentationsphase:

„Die SchülerInnen präsentieren ihre Ergebnisse und müssen uns davon überzeugen. Wir bieten ihnen A3 Plakate an, schlagen Zeichnungen vor.“ (vgl. Unterrichtsentwurf GR5).

Die Transformation der Daten in ein anschauliches Produkt ist also vorgesehen. Zusätzlich wird dabei explizit betont, dass die SchülerInnen ihre Ergebnisse nicht nur vorstellen, sondern „überzeugend“ argumentieren sollen, was durchaus im Sinne authentischer Forschung ist, da Ergebnisse ja auch immer „peer-review“ unterliegen und argumentativ verteidigt werden müssen.

Theorien entwickeln, Hypothesen formulieren (~)

Die Studentinnen versuchen die SchülerInnen zu Hypothesenbildung anzuleiten, bemühen sich also eine Situation herzustellen in der die SchülerInnen Vermutungen anstellen sollen:

„Die Pollen sollen gezeichnet und verglichen werden. Ziel der Phase soll sei, dass die SS die Hypothese aufstellen, dass der Pollen unterschiedlicher Pflanzenarten unterschiedlich aussieht.“ (vgl. Unterrichtsentwurf GR5).

Die SchülerInnen stellen die Vermutung an, dass die Form der Verbreitung dient:

„Da muss ich an die Formen denken...das ist ihnen aufgefallen, das haben sie selbst in Verbindung gebracht mit der Verbreitung.“ (Interview GR5, Zeile 200-201).

„Welche Hypothese könnt ihr bezüglich der Form des Pollens aufstellen?“ (vgl. Unterrichtsentwurf GR5).

Sie durchlaufen aber nicht die kognitive Prozess-Abfolge „Forschungsfrage formulieren“ – „Arbeitshypothese aufstellen“ – „Hypothese überprüfen“. Die Aktivität dient der Fachinhaltsvermittlung, dass Pollen aufgrund der Verbreitungsart unterschiedlich aussieht und ist explizit vorgegeben:

Vergleich mit anderen Forschungsergebnissen (+)

Die Studentin gibt zunächst an, dass dies nicht stattgefunden hat (Interview GR5, Zeile 210), auf Nachfrage zeigt sich aber, dass die SchülerInnen während der Recherche-Phase in Kontakt mit wissenschaftlichen Publikationen gekommen sind:

„Na doch, da haben Sie ja im Internet den Bericht von der Martina Weber gleich gefunden und waren sofort neugierig.“ (Interview GR5, Zeile 212-213).

Wobei diese Phase eher als Aufbau von Hintergrundwissen gesehen wird, als ein tatsächlicher Vergleich, wie sich die Ergebnisse oder Arbeitsweisen hier einordnen:

„Nein, das haben wir nicht bedacht. Im Nachhinein wäre es eine gute Idee gewesen“ (Interview GR5, Zeile 218).

7.4 Die Bedeutung von Fachwissen

Bei allen begleiteten Gruppen liegt der Schwerpunkt der Inhalte auf Fachwissen. Die als Vermittlungsziele formulierten „Big Ideas“ bestehen bei allen Gruppen fast ausschließlich aus botanischen, blütenökologischen und ökologischen Inhalten, die der Palynologie zugrunde liegen. Nur auf Erinnerung, dass die Vermittlungsziele/Big Ideas auch Methodische und Wissenschaftstheoretische Ziele enthalten sind, formulieren zwei Gruppen auch einige methodische Vermittlungsziele. Konkret beziehen sie sich in beiden Fällen auf die qualitativen (welche Arten von Pollen finden sich in den Proben) quantitativen (die Anzahl der Pollenkörner wird erfasst) Aspekte der palynologischen Arbeitsweisen.

Auch in den Unterrichtsphasen ist die Erarbeitung und/oder Wiederholung von Fachwissen sehr vorherrschend. In allen Fällen wird vor dem praktischen Arbeiten ein Block Recherche eingebaut, der mindestens 1/3 der Zeit des Projekts in Anspruch nimmt. Erklärt wird das von den Gruppen mit dem Wunsch zu erfassen, welches Vorwissen vorhanden ist:

„Kennenlernen der Sichtweisen und Denkweisen der SchülerInnen“ (vgl. Unterrichtsentwurf GR4).

und um alle SchülerInnen auf ein ähnliches Wissensniveau zu bringen. Außerdem empfinden die Studierenden dieses Vorwissen als wichtig für die Durchführung der Forschungsarbeit:

„Wir wollten erst mal, dass sie alle Grundwissen zum Blütenaufbau haben, was ist Pollen, es war nicht so klar was für ein Wissen da war - wir wollten dass sie alle das gleiche Level haben. Das Wissen was sie da erarbeitet haben, haben die Schülerinnen und Schüler dann in einem Protokoll zusammengefasst und abgegeben. Wir haben auch in der zweiten Doppelstunde ganz am Anfang eine kurze Wiederholung gemacht. Da konnten sie dann eben konkrete Fragen stellen, die nur bei den Präsentationen gefallen sind. Damit ein Grundwissen da ist und wir wissen auf welchem Level sie sind.“ (Interview GR2, Zeile 35-40).

Neben den genannten Gründen tauchen in den Interviews auch Bedenken auf, wie etwa dass Aktivitäten bei denen SchülerInnen selbst aktiv Untersuchungen anstellen, von der Zeit der Inhaltsvermittlung wegnimmt:

„[...] speziell auch praktische Sachen merkt man sich viel länger, aber dann hat man halt das Problem, dass man sich nicht einfach so viel Zeit rausnehmen kann.“ (GR3, Zeile 288-289).

„[...] weil man merkt wie wenig an Stoff weiter geht, wenn sie selbst was erarbeiten. Es ist ja auch ein Kampf um die Zeit, man hat ja auch nur limitierte Stunden, da gehen 3 Doppelstunden drauf, schon vor Semesterschluss. man muss ja auch gewisse Punkte im Lehrplan besprechen. Das muss man auch anpassen. Themenpools mit Zentralmatura z.B. Damit sie für das auch eine Wissensbasis kriegen.“ (GR2, Zeile 210-214).

Einige Gruppen (GR2, GR4, GR6) haben wissenschaftstheoretische Inhalte explizit unterrichtet. In den Fällen waren Inhalte wie „Welche Kriterien zeichnet wissenschaftliches Arbeiten aus?“, „Was ist eine Forschungsfrage und wie wird sie formuliert?“ und „was ist eine Hypothese?“ – Oder: „beschreibe den Wissenschaftlichen Erkenntnisprozess“ und „wie läuft ein Forschungszyklus ab?“. Aus den Unterrichtsentwürfen geht nicht klar hervor, wie die so vermittelten Inhalte in die Projekte integriert werden. Im Interview beschreibt GR2 wie sich diese Inhalte in ihr Projekt eingliedern:

„Wir hatten Unterlagen von einer Lehrveranstaltung über wissenschaftliches Arbeiten. Da sind die Kriterien der Wissenschaft gewesen, wie läuft ein Forschungszyklus ab, die Aufgabe war das anhand eines Beispiels zu erklären. Sie haben sich dann selbst gewisse Begriffe wie Hypothese nachgeschaut, was heißt verifizieren? Diese Grundbegriffe würden erarbeitet.“ (Interview GR2, Zeile 44-47).

Im konkreten Fall ist der Grundgedanke dahinter das bessere Verständnis der Aussagekraft der später erarbeiteten Ergebnisse:

„Damit sie eine bessere Vorstellung von der Palynologie als Wissenschaft haben. [...] Was uns beim Beispiel Wissenschaftlichkeit wichtig war...also ein Beispiel: Was dann bei der Pollenanalyse rausgekommen ist, das Ergebnis war nicht sehr eindeutig. Dann haben wir mit ihnen diskutiert, wie man das deuten kann und ob das ein verlässliches Ergebnis ist. Da haben sie dann schon aufgebaut auf das Vorwissen. Dass Wissenschaft nicht die eine Wahrheit finden will.“ (Interview GR2, Zeile 49-56).

Auch die Inhalte der Palynologie werden teilweise als Fachinhalte erarbeitet, also etwa explizite Inhalte zu den Forschungsfeldern und Methoden der Palynologie (GR2, GR3, GR6). In allen Fällen sind diese Aktivitäten in den Unterrichtsdokumentationen gekennzeichnet als „Vorwissen erarbeiteten“ und werden von den Schülerinnen als Recherchearbeit durchgeführt und vor der Forschungsarbeit (GR2, GR6), oder am Ende des Projekts (GR3) präsentiert.

Ein explizit genannter Grund für den hohen Anteil an Wissensvermittlung im Projekt war die subjektiv empfundene Komplexität des Themas:

„Das kommt wahrscheinlich aufs Thema an - wenn man eine einfache Beobachtungsaufgabe baut baut man das sicher anders auf, da kann man z.B. auch selbst Fragestellungen entwickeln und Untersuchungen Entwicklungen in den Mittelpunkt rücken. Bei uns war sehr viel Information im Vordergrund. Bei einfacheren Themen kann vielleicht mehr der Prozess im Vordergrund stehen.“ (Interview GR2, Zeile 184-187).

Ein weiterer Grund, der für den hohen Anteil an Fachinhaltsarbeitung im Projekt genannt wurde, ist die nicht-Vertrautheit mit den SchülerInnen und ihren Wissensständen:

„Ja, bestimmt, aber wir haben es ja sehr angeleitet gemacht. Es wäre auch, wenn man eine eigene Klasse hat man mehr Stunden zur Verfügung und man weiß besser was sie wissen. Da könnte man die zwei Doppelstunden für die Infos einsparen.“ (Interview GR2, Zeile 177-179).

Und auch die Unklarheit, ob die SchülerInnen in selbstständiger, forschender Arbeit die Vermittlungsziele, die sich die Studierenden gesetzt haben erreichen:

„Damals im Seminar dachte ich, dass der Anspruch selbstbestimmt ein recht hoher war, das ist ein Zwiespalt, was will man, dass sie wirklich wissen dann und wieviel Freiraum lässt man ihnen dann selbst. Das ist glaub ich schwierig, wenn man nicht so viel Stunden hat - das selbstbestimmt forschend tätig sein, dann ist es schwierig, weil man ja nur diese Zeit hat, also drei Doppelstunden, da möchtest du aber auch, dass sie etwas mitnehmen, konkrete Informationen über Palynologie an sich und die anderen drei Hauptthemen. Wieviel Freiraum lässt man ihnen für selbstbestimmtes Arbeiten.“ (Interview GR2, Zeile 191-196).

7.5 Ansichten der Studierenden zu „Forschendes Lernen“ als Methode:

Die Studierenden heben als interessante Aspekte von forschendem Lernen einerseits die veränderte Rolle der Lerner hervor. Also das aktive Beschreiten und Verstehen der Inhalte und die damit verbundene gesteigerte Qualität der Lernerfahrung:

„Ich habe gemerkt wie der Unterschied ist, da gibt's den Forschungszyklus mit seinen Schlagworten und das klingt dann eher hohl, was man auswendig lernt. Dass es aber sehr wertvoll sein kann, wenn man [...] selbst mal Fragestellungen entwickelt ist das gleich eine andere Qualität, als wenn man es nur selber durchbespricht, das selbst beschreitet.“ (Interview GR2, Zeile 236-239).

Auch die Vermittlung eines authentischeren Abbildes von Wissenschaft findet Erwähnung:

„Ich glaub' dass es schon ein wenig ein Einblick war, dass es nicht so Feuerwerk und Explosion war und man viel sitzt und es Fitzelarbeit ist und, dass man da als Schüler draufkommt, dass es nicht so wie im Fernsehen ist und dass das auch nicht immer gleich Erfolg heißt, manchmal auch Misserfolg und viel Arbeit und genaue Arbeit.“ (Interview GR3, Zeile 251-254).

Die Studierenden erwähnen – wie schon besprochen – Zeitverlust für die konkrete Vermittlung von Fachinhalten, hinsichtlich der Erfüllung von Lehrplanvorgaben als limitierenden Faktor, wenn sie mit der Frage konfrontiert sind, warum sie nicht mehr eigenständiges forschendes Lernen in die Projekte integriert haben. Außerdem finden sich Bedenken hinsichtlich des Ablaufs und dem Erfolg der Methode an sich:

„Eher zeitliche Probleme...und vielleicht dass ihnen gleich fad wird. Also die Angst, dass es zu keinem Ergebnis kommt. Bei Anleitungen ist man auf der sicheren Seite.“ (Interview GR3, Zeile 245-246).

Auch die Erfahrung nicht genau zu wissen, wieviel Freiheit sie den SchülerInnen geben sollen ist ein wiederkehrender Gedanke, der die Art und den Umfang des Einsatzes der Methode in ihren Projekten beeinflusst hat:

„Für den Lehrer ist es halt nicht so einfach das alles aus der Hand zu geben. Es war halt so ein Mittelding, nicht Kochrezept, aber mit Ziel und wie sie zu dem Ziel kommen war dann frei.“ (Interview GR3, 246-248).

„Man muss bei der Methode nur aufpassen, dass man nicht zu viel macht. Also nicht zu viel vorgibt. Ich finde das muss man üben.“ (Interview GR5, Zeile 245-247).

Eine Studierende reflektiert über die Durchführung ihres Projekts, was den Grad an selbstständiger forschender Tätigkeit der SchülerInnen betrifft:

„Richtiges selbstständiges Arbeiten wäre für mich dann wirklich was interessiert mich eigentlich, also nicht mit vorgegebenen Themenbereichen, worüber habe ich was gehört, wo frage ich mich selbst, wie etwas ist? Für mich wäre auch möglich, dass man nur das Thema Pollen nimmt und ihr denkt euch mal aus, was möchtet ihr Wissen und sie können selbst konkret sagen, selbst bestimmen wie sie das erarbeiten, welche Fragestellungen sie interessiert.“ (Interview GR2, Zeile 196-201).

Limitierende Umstände hinsichtlich der Methode sieht sie auch in den individuellen Interessen und Vorlieben der SchülerInnen:

„Wir haben eigentlich pro Gruppe 4 konkrete und prägnant zu beantwortende Fragestellungen gehabt, mit Material, da hat aber die eine Gruppe, die ich betreut habe, die wollten nicht einfach nur die Fragen beantworten, die hat das wirklich interessiert und wollten das ganze Material bearbeiten und lesen und haben dann Zeitstress gehabt, weil sie die Fragen noch nicht beantwortet hatten.“ (Interview GR2, Zeile 20-25).

Und betrachtet forschendes Lernen im Spannungsfeld „Authentizitätsanspruch und Möglichkeiten in der Schule“ und „Modellversuch und Realität“:

„Wenn es ein anderes Thema gewesen wäre hätte man vielleicht einfachere Methoden gefunden und das in der Schule besser machen können, also einfachere Methoden besser nachstellen. Manche Modelle die man im Unterricht anwendet, treffen halt einfach auch nicht zu. Man hätte die Pollen anätzen können, um die Pollenwand anzulösen, aber das sagt auch nichts darüber aus, dass das im Verdauungstrakt auch passiert. Das haben wir aus dem Paper gelernt, dass das zu vereinfacht ist.“ (Interview GR2, Zeile 288-293).

Interessant ist, dass sich bei der Betrachtung der im Unterricht durchgeführten Aktivitäten zeigt sich, dass manche Gruppen das Stattfinden einer Aktivität (ein Assessment-Aspekt) daran festmachen, ob ein „korrektes“ Ergebnis dabei herauskommt:

„Das hätte ich beim Versuch gerne gehabt, aber in der Kooperation mit der Kollegin war das dann nicht so, sie haben schon begonnen, aber übereilt sind sie mitten rein gehüpft. Die Auswertung haben sie sich nicht so überlegt. Hat auch nicht so funktioniert, da ist ihnen erst beim Honig klargeworden, dass man hätte zählen müssen, deshalb find ich gut, dass wir den auch noch gemacht haben.“ (Interview GR5, Zeile 176-180).

7.5 Verlässlichkeit der Daten

Wie Aussagekräftig die Daten, die die SchülerInnen erhoben hatten, waren führte zu einigen Erkenntnisgelegenheiten bei den SchülerInnen:

„Da kam dann die Auswertung, welche Pollen haben sie gefunden? Da haben wir ein Diagramm erstellt, die Gruppen haben dann vorgestellt was sie gefunden haben. Dann haben wir diskutiert, ob sie glauben, dass es der Honig ist oder nicht und warum? Es hat sich herausgestellt, dass sie beim Abgleichen relativ ungenau gearbeitet haben. Es gab mehrere runde Pollen und sie haben die innere Musterung nicht beachtet, also nicht genau hingeschaut. Das hat zu verschiedenen Ergebnissen geführt, die nicht der Wahrheit entsprochen haben. Sie sind dann selber draufgekommen, ob das nicht diejenigen sind. Sie hatten halt Schwierigkeiten zu unterscheiden und waren nicht so sicher. Bei der Abstimmung kam dann raus, dass es vermutlich nicht dieser Pollen ist.“ (Interview GR2, Zeile 81-88).

„Sie haben gemerkt wie schwierig es war mit den Pollen zu arbeiten, wie genau man hinschauen muss und haben dann untereinander auch diskutiert über die unterschiedlichen Ergebnisse. Sie haben insgesamt gemerkt wie schwierig es war, dass man gescheite Aussagen treffen kann, wie genau man hinschauen muss.“ (Interview GR2, Zeile 91-94).

Wie dargestellt, finden sich zumindest ein paar Hinweise, dass die von den LV-Leiterinnen angegebenen Vermittlungsziele hinsichtlich Wissenschafts-theoretischer Erkenntnisse zumindest im Unterricht zur Sprache kamen. Allerdings finden sich auch manchmal Fehlkonzeptionen dieses Wissenschaftsverständnisses. Bezüglich Verlässlichkeit der Daten wird die Schwierigkeit nicht explizit an der schwierigen Objektivierbarkeit aufgrund von Beobachtungsfehlern oder fehlender Expertise festgemacht, sondern in diesem Fall an der Etabliertheit der Palynologie als Wissenschaft:

„[...] man kann nur schwierig eine hundert Prozentige Aussage treffen, wenn man sich mit so einer jungen Wissenschaft auseinander setzt.“ (Interview GR2, 295-297).

Andererseits findet sich in nächsten Satz die adäquate Ansicht, dass unterschiedliche Methoden der Bearbeitung desselben Materials zu verschiedenen Ergebnissen führen kann:

„Dass die Ergebnisse auch von der Durchführung abhängen, alleine bei der Pollenzählung, wieviel falsch gezählt worden ist und eben auch bei dem Paper: Es gibt so viele unterschiedliche Ergebnisse, weil die Methoden halt auch so unterschiedlich waren.“ (Interview GR2, 297-299).

7.6. Allgemeines Wissenschaftsverständnis und Inquiry-Inhalte

Im Vergleich zum Anteil an Fachwissen, sowohl in den Vermittlungszielen, in denen es so gut wie abwesend war, als auch in der tatsächlichen Durchführung der Projekte finden sich nur wenig Hinweise auf Unterrichtsereignisse, die Wissenschaftsverständnis zum Inhalt hatten. Ein Thema war, dass die SchülerInnen ein konkreteres Bild von den Tätigkeiten von Wissenschaftlern bekommen, während sie sich dem Unterfangen der Generierung von gesichertem Wissen widmen:

Dadurch, dass sie den Artikel gesehen haben, der hat sie schon beeindruckt, wieviel kann man denn über so ein Thema schreiben, wieviel Zeit haben die denn dafür gebraucht das zu erarbeiten, wie kann man 5 Seiten Einleitung haben? Vielleicht haben sie ein Gefühl dafür gekriegt wie das ist, wenn man eine Fragestellung g'scheit untersuchen will. (Interview GR2, Zeile 228-231).

Ein weiteres Beispiel, bei dem die Studierenden Erkenntnisgewinn bei den SchülerInnen über die Tätigkeiten von WissenschaftlerInnen verorten:

„Ja generell also sie haben gehört Forensik, ur cool, das will ich auch mal machen, aber dass sie mit ganz viel Arbeit konfrontiert sind das haben sie nicht gedacht, dass sie dann vielleicht 300 Pollen auszählen müssen, dass sie das verstanden haben. Dass Wissenschaft halt auf Ergebnissen beruhen muss, auf eindeutigen und ausreichenden Ergebnissen. Auch bei dem Verbrechen war ihnen das nicht so bewusst. Erst beim Honig, weil da auch so viele verschiedene drin waren, da ist ihnen das bewusstgeworden, dass sie das auch eindeutig machen müssen.“ (Interview GR5, 224-229).

Konkret finden sich in den Interviews Hinweise darauf, dass zumindest einige Gruppen diese Inhalte auch nach dem Kurs und den durchgeführten Projekten nicht als Vermittlungsinhalte einstufen, wie etwa diese Studentin angibt, nachdem im Interview die kognitiven Vorgänge Authentischen Forschenden Lernens besprochen wurden:

„Ich glaube auch, das hier jetzt hat viel gebracht...da sind Sachen dabei über die ich mir noch nie Gedanken gemacht habe...grade dass man das was etwa andere Forscher gesagt haben, als Ausgangspunkt nimmt, dass man das Schülern überhaupt näherbringt.“ (Interview GR3, Zeile 226-228).

„[...] das was du mit uns jetzt durchbesprichst find ich wichtig, da hätte ich mir keine Gedanken drüber gemacht. Wenn das ein wenig mehr eingeflossen wäre, das wäre interessant gewesen und das hätte man in unsere Planung einfließen lassen können. Also auch die Klarheit, dass man Schüler Hypothesen bilden lassen soll zum Beispiel. (Interview GR3, Zeile 273-277).

Neben fehlendem Bewusstsein für Inquiry-Kompetenzen als Vermittlungsziele, kommen auch Fehlkonzepte diese betreffend zum Vorschein, wenn es etwa um das Konzept der Forschungsfrage geht:

„Nach dem Brainstorming haben sie Forschungsfragen erstellt, also was sich selber für Fragen über Pollen stellen haben wir erarbeitet. Die haben wir dann zu ihnen gesagt, sie sollen sich aussuchen welche sie machen wollen, natürlich aufgeteilt, dass nicht jeder dieselbe Frage macht und selbst erarbeiten. [...] Was ist Pollen, wo findet man den an der Pflanze. Das war am schwierigsten zu beantworten für sie. Definition war schnell da, aber den Sinn dahinter, das hat ein bissl länger

gedauert [...] Fragen die sie auch stellen müssen, bevor sie mit der Arbeit beginnen können. Sonst können sie sich nichts drunter vorstellen. (Interview GR5, Zeile 47-66).

Einzelne Aspekte wissenschaftlichen Arbeitens werden oft herausgegriffen und explizit behandelt, aber ohne klare Verbindung zum Projekt:

Da haben wir den Aufbau einer wissenschaftlichen Publikation mal durchgemacht. Welche Themen werden behandelt, welche Methoden angewandt. Erst haben wir ihnen kurz gesagt worum es geht und dann den Aufbau besprochen. Was könnte jetzt z.B. bei Summary stehen, damit sie das selber nachschauen können und sich irgendwann mit einem Paper beschäftigen können. Frau Professor V. hat auch gesagt, dass sie darauf hinarbeitet, dass sie eine VWA schreiben müssen und da haben wir gedacht, dass das eine gute Idee ist, weil das auch unser Thema behandelt. (Interview GR2, Zeile 98-104).

Manchmal werden auch (frontal) theoretische Inputs gegeben, ohne das konkrete Ziel diese auch im Projekt anzuwenden:

*„Wie sieht eine wissenschaftliche Forschungsfrage aus? Wie kommt man auf die Frage? Hypothesen aufstellen – Frage ableiten. Wie wird eine gute Forschungsfrage formuliert? Einführung in die Naturwissenschaftliche Methode. **Ziele:** Wie arbeiten Wissenschaftler? Eindruck bekommen, was Wissenschaft ist und wie Forschung funktioniert!“ (vgl. Unterrichtsentwurf GR4).*

Werden wissenschaftstheoretische Aspekte als Wissen erarbeitet stehen diese als distinkte Wissensinhalte und gleichwertige Inhaltsüberschriften wie „Nahrungsergänzungsmittel“ oder „Pollen“ (vgl. Unterrichtsentwurf GR2).

8. Diskussion

Wie entwickelt sich das Fachwissen im Bereich der Palynologie und das Wissen über Palynologie als Wissenschaft?

In den Ergebnissen zeigt sich die höchste Wissensdichte im Bereich der Fachinhalte, die nötig sind um palynologische Schlussfolgerungen nachzuvollziehen. Dies spiegelt sich in der weitgehenden Deckung der für Fachinhalte formulierten Vermittlungsziele der StudentInnen, mit jenen der LV-Leiterinnen wieder. Vereinzelt kommt es zu Abweichungen, aber die zentralen fachlichen Konzepte, die im Kontext der Forschungsmethoden der Palynologie stehen sind vorhanden. Aus den modifizierten CoRes wird evident, dass die Studierenden konkret formulieren können, warum es wichtig ist, diese Konzepte im Unterricht zu behandeln, und warum die SchülerInnen diese Konzepte für die Durchführung ihrer Projekte verstehen müssen, wie beispielsweise (paraphrasiert aus den Ergebnissen):

- *Die Schichten des Pollens haben eine biologische Aufgabe, die darin besteht das Erbgut zu schützen, das macht ihn widerstandsfähig gegen physikochemische und biologische Einflüsse, wodurch sie für die palynologische Auswertung tauglich sind, auch über lange Zeiträume hinweg.*
- *Jede Lebensgemeinschaft unterscheidet sich aufgrund bestimmter ökologischer Faktoren, es gibt einen Zusammenhang zwischen Orten und den Pflanzen, die dort wachsen. Die Kenntnis dieser Zusammensetzung ermöglicht einen Vergleich mit der Probe und erlaubt Aussagen über Herkunft einer Probe, oder Ab-/Anwesenheit an einem Tatort. u.Ä.*

Das deckt das Ziel der LV-Leiterinnen ab, wonach die zukünftigen LehrerInnen in der Lage sein sollen den SchülerInnen erfahrbar zu machen:

„[...] dass naturwissenschaftliche Konzepte [...] und Forschungsmethoden [...] im Kontext einer konkreten Anwendung eng aufeinander bezogen sind.“ (Heidinger et al., 2014, S. 331).

Dennoch ist natürlich zu überlegen, warum der Anteil von Inhaltsvermittlung in den Projekten so einen großen Stellenwert hat, obwohl die Gruppen dabei natürlich auch oft auf Recherche der SchülerInnen setzen. Die LV-Leiterinnen sind sich dessen bewusst:

„Wir haben uns ja relativ viel dazu überlegt, dass man nicht nur mit einem totalen Fachvortrag zu den Basics einsteigen, dann haben wir ja diese Profiles Aufgabe entwickelt. das ist so unsere Weisheit letzter Schluss. [...] da sieht man immer wo wir überhaupt die Selbstständigkeit der

Schülerinnen und Schüler fördern und mit welchen Methoden wir das lösen.“ (Interview LV-Leiterinnen, Zeile 378-38).

Grundsätzlich bietet die Lernumgebung natürlich trotzdem genug Raum, um aufbauend auf dem hohen Input an Fachwissen Inquiry-Aktivitäten aufzusetzen und adäquate Erkenntnisse über die Forschungsweisen der Palynologie und Biowissenschaften generell zu erreichen. Dafür sind aber natürlich weitere PCK Wissensbestände bei den zukünftigen LehrerInnen erforderlich.

Welcher Wissenszuwachs findet statt, hinsichtlich des Forschenden Lernens (<i>Inquiry</i>) als Unterrichtsmethode?
--

Forschendes Lernen ist nicht einfach zu implementieren und hängt neben den *Beliefs* über naturwissenschaftlichen Unterricht, den Einstellungen zur Bedeutung und Wirksamkeit der Unterrichtsmethode und dem eigenen Wissen (und PCK) der Lehrenden zu NOS und *Scientific Inquiry*. Die Wirksamkeit der Unterrichtseinheiten hängt außerdem davon ab, wie diese Gesichtspunkte die Unterrichtseinheiten gestalten und wie die Ziele von *Inquiry*-Sequenzen in den Unterrichtsentwürfen definiert sind.

Forschendes Lernen verlangt von den SchülerInnen bedeutenden intellektuellen Einsatz sowie Beschäftigung und Engagement mit dem Inhalt, mit dem sie sich auseinandersetzen. Eine Inquiry Aufgabe sollte den Bemühungen der SchülerInnen Fokus und Bedeutung geben, sie auf ein Ziel ausrichten und einem Zweck dienen. Idealerweise ruft es in den SchülerInnen die Motivation hervor sich in die Materie zu vertiefen und besseres Verständnis zu erlangen. *Inquiry*-Aufgaben sind komplexer als reine „hands-on“ Aufgaben, es geht nicht nur darum SchülerInnen „etwas Praktisches“ machen zu lassen. Die Aktivitäten die sie durchführen können nicht Selbstzweck sein, denn Aktivitäten ohne ein Ziel, ohne intellektuelle Substanz sind im Rahmen von forschendem Lernen nicht wirkungsvoll (DeBoer, 2006). Setzt man forschendes Lernen mit solchen Aktivitäten gleich, kann man keine Verbesserung in Problemlösungsfähigkeiten und naturwissenschaftlichen Kompetenzzuwachs erwarten.

Wann *Inquiry* als Unterrichtsmethode angewendet wird und welche Inhalte damit unterrichtet werden sind keine entweder-oder Entscheidungen. Aktivitäten können sich im Umfang der Anleitung durch die LehrerInnen und die Freiheit der SchülerInnen in ihren Forschungstätigkeiten unterscheiden. Wie DeBoer (2006) erklärt, kann das Verlangen und die Motivation der SchülerInnen

sich mit den Fragen und Aufgaben der Inquiry-Unterrichtseinheit zu beschäftigen, beziehungsweise etwas herauszufinden, darunter leiden, wenn die Vorgaben der Lehrperson zu eingeschränkt oder vorgeschrieben sind. Ist die Aufgabenstellung bzw. der Unterrichtsansatz zu offen, kann das dazu führen, dass sich Studenten darin verlieren und der Lernerfolg ausbleibt. Wie viel *Inquiry Teaching* und welche Art von *Inquiry* adequat ist, bleibt der Entscheidung der Lehrperson überlassen und steht im Kontext von Zielen für die, und intellektueller Involvierung der SchülerInnen. Dennoch benötigt Forschendes Lernen einen gewissen Rahmen: Minimal-angeleitetes *Inquiry* führt rasch zu Ziellosigkeit, Langeweile und Zweifeln an der Sinnhaftigkeit der Aktivitäten bei Schülern; Sinnvolle *Inquiry* Umgebungen bieten Unterstützungen des Lernprozesses (*Scaffolding*) durch Bereitstellen von Orientierungsgrundlagen, Denkanstößen und anderen adäquaten Hilfeleistungen, etc. Dieser Umstand verlangt die a) Die Überzeugung der LehrerInnen, dass Faksimiles von *Scientific Inquiry* wertvolle Unterrichtsmethoden sind b) Schülerinnen (nur weil es im Lehrplan steht sind noch lange nicht alle LehrerInnen überzeugt davon) c) die *Efficacy* und das Selbstverständnis, von Lehrerinnen der Naturwissenschaften, dass Sie Vermittler zwischen den Naturwissenschaftlern und der Gesellschaft sind und sie den SchülerInnen beibringen sollen und können wie Naturwissenschaft funktioniert d) die Bereitschaft der Lehrenden sich mit der Natur der Naturwissenschaften und was adäquates *Scientific Inquiry* ausmacht auseinander zu setzenden die Bereitschaft der Lehrenden sich mit e) Skills, Wissen, metakognitiven Vorgängen usw. auseinanderzusetzen um bedeutsame und wirkungsvolle Lernumgebungen zu schaffen.

Sehen die Studierenden die Arbeit mit den Pollenprofilen als Praxis, die funktioniert, oder sehen sie auch die Möglichkeit, den SchülerInnen etwas über Wissenschaft beizubringen?

Da die Studierenden die Untersuchungen im Kurs selbst durchführten, heben sie hervor, dass die Qualität des vermittelten Wissens eine andere ist, wenn man die Fragestellungen selbst entwickelt, und die Untersuchung selbst beschreitet, im Vergleich zu einer rein lehrerzentrierten Vermittlung.

Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass die Studierenden trotz dieser Ansicht den SchülerInnen gerade bei der Entwicklung der Forschungsfrage nicht mehr Freiraum gelassen haben.

Ausserdem kommt es mehrmals zur Sprache, dass die SchülerInnen erkennen, dass Forschung nicht immer Quantensprünge und aufregende Aktivitäten sind, sondern in erster Linie genaues Arbeiten und Durchhaltevermögen erfordert, sowie manchmal auch mit Misserfolg verbunden ist. Ein anderes Thema, das oft auftaucht ist, dass die Vermittlungsmethode Forschendes Lernen ein anderes

Verständnis vom LehrerIn-Sein beinhaltet, insofern als dass man sich als Lehrperson zurücknehmen muss und die richtige Balance zwischen Unterstützung und Selbstständigkeit finden muss. Einige Gruppen erkennen auch, wo sie vielleicht zu viel angeleitet haben und dass es noch Potential gibt, auch im Rahmen von Forschendem Lernen mit Palynologie die SchülerInnen noch freier arbeiten zu lassen (Vgl. GR2 bzgl. Fragestellungen formulieren).

Die Studierenden lernen, dass diese konkrete Aktivität etwas über die Palynologie als Wissenschaft und ihre Art Untersuchungen durchzuführen aussagt. Heißt das, dass sie konkret etwas über *Scientific Inquiry* und wie *Inquiry* als Faksimile davon im Unterricht funktionieren kann? Eine mögliche Art das in zukünftigen Erhebungen zu betrachten wäre eine Transferleistung der Studierenden zu betrachten, in der sie das Erlernte auf ein anderes Wissensgebiet anwenden müssen.

Wie setzen sie das Erlernte ein, um wertvolle Inquiry-Umgebungen zu schaffen?

Im Erwerb von Professionswissen zu *Inquiry* wird authentische Erfahrung in der Forschung für LehrerInnen als kritische Grundlage gesehen, um wertvolle *Inquiry*-Lernumgebungen schaffen zu können (Capps et al. 2012). Als Grund für nicht adäquate Ansichten und Fehlkonzepte über *Scientific Inquiry* und NOS wird unter anderem der fehlende Kontakt zu authentischen Forschungskontexten und nicht vorhandener Erfahrung mit wissenschaftlichen Untersuchungen (Chinn & Malhotra, 2002; Schwartz & Crawford, 2006).

„Entscheidend ist, dass Lernenden in solchen Lernumgebungen die Möglichkeit geboten wird, die neuen und vielleicht fremden Denk- und Arbeitsweisen an ihre Vorstellungswelten anzudocken, damit es nicht zu einer unverstandenen Übernahme wissenschaftlicher Praxis kommt. SchülerInnen lernen daher nicht nur, wie NaturwissenschaftlerInnen forschen (indem sie z.B. der Anleitung folgen, wie eine Pollenanalyse durchgeführt wird), sondern sie werden auch aufgefordert, eigene Methoden und Verfahren zur Bearbeitung von Aufgabenstellungen aus der Praxis zu entwickeln. Das Offene Forschende Lernen fördert dabei die gedankliche Durchdringung der Aufgaben und macht wissenschaftliche Praxis nachvollziehbar.“ (Heidinger et al., 2014).

Im Mittelpunkt der Untersuchung steht natürlich die Betrachtung der Produkte der Studierenden.

Betrachtet man die kognitiven Vorgänge von authentischem Forschenden Lernen, die als Indikatoren dafür erhoben wurden, welche der bei Inquiry-Umgebungen erwünschten Aktivitäten die Studierenden in ihren Unterricht einbauen, zeigte sich, dass alle Gruppen die Beobachtung offen gestalten, und vier von sechs Gruppen die Untersuchungsentwicklung ebenfalls den SchülerInnen überlassen. Drei Gruppen vermitteln den SchülerInnen, dass Ergebnisse präsentiert werden müssen und zwei davon betonen, dass diese Ergebnisse auf argumentative Weise untermauert werden sollen. Eine Gruppe arbeitet mit dem Vergleich mit bereits existierenden Forschungsergebnissen. Dieselbe Gruppe ermutigt die SchülerInnen Hypothesen zu entwickeln, bietet aber keine Gelegenheit diese auch zu überprüfen. Sie sehen Dinge wie „Hypothesenbildung“ oder „Was ist eine Forschungsfrage“ eher als isolierte Wissensbestände, nichts was sie als Übung in eine Inquiry-Aufgabe integrieren würden, oder was das aktive Beschreiten einer Inquiry-Aufgabe vermitteln könnte. Das zeigt sich auch darin, dass die SchülerInnen in keinem der Projekte Möglichkeiten haben selbstständig Forschungsfragen zu entwickeln.

In vielen Bereichen kommt es eher zufällig zu integrierten Lernerfolgen; Die Forschungsphasen werden eher intuitiv als bewusst eingebaut und Lernmomente ergeben sich eher zufällig als geplant:

S: Na doch, da haben Sie ja im Internet den Bericht von der Martina Weber gleich gefunden und waren sofort neugierig.

I: Und das war vorher bei der Recherche. Nachher seid ihr aber nicht noch einmal hergegangen und habt es nicht eingeordnet oder verglichen, wie machen die das und wie haben wir das gemacht?

S: Nein, das habe ich nicht bedacht. Im Nachhinein wäre es eine gute Idee gewesen.

(Interview GR5, Zeile 212-217)

Wenn die Aktivitäten **nicht konkrete Lernerfolge als Idee dahinter haben**, läuft man Gefahr im Bereich von „hands-on“ Aktivitäten zu bleiben, die keine konkreten Inquiry-Vorgänge beinhalten. Zum Teil ist dies in den konkreten Daten schwierig zu analysieren, weil manche Gruppen in ihren Unterrichtsentwürfen keine Ziele formuliert haben. Dadurch bleibt die Frage im Raum stehen: Hatten sie keine Ziele für diese Aktivitäten, oder bleiben diese implizit?

Erkennen die Studierenden Wissen über *Scientific Inquiry* und *Nature of Science* als vermittlungsrelevantes Wissen?

UND

Gibt es Wissenszuwachs hinsichtlich der Charakteristika der Naturwissenschaften während des Unterrichtens und der Auseinandersetzung mit einer naturwissenschaftlichen Unterdisziplin im Fachunterricht?

Betrachtet man die Unterrichtsentwürfe, die die Studierenden mit etwas mehr Überlegungszeit verfasst haben finden sich vereinzelt explizite Unterrichtssequenzen zu „Hypothesenbildung“, „Entwicklung einer Forschungsfrage“, „Was zeichnet wissenschaftliches Arbeiten aus?“, die entweder als Frontalsequenz, im LehrerInnen-SchülerInnen-Gespräch oder als Eigenrecherche von SchülerInnengruppen durchgeführt wurden. Das deutet darauf hin, dass sie

a) diese Inhalte als Vermittlungsinhalte erkennen. Konkrete Hinweise auf eine Vermittlungsstrategie, die als Ziel die Einbettung dieser Inhalte als Lernchancen in die Forschungsarbeit der SchülerInnen hat, finden sich jedoch keine.

b) sich in diesen Vermittlungszielen auf der Ebene von wissenschaftlichem Denken befinden und noch nicht auf Wissenschaftsverständnis (vgl. Mayer, 2007).

Zu den explizit unterrichteten NOS Inhalten zeigen sich einige wenige Entwicklungen im Wissen, auch wenn sie die Studierenden nicht als Vermittlungsziele formulieren; definitiv zur Verbindung von wissenschaftlichen Konzepten und Forschungsmethoden in konkreten Anwendungen. Zur Aussage über Verlässlichkeit der Aussagekraft von Daten und wie Wissenschaft versucht diese Aussagen abzusichern, existieren einige Hinweise einer Entwicklung, aber auch einige Fehlkonzepte. Betreffend dem Umgang mit Inskriptionen scheint es einige Entwicklungen zu geben, in der Anwendung der Methode der Beobachtung und Erstellung der Pollendiagramme – vieles dieser Anwendungen erscheinen aber intuitiv und die Motivation für die Implementierung bleibt implizit. Die Daten geben so keine erkennbaren Indikatoren, dass die Studierenden es als Zugang dazu erkennen, wie Ausschnitte der Realität zu Inskriptionen werden.

Schneider & Plasman (2011) berichten im Bereich Verständnis und Einstellungen von LehrerInnen zu NOS von minimalen Entwicklungen. Dabei ist am ehesten noch eine Entwicklung von der Vorstellung, dass sich Naturwissenschaft aus vielen individuell abgrenzbaren Wissensgebieten zusammensetzt, zu

einer integrierten Sichtweise und Wahrnehmen der Wissensbereiche der Naturwissenschaften als miteinander vernetzt. Dieser Schritt ist bei Novizen noch nicht zu erwarten und spiegelt sich auch in den Ergebnissen wieder. Mit einer wenig integrierten Sicht der Wissensgebiete von Naturwissenschaften geht die Vorstellung von Lernen als Transmission einher, also von Vermittlung von Wissen durch eine Lehrperson. (Schneider & Plasman, 2011). Diese Sicht macht *Inquiry* als nicht-transmissive Unterrichtsmethode wohl zunächst unattraktiv und schwierig zu implementieren. Fortgeschrittene LehrerInnen beachten die bereits vorhandenen Wissensbestände und Vorstellungen über die Naturwissenschaften mehr und versuchen einerseits darauf aufzubauen, gewähren ihnen andererseits auch mehr Freiheit in der Erforschung von Konzepten und Themen (ebd.).

Die Beobachtungsaufgaben, die die StudentInnen in ihre Projekte einbauen, haben oberflächlich betrachtet den Charakter von „hands on“, da sich in den Ergebnissen kaum Anhaltspunkte dafür finden, dass die Studierenden bewusst darauf fokussiert waren, Methoden und Praktiken der Naturwissenschaften als Inhalte zu vermitteln. Tatsächlich erscheinen die Beobachtungen und Analysen als „begleitete *Inquiry*-Aufgaben“, mit dem Ziel Aussagen über eine vorgefertigte Frage zu treffen (siehe Kategorien von *Inquiry*, Abschnitt 4.3). Betrachtet man die Aufgabenstellungen, beinhalten Sie Erkenntnisse wie „*Man muss genau schauen um richtige Ergebnisse zu bekommen*“, was Schneider & Plasman (2011) als eine basale Lehrersichtweise über die Natur der Naturwissenschaften kategorisieren: dass nämlich durch ausprobieren naturwissenschaftlicher Methoden bereits Erkenntnisse über Naturwissenschaften erworben werden. Darüber hinaus wird bei den meisten Gruppen die Beobachtung durchgeführt, mit dem Ziel für oder gegen eine Hypothese argumentieren zu können (Schlussfolgern). Wenn sie Studierenden zumindest diesen Schritt in zukünftige Lernumgebungen einbauen, kann dies wohl als Erfolg gesehen werden.

Generell kann gesagt werden, dass in den als Ziele der LV Leiterinnen explizit formulierten Bereichen durchaus Hinweise für einen Wissenszuwachs gibt, auch wenn sie von den Studierenden nicht als Vermittlungsziele formuliert werden. Der Kurs arbeitet mit einem Ausschnitt von Wissenschaft, nämlich Palynologie, mit ihren Eigenheiten, die vorrangig erkennbare Wissenschaftsaspekte hat: „Arbeiten mit Inskriptionen“ in Verbindung mit „Wie kommt Wissenschaft zu ihren Erkenntnissen?“ und „was ist die Natur von gesichertem Wissen?“ und andere, die weniger erkennbar sind - konkret etwa die kognitiven Aktivitäten authentischen forschenden Lernens - aber auf jeden Fall das Potential

bietet die auch zu besprechen: Was ist eine Forschungsfrage, was sind überhaupt überprüfbare Fragen, Vergleich mit anderen Forschungsergebnissen, usw?

Schneider & Plasman (2011) führten eine Meta-Studie zur PCK Entwicklung von Naturwissenschafts-LehrerInnen durch, in der sie 91 Studien analysierten, die sich damit auseinandersetzten. Betreffend der Entwicklung von PCK zu *Inquiry* und NOS geben sie an, dass Interventionen und Programme, die zum Ziel hatten LehrerInnen zu helfen, *Inquiry* zu verstehen und in ihrem Unterricht zu implementieren oft berichten, dass diese LehrerInnen *Inquiry*-Fähigkeiten als Lernziele für ihre SchülerInnen angeben. Interventionen und Programme, die zum Ziel hatten NOS-Inhalte als Vermittlungsziele von LehrerInnen zu implementieren, berichten üblicherweise eingeschränkte Erfolge diesbezüglich (ebd.). In den Ergebnissen dieser Arbeit finden sich weder *Inquiry*- noch NOS-Inhalte in den Vermittlungszielen der Studierenden, die sie vor Durchführung ihrer Projekte formulieren sollten – **warum ist das so?**

Naheliegend wäre ein Erhebungsfehler, jedoch wurde den Studierenden während der Diskussion zur Formulierung ihrer Vermittlungsziele mehrfach dahingehend instruiert, dass auch „Methodische Aspekte der Palynologie als Wissenschaft“ und „Generelle Erkenntnisse über Wissenschaft, die forschendes Lernen im Rahmen der Palynologie vermitteln kann“ Vermittlungsziele sein können. Aus der Dokumentation von Interventionen und Programmen, die auf *Inquiry*- und NOS-Inhalte abzielen, bilden sich mehrere Schwierigkeiten ab, die Erklärungsansätze für diese Frage liefern können:

1) Um SchülerInnen mit sinnvollen *Inquiry*-Umgebungen anzuleiten und um das Wissen aufzubauen, diese Umgebungen zu entwerfen, damit SchülerInnen aktiv Verständnis über wissenschaftliche Konzepte aufbauen können, braucht es Zeit und fortlaufende Anleitung (Schneider & Plasman, 2011).

2). Viele Autoren (Allchin, 2011; Capps et al. 2012, Chinn & Malhotra, 2002) sehen als Voraussetzung für den Aufbau von adäquaten Wissenschaftsverständnis ein möglichst breites Verständnis der wissenschaftlichen Praxis. Tatsächlich kann von Novizen, die an der Universität Wien ein Lehramtsstudium Biologie durchlaufen, ein solches Verständnis der wissenschaftlichen Praxis nicht erwartet werden, so sie es sich nicht im Eigenstudium erwerben, da sich im Curriculum keine entsprechenden Kurse mit diesen Inhalten finden. Als Grund für nicht adäquate Ansichten und Fehlkonzepte über *Scientific Inquiry* und NOS wird unter anderem der fehlende Kontakt zu authentischen Forschungskontexten und nicht vorhandener Erfahrung mit wissenschaftlichen Untersuchungen (Chinn & Malhotra, 2002; Schwartz & Crawford, 2006) genannt. Viele LehrerInnen

und speziell Novizen sehen Naturwissenschaften als distinkte Wissensgebiete, ohne übergreifende Konzepte und Vernetzung an. Die meisten LehrerInnen machen ihre Erfahrungen mit Wissenschaft lediglich in Universitätskursen, die vorrangig Vorlesungscharakter haben und Wissen als diskrete Einheiten präsentieren (Schneider & Plasman, 2011). Das führt dazu, dass neu beginnende LehrerInnen die übergreifenden Konzepte der Biologie gar nicht als Vermittlungsziele erkennen können und sehen sich nicht als das, wozu sie Curriculumsreformen auserkoren haben, nämlich als Vermittler von *Scientific Literacy*.

3) Eine einzige Intervention ist nicht genug. Wie auch Schneider und Plasman (2011) betonen, ist die andauernde Ausbildung in *Inquiry*- und NOS-fokussierten Programmen der Faktor der am meisten Erfolg bringt. Akerson et al. (2005) dokumentieren, dass Novizen mit inadäquaten Ansichten über NOS, die an einen Kurs mit expliziten NOS-Inhalten und reflexiven Anteilen teilnahmen, ihre Ansichten nach einem Semester verbesserten. Jedoch 5 Monate nach dem Ende des Kurses zu ihren alten, inadäquaten Ansichten zurückkehrten. Richardson (1996) erklärt, dass es im Rahmen von *Professional Development*-Kursen am ehesten zu Modifizierungen und Erweiterungen der Beliefs von LehrerInnen kommt. Wobei ihren Studien zufolge Erfahrungen, die während der LehrerInnenausbildung gemacht werden, üblicherweise zu kurz dauern, um bleibende Änderungen in Beliefs hervorzurufen.

4) Selbst wenn LehrerInnen adäquates NOS Wissen haben, heißt das nicht automatisch, dass dieses Wissen sich in ihrem Unterricht widerspiegelt (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b). Gerade bei Novizen überlagern andere Faktoren noch sehr stark die Unterrichtssituation, wie etwa *Classroom Management* und Lehrplanangelegenheiten, Zeitdruck bezüglich der Vermittlung von Inhalten, auch im Hinblick auf standardisierte Prüfungen und Einschätzung der SchülerInnen bezüglich Fähigkeiten und Motivation epistemologische Inhalte zu lernen (Abd-El-Khalick, 2012).

5) In diesem Zusammenhang muss man auch überlegen, ob der österreichische Lehrplan diese Vermittlungsaspekte deutlich genug unterstreicht. Studierende setzen sich oft erst mit dem Eintritt in die Berufswelt mit Lehrplänen auseinander, d.h. Novizen sind naiv, was diesen Aspekt der Motivation von Unterrichtsinhalten betrifft. Betrachtet man aber die Lehrpläne sind dort lediglich die Kompetenzen, aufgezählt, die SchülerInnen beherrschen sollen aufgeführt, dass diese aus Wissenschaftsverständnis gespeist und mit dem Ziel von *Scientific Literacy* formuliert sind geht unter¹¹.

¹¹ Vgl. Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe, bifie Wien, 2011.

Wie wirkt es sich auf die Einstellung der Studierenden zur Vermittlung dieser Inhalte und zur Anwendung von forschendem Lernen im Unterricht aus?

Beliefs über die Naturwissenschaften: Im Moment sehen die Studierenden die Biologie als Naturwissenschaft noch als unvernetzten Wissensbestand. Auch *Inquiry*-Aktivitäten, wie das Formulieren einer bearbeitbaren Forschungsfrage, oder Hypothesenbildung werden als alleinstehende Informationsquanten mehr oder weniger frontal unterrichtet, ohne den SchülerInnen die Möglichkeit zu bieten, diese Vorgänge selbst zu durchlaufen. Nach Schneider & Plasman (2011) befinden sich die Studierenden in der Organisation ihres Wissens über die Naturwissenschaften auf der ersten Stufe der Progression hin zu komplexeren und ausgereifteren Ansichten, was sich abbildet als:

„Science is a set of known ideas that can be divided into small pieces of information to be delivered to the learner and knowledge is divided into right answers and misconceptions.“ (Schneider & Plasman, 2011, S. 543)

Da sich die StudentInnen laut Ergebnissen noch vorwiegend in diesem Bereich ihrer Konzeptionen von Biologie und Biologie als Naturwissenschaft befinden, ist es schwer zu sagen, ob sie den Wert von Forschendem Lernen höher einschätzen als die Anwendung von Fachwissen in einer praktischen („hands on“) Aufgabe.

Konkret findet sich in den Ergebnissen die Ansicht, dass das eigenständige, praktische Durchmachen der Aktivitäten (etwa Fragestellungen entwickeln und Untersuchungen durchführen) eine andere Qualität hat, als wenn es nur im Unterricht durchbesprochen wird. Bedenken zeigen sich bezüglich der zeitlichen Anforderungen, die dieser Art zu unterrichten inherent ist, bezüglich des Absolvieren des im Lehrplan vorgegeben Stoffumfangs. Berechtigterweise gibt es hier den Einwand der LV-Leiterinnen, ob dies nicht eine Sozialisierungsfrage ist:

„Aber das übernehmen sie direkt von ihren Lehrern. Das haben sie sicher oft von ihren Lehrerinnen gehört, wobei im Wahlpflichtfach z.B. an sich gibt's ja keinen Stoff. da entscheidest du ja selber, wenn du es aber in der 4. machst, passt es aber auch wunderbar rein.“ (Interview LV-Leiterinnen, Zeile 338-342).

Vor allem, da die Studierenden noch nicht konkret die Erfahrung gemacht haben, den Lehrplanumfang eines Schuljahres zu planen. Weitere limitierende Faktoren sehen die Studierenden im Authentizitätsanspruch und den Möglichkeiten in der Schule. Großen Einfluss auf die entworfenen Unterrichtsstunden hat ausserdem die Unklarheit, wieviel Freiraum sie den SchülerInnen zutrauen können, was eindeutig eine Frage der fehlenden Unterrichtserfahrung generell ist und wo es im Laufe einer LehrerInnenkarriere zu Besserung kommen wird. Zumindest eine Gruppe formuliert hier explizit, dass rückblickend SchülerInneninteresse noch mehr in die Wahl der Themenbereiche einbezogen hätte werden können, um die Motivation zu steigern. Ein Hinweis darauf, dass die Möglichkeit Unterrichtseinheiten zu reflektieren, entscheidend dafür ist, positive Veränderungen hervorzurufen.

Hat eine Veränderung in ihren *Beliefs* und Einstellungen zu Forschendem Lernen über die Vorteile des praktischen Arbeitens hinaus stattgefunden? Diese Frage kann schlussendlich nicht innerhalb der Arbeit beantwortet werden, da sie nicht differenziert genug erhoben wurde und auch während der induktiven Kategoriebildung keine konkreten Indikatoren dafür gefunden wurden. Die interviewten Studierenden geben grundsätzlich an, der Methode positiv gegenüber eingestellt zu sein. Natürlich kann man nicht überprüfen, ob und wie sie die Methode in Zukunft einsetzen werden. Wenn die Studierenden den Ansatz als zu schwierig empfinden, oder sie nicht als Zielführend erkennen, nehmen sie ihn dann in ihr Repertoire auf? Außerdem bleibt die Frage, wie tief sie das Konzept Forschendes Lernen als Lernmethode gedanklich durchdringen und die dafür nötige Wissensbasis im Bereich der NOS nicht, oder noch nicht besitzen. Allgemein bleibt festzuhalten: ohne wirklich von den Möglichkeiten einer Unterrichtsmethode, wie etwa, dass Forschendes Lernen Inhalte bezüglich *Scientific Inquiry* und NOS vermitteln kann, überzeugt zu sein, wird sie nicht angenommen (Richardson, 1996; Gess-Newsome, 1999). Wahrscheinlicher ist aber hier, dass die Studierenden aufgrund ihres eigenen Rollenbilds als Lehrer, oder der fehlenden Selbstwirksamkeit wegen fehlenden Wissensbesänden was NOS Inhalte betrifft (nicht vorhandene Thematisierung im Studium), sich dafür entscheiden diese Inhalte frontal zu unterrichten. Nicht, dass die Studierenden nicht überzeugt davon sind, dass das aktive Durchlaufen dieser Aktivitäten bei den SchülerInnen größeren Lernerfolg verspricht.

9. Weiterführende Fragen und Ausblick

Die LV-Leiterinnen sprechen im Interview die Möglichkeit an,

„[...] ob das Authentische Forschende Lernen überhaupt sinnvolle Lehr-Lernmethode ist um in der Lehrerfortbildung Novizen zu unterrichten. Oder ob das vielleicht schon zu fordernd ist [...]“

(Interview LV-Leiterinnen, Zeile 383-385)

Meines Erachtens muss die Frage lauten, ob Forschendes Lernen in einem authentischen Setting von Novizen, die keinerlei Erfahrung mit selbstständigen Durchführen von Wissenschaft, Wissenschaftstheorie, -Philosophie, -Geschichte oder Sozialisierung in einer Wissenschaftscommunity gemacht haben, als Möglichkeit epistemologische Aspekte zu vermitteln gesehen werden kann. Ganz abgesehen davon, ob sie unter solchen Voraussetzungen selbstständig gehaltvolle *Inquiry*-Umgebungen schaffen können.

Im Laufe eines Fachstudiums kommt es zu einer Sozialisierung in einer Wissenschaftstradition – auch das heißt nicht, dass hier explizites Wissen über NOS entsteht. Schwartz & Crawford (2006) berichten, dass WissenschaftlerInnen nicht notwendigerweise adäquatere Ansichten über NOS haben, wie sie aus epistemologischer und wissenschaftsphilosophischer Sichtweise gesehen werden. Bell et al. (2003) zeigen in einer Vergleichsstudie, dass diejenigen, die sich mit Wissenschaftsphilosophie auseinandersetzen, oft adäquatere NOS Ansichten besitzen, auch wenn sie nicht an authentischen wissenschaftlichen Untersuchungen teilnehmen. Gründe dafür könnten sein, dass WissenschaftlerInnen als Teil der wissenschaftlichen Community nicht unbedingt über NOS Konzeptionen nachdenken, so wie das Personen machen, die außerhalb dieser Communities stehen. Das heißt, Teilnahme an der wissenschaftlichen Community hat Einfluss auf die Ansichten über NOS (Schwartz & Crawford, 2006). Ohne den reflexiven Aspekt, das Nachdenken über und Analysieren von Praxis haben aber auch authentische Lernumgebungen nicht notwendigerweise Einfluss auf das Ausbilden adäquater Repräsentationen von NOS. Wissenschaftler betreiben Wissenschaft, müssen aber kein Metawissen aufbauen darüber, oder explizieren, was sie machen. Vielleicht sind sie sich dessen bewusst, tatsächlich ist es aber nicht nötig, wissenschaftstheoretisches Wissen zu haben, um erfolgreich Wissenschaft zu betreiben. Lehramtsstudierende sind nun einerseits keine Hauptfachstudenten und durchlaufen keine „Ausbildung als Naturwissenschaftler“, sie führen keine wissenschaftlichen Untersuchungen durch und haben so auch nicht die Möglichkeit, durch das aktive Betreiben von Naturwissenschaft dieses Wissen vielleicht passiv aufzubauen. Andererseits haben sie

auch keinen expliziten wissenschaftstheoretischen, -philosophischen, geschichtlichen Unterricht über die Natur der Naturwissenschaften, die Lehrpläne verlangen allerdings, dass sie SchülerInnen zu *Scientific Literacy* verhelfen.

Das Ziel der naturwissenschaftlichen LehrerInnenausbildung muss sein, zukünftigen LehrerInnen zu helfen, adäquates Wissen und Konzepte von NOS aufzubauen. Nur, wenn diese Konzepte und Eigenheiten von Wissenschaft gedanklich durchdrungen und verstanden werden, ist es möglich wertvolle *Inquiry*-Lernsituationen zu schaffen. Genausowenig wie bloßes „hands on“ oder unreflektiertes Lernen in *Inquiry*-Umgebungen bei SchülerInnen adäquates NOS-Wissen hervorruft, baut das bloße Unterrichten mit Forschendem Lernen kein Wissenschaftsverständnis bei zukünftigen LehrerInnen auf. Unterricht muss immer eine Zielformulierung haben, um die dann Aktivitäten strukturiert werden, die die *Outcomes* hervorbringt, die in diesen Zielen als erwünscht gelten. Umgelegt auf NOS Inhalte, die mit *Inquiry* unterrichtet werden sollen, formuliert das Abd-El-Khalick (2012) so:

„[...] understandings are better developed in situations where teaching about NOS is meaningfully embedded and integrated into addressing instructional outcomes related to science content knowledge, integrated inquiry skills, and/or understandings about inquiry.“ (Abd-El-Khalick, 2012, S. 2098).

Im Fall der LV sind die Lernziele der LV-Leiterinnen zu Verstehen wie die Palynologie zu den Pollenprofilen kommt, warum sie das macht und was diese Pollenprofile aussagen können, sowie die epistemologischen Implikationen. Der vorliegende Kurs vermittelt also so etwas wie „Nature of Palynology“. Aus den Ergebnissen zeigt sich, dass diese Ziele zum Teil erreicht werden, dass die Studierenden aber keine globalen epistemologischen Erkenntnisse daraus gewinnen und weiterhin Fehlkonzeptionen bezüglich grundlegender NOS-Konzepte aufweisen.

Das Problem, das sich abzeichnet ist: Ohne grundlegendes Wissenschaftsverständnis können die Studierenden exemplarisches NOS Wissen – wie hier das Arbeiten mit Inskriptionen/Abbildungen der Wirklichkeit nicht in ein größeres ganzes einordnen (können). Ohne tieferes Durchdringen der epistemologischen Gegebenheiten gehen Bezüge verloren und auch Lernmöglichkeiten, die eine informierte Lehrperson spontan aus SchülerInnenfragen kreieren könnte, verstreichen ungenutzt. Der Fokus müsste sein, dass zukünftige LehrerInnen in einem Studium, das darauf ausgelegt ist Wissenschaft und Inhalte, die durch wissenschaftliches Arbeiten entstanden sind zu vermitteln, nicht rein als isolierte Wissensbestände unterrichtet wird. Dafür sollte in der naturwissenschaftlichen LehrerInnenbildung neben den Fachinhalten, die natürlich Voraussetzung für wertvollen Unterricht darstellen, auch Platz für den Aufbau anderer für die NOS-Vermittlung relevanter Wissensdomänen und Fähigkeiten sein. Angefangen

bei der Selbstwirksamkeit diese Inhalte auch unterrichten zu *wollen* und zu *können*, sprich die pädagogischen Erkenntnisse und Fähigkeiten um *Inquiry*-basierende Lernumgebungen zu schaffen (Abd-El-Khalick, 2012), generelle sowie Inhaltsspezifisches NOS-Wissen (vgl. Abd-El-Khalick, 2012, S. 2101), das auch die epistemologische Aspekte wie:

„[...] historical, philosophical, psychological and/or sociological aspects of the development of scientific knowlege [...] relevant to the content being taught.“ (Abd-El-Khalick, 2012, S. 2101).

miteinbezieht. Was zukünftige LehrerInnen schlussendlich dazu in die Lage versetzen sollte, gleichzeitig *mit* und *über* NOS zu unterrichten (Abd-El-Khalick, 2012), also einerseits Lernumgebungen zu schaffen, die *mit* authentischen und wertvollen Scientific *Inquiry* Vorgängen agieren, in Verbindung mit expliziten und reflexiven Anteilen *über* NOS Inhalte, die mit diesen Vorgängen in Verbindung stehen.

Auf diese Grundlagen aufbauend, könnte man Lehrveranstaltungen wie die beforschte anschließen, die den Studierenden konkrete, authentische Wissenschaftsrepräsentationen aufzeigt, die zu wertvollen Lernerfahrungen für SchülerInnen werden können. Dann würde man vielleicht auch Unterrichtsentwürfe sehen, in denen nicht das Fachwissen vorherrscht, sondern auch explizite NOS-Inhalte als Lernziele formuliert sind. Die Ergebnisse deuten an, dass in den Projekten durchaus Aspekte von authentischem *Inquiry* stattgefunden haben, diese werden von den Studierenden aber nicht als NOS inhalte erkannt und auch nicht als Vermittlungsinhalte (Unterrichtsplanung/Big Ideas) geplant. NOS Wissen und explizites Wissen über *Inquiry* wird als Kontextwissen für Fachinhalte und pädagogische Aktivitäten diese Inhalte zu vermitteln angesehen und sollte daher nicht implizit bleiben, sondern sollte den LehrerInnen auch bewusstgemacht werden. Wenn man die Forschungsergebnisse betrachtet, wonach Fortschritte in NOS Wissen bei LehrerInnen in erster Linie durch andauernden expliziten Unterricht und Reflexion darüber entstehen und gleichzeitig erkennt, dass in der Ausbildung von LehrerInnen diese Wissenschaftsaspekte und die Auseinandersetzung um die nötigen Skills aufzubauen schlichtweg fehlen (Schneider & Plasman 2011); Bleiben Fortbildungen auf Ebene von episodischen, authentischen Ansätzen dann nur ein Tropfen auf den heißen Stein? Welche Inhalte muss eine universitäre Ausbildung haben, damit zukünftige BiologielehrerInnen kompetent und selbstwirksam naturwissenschaftliche Inhalte UND adäquate Ansichten über die Natur der Naturwissenschaften zu vermitteln?

Hinsichtlich der Reformen des neuen Lehrplans zeigt sich: Im Bachelorcurriculum des Lehramtstudiums Biologie und Umweltkunde¹² kommt das Wort „Wissenschaftstheorie“ außer in der Einleitung nur noch einmal vor – im Rahmen des „Pflichtmodul: Fachdidaktik des Biologieunterrichts“, somit bleibt es an der Fachdidaktik hier für Wissenschaftsverständnis zu sorgen, in der fachwissenschaftlichen Ausbildung bleibt es ein nicht formuliertes Ziel. Im Curriculum des Masterstudiums¹³ erscheint das Wort übrigens kein einziges Mal.

Unter diesen Voraussetzungen können wir nicht erwarten, alle Lehramtsstudierenden in eine umfassend in NOS gebildete Lehrperson zu verwandeln. Vor allem muss man auch in Betracht ziehen, dass Lehramtsstudierende in Österreich zwei Fächer studieren müssen und Biologie (oder jedes andere Naturwissenschaftliche Fach) nicht notwendigerweise das Fach mit dem höchsten Interesse darstellt, sondern je nach Biografie, vielleicht auch ein Kompromiss war. Trotz all dieser Gegebenheiten, muss ein Weg gefunden werden, adequate Lernprozesse *über* und *mit* NOS (Abd-El-Khalick, 2012) zu initiieren. Um diese Lernprozesse hervorzurufen müssen die Studierenden und zukünftigen LehrerInnen ein PCK der Wissenschaftsvermittlung aufbauen. Dazu müssen sie diese Inhalte als Vermittlungsinhalte erkennen und formulieren, *Inquiry* als Methode an sich und *Inquiry*-Inhalte in zentrale Themen (Big Ideas) einteilen können und pädagogische Strategien zur Vermittlung und dem *Assessment* entwickeln. Dies muss auf einer Wissensbasis beruhen, die im Rahmen der Universitätsausbildung aufgebaut wird. Nicht nur durch passive Sozialisierung innerhalb einer Forschungsdisziplin, sondern auch explizit, und reflektiert. Dies wird nötig sein, damit Studierende sinnvoll *mit* NOS und *über* NOS unterrichten können.

¹² https://ssc-lebenswissenschaften.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/s_ssc_lebenswissenschaften/1_Curricula_aktuell/Teilcurriculum_Biologie_und_Umweltkunde_BA_Lehramt.pdf (Zugriff 22.01.2018)

¹³ https://ssc-lebenswissenschaften.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/s_ssc_lebenswissenschaften/1_Curricula_aktuell/Teilcurriculum_Biologie_Umweltkunde_MA_Lehramt.pdf (Zugriff 22.01.2018)

Literaturverzeichnis

Akerson, V., Morrison, J., McDuffie, A. (2006). One course is not enough: Preservice elementary teachers' retention of improved views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching* 43(2). 194 - 213.

Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N.G. (2000): Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. In: *International Journal of Science Education* 22(7). 665-701

Abd-El-Khalick, F. (2006): Preservice and Experienced Biology Teachers' Global and Specific Subject Matter Structures: Implications for Conceptions of Paedagogical Content Knowledge. In: *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 2(1).

Abd-el-Khalick, F., & Ledermann, N. G. (2000). The influence of history in science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 1057-1095.

Abell, S.K., et.al. (2006): Inquiry in Science Teacher Education. . In: Flick, L.B. & Lederman N.G. (Editors): *Scientific Inquiry and Nature of Science – Implications for Teaching, Learning and Teacher Education*. Science & Technology Education Library Volume 25. Springer.

Abd-el-Khalick, F. (2012): Teaching with and about Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains. *Science & Education* 22(9). 2087-2107.

Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95(3), 518 – 542.

American Association for the Advancement of Science. (1993) *Benchmarks for Science Literacy*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.

Atkinson, R. & Shiffrin, R. (1968): Human Memory: A proposed system and its control processes In: K. Spence & J. Spence (Editors), *The psychology of learning and motivation* (Vol2, 89-195). New York: Academic.

Barron, B. & Darling-Hammond, L. (2008): Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning. In: *Powerful Learning: What We Know About Teaching for Understanding* (S.11-70). San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Barron, B., Schwartz, D., Vye, N., Moore, A., Petrosino, A., Zech, L., Bransford, J., & The Cognition and Technology Group at Vanderbilt. (1998). Doing with understanding: Lessons from research on problem- and project-based learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 7. 271-311

Baumert, J., Bos, W., Brockmann, J., Gruehn, S., Klieme, E., Köller, O., et al. (2000). TIMSS/III–Deutschland. Der Abschlussbericht. Zusammenfassung ausgewählter Ergebnisse der Dritten Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie zur mathematischen und naturwissenschaftlichen Bildung am Ende der Schullaufbahn. Berlin.

Behr, T. & Temmen, K. (2012): Teaching experience – Improving Teacher Education with Experimental Learning. In: *International Journal on New Trends in Education and Their Implications* 3 (3), 60-73

Bell, R., Blair, L., Crawford, B., Lederman, N.; (2003): Just do it? impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487-509.

Bortz, J. & Döhring, N. (2002). Forschungsmethoden und Evaluation für Human und Sozialwissenschaftler. 3. Aufl. Springer Verlag.

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R., (Eds). (1999). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Washington, DC: National Academy Press.

Bromme, R. (2005). Lehrerexpertise. In W. Schneider, M. Hasselhorn (Ed.), *Handbuch der Pädagogischen Psychologie*. Göttingen: Hogrefe.

Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann

Bybee, R. W. (2006): Scientific Inquiry and Science Teaching. In: Scientific Inquiry and Nature of Science – Implications for Teaching, Learning and Teacher Education. Science & Technology Education Library Volume 25. Springer.

Capps DK, Crawford BA, Constan MA (2012) A review of empirical literature on inquiry professional development: alignment with best practices and a critique of the findings. *J Sci Teach Educ* 23:291–318

Cheek, H. N. & Castle, K. (1981): The Effects of Back-to-Basics Mathematics Education. *Contemporary Educational Psychology*, 6(3), 263-277.

Chicoine, D. (2004): Ignoring the Obvious: A Constructivist Critique of a Traditional Teacher Education Program. *Educational Studies: Journal of the American Educational Studies Association*, 36(3), 245-263.

Chinn CA, Malhotra BA (2002) Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *SciEduc* 86:175–218

Cochran et al. (1991) „Paedagogical Content Knowledge: A Tentative Model for Teacher Preparation“ Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago

Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 87–114.

Darling-Hammond, L. (2008). Introduction: Teaching and learning for understanding. *Powerful Learning: What We Know About Teaching for Understanding* (pp. 1- 9). San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Davis, B., Sumara, D., Luce-Kappler, R. (2008): *Engaging Minds: Changing Teaching in Complex Times*. New York, NY: Routledge.

DeBoer, G.E. (2006): Historical Perspectives on Inquiry Teaching in Schools. In: Scientific Inquiry and Nature of Science – Implications for Teaching, Learning and Teacher Education. Science & Technology Education Library Volume 25. Springer.

Develaki, M. (1998). Die Relevanz der Wissenschaftstheorie für das Physikverstehen und Physiklernen. Berlin: Dissertation.

Dittmer, A. (2005) Universitäre Biologielehrerausbildung und Wissenschaftsphilosophie. Der Einfluss des Studiums auf die Thematisierungsbereitschaft wissenschaftsphilosophischer Fragen im Biologieunterricht In: *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* (2005), S67-81

Donovan, M. S., Bransford, J. D., & Pellegrino, J. W. (Eds). (1999). *How People Learn: Bridging Research and Practice*. Washington, DC: National Academy Press.

Espinosa-Bueno, J. S. et al. (2011): Paedagogical Content Knowledge of Inquiry: An Instrument to Assess It and Its Application to High School In-Service Science Teachers. *US-China Education Review*, Vol.8, No. 5, 599-614

Fang, Z. (1996). A review of research on teacher beliefs and practice. *Educational Research*, 38, 47-65.

Flick, L.B. & Lederman N.G. (2006): Scientific Inquiry and Nature of Science – Implications for Teaching, Learning and Teacher Education. Science & Technology Education Library Volume 25. Springer.

Flick, L.B. (2006). Developing Understanding of Scientific Inquiry in Secondary Students. In: Flick, L.B. & Lederman N.G. (Editors): Scientific Inquiry and Nature of Science – Implications for Teaching, Learning and Teacher Education. Science & Technology Education Library Volume 25. Springer.

Fradd, S.H.; Lee, O.; Sutman, F.X.; Saxton M.K. (2001): Materials development promoting science inquiry with English language learners: A case study. In: *Bilingual Research Journal* 25(4), p. 479-501

Frank, M. L. (1990): What Myths about Mathematics Are Held and Conveyed by Teachers? *Arythmetic Teacher*, 37(5), 10-12

Friesen, S., & Scott, D. (2013). Inquiry-based learning literature review. Retrieved from <https://inspiring.education.alberta.ca/wp-content/uploads/2014/04/Inquiry-Based-Learning-A-Review-of-the-Research-Literature.pdf>

Gess-Newsome, J. (1999) Secondary Teachers' Knowledge and Beliefs about Subject Matter and their Impact on Instruction. In: Gess-Newsome, J.& Lederman, N.G. (Editors): *Examining Paedagogical Content Knowledge. The Construct and its implications for Science Educators*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 70-83.

Gess-Newsome, Julie (2015): A Model of Teacher Professional Knowledge and Skill including PCK. Results of the thinking from the PCK Summit. In: Amanda Berry, Patricia J. Friedrichsen und John Loughran (Hg.): *Re-examining pedagogical content knowledge*

Glaser, R. (1992). Expert Knowledge and Process of Thinking. In D. F. Halpern (Ed), *Enhancing Thinking Skills in Science and Mathematics* (pp. 63-75). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Grangeat, M. & Kapelari, S. (2015): Introduction: Exploring the Growth of Science Teachers' Professional Knowledge. In: Grangeat, M. (Ed.), *Understanding Science Teachers' Professional Knowledge Growth*. Rotterdam: Sense Publishers (S. 1-9).

Greeno, J. G. (2006). Learning in Activity. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 79-96). Cambridge: Cambridge University Press.

Grossmann, P. L. (1990) *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College, Columbia University.

Gudmundsdottir, S. (1990). Values in Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 44-52.

Harlen, W. (1999). *Effective teaching of science*. Edinburgh: The Scottish Council for Research in Education (SCRE).

Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analysis relating to achievement*. New York, NY: Routledge.

Hay, K. E., & Barab, S. A. (2001). Constructivism in Practice: A Comparison and Contrast of Apprenticeship and Constructionist Learning Environments. *The Journal of The Learning Sciences*, 10(3), 281-322.

Heidinger, C., Amon, H., & Walenta-Draxler, V. (2014). Pollen im Zeugenstand – Authentisches Forschendes Lernen im Feld der Forensischen Palynologie. *Zeitschrift für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (MNU)*, 67, 328 – 332.

Heidinger, C.; Amon, H.; Walenta-Draxler, V. (2014): Pollen im Zeugenstand – Authentisches Forschendes Lernen im Feld der Forensischen Palynologie. In: *Zeitschrift für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (MNU)*, 67, S. 328-332.

Heidinger, Ch., & Radits, F. (2012). Authentic inquiry learning: Students and scientists “onequal terms”. In C. Bruguière, A. Tiberghien, P. Clément, J. Viiri & D. Couso (Hrsg.), *Proceedings of the ESERA 2011 conference: Science learning and Citizenship* (Bd 13, S. 52-57). Lyon: ESERA.

Heidinger, Ch., Amon, H., & Walenta-Draxler, V. (2014). Pollen im Zeugenstand – Authentisches Forschendes Lernen im Feld der Forensischen Palynologie. *Zeitschrift für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (MNU)*, 67, 328 – 332.

Heidinger, Ch., Amon, H., & Walenta-Draxler, V. (2014). Pollen im Zeugenstand – Authentisches Forschendes Lernen im Feld der Forensischen Palynologie. In: Radits, F., et. al. (2015) *KIP3 - Authentisches Forschendes Lernen in biologischen Forschungsprojekten (Entwicklung und Implementation)*. Endverwendungsnachweis zum Projekt. Eigenverlag. 104-113.

HERMAN, B. C., CLOUGH, M. P. and OLSON, J. K. (2013), Teachers’ Nature of Science Implementation Practices 2–5 Years After Having Completed an Intensive Science Education Program. *Sci. Ed.*, 97: 271–309.

Hmelo-Silver, C. E.; Duncan, R. G.; Chinn, C.A. (2007): Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark. In: *Educational Psychologist*, 42(2), p.99-107

Hofer, B. K. & Pintrich, P. R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research* 67, 88-140.

Jonen, A., Möller, K. & Hardy, I. (2003). Lernen als Veränderung von Konzepten – am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In D. Cech & H.-J. Schwier (Hrsg.), *Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht* (S. 93-108). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Karmas, C. (2011): School to Work: Using Active Learning to Teach Business Writing, *Online Submission US-China Education Review* 8(3) 302-316

Kind, V. (2009): “Pedagogical content knowledge in science education: Perspectives and potential for progress”. *Studies in Science Education* 45 (2), 169-204.

Kind, V. (2009b). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169 - 204.

Kirschner, P., Sweller, J. & Clarke, R. (2006): Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experimental and inquiry-based teaching. In: *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.

- Klahr, D. & Nigam, M. (2004): The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. In: *Psychological Science*, 15, 661-667.
- Kolb, A.Y. & Kolb, D.A. (2005). Learning Styles and Learning Spaces: Enhancing Experiential Learning in Higher Education. In: *Academy of Management Learning & Education*, vol. 4 no. 2 193-212
- Krüger, D. (2003). Entwicklungsorientierte Evaluationsforschung – Ein Forschungsrahmen für die Biologiedidaktik. In: *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* (2003), S. 7-24.
- Lederman, J.S. & Lederman, N.G. (2017) Understandings of Scientific Inquiry: An International Collaborative Investigation of Seventh Grade Students. Conference Paper: ESERA Conference 2017, At Dublin, Ireland
- Lederman, N.G. (2006a): Syntax of Nature of Science within Inquiry and Science Instruction. In: Flick, L.B. & Lederman N.G. (Editors) *Scientific Inquiry and Nature of Science – Implications for Teaching, Learning and Teacher Education*. Science & Technology Education Library Volume 25. Springer.
- Lederman, N.G. (2006b). Research on Nature of Science: Reflections on the Past, Anticipations of the Future. In: *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1), 1-11
- Lederman, Norman. (1992). Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching*. 29. 331 - 359. 10.1002/tea.3660290404.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham, UK: Open University Press.
- Loughran, J.; Berry, A.; Mulhall, P. (2004): In search of pedagogical content knowledge in science. Developing ways of articulating and documenting professional practice. In: *Journal of Research in Science Teaching* 41 (4), S. 370–391.
- Loughran, J.; Berry, A.; Mulhall, P. (2012): *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*. 2nd ed. Rotterdam: SensePublishers (Professional Learning, 12).
- Loughran, John (2010): *What Expert Teachers Do: Enhancing Professional Knowledge for Classroom Practice*. Rotterdam: Sense Publishers
- Luft, J. A., & Roehrig, G. H. (2007): Capturing Science Teachers' Epistemological Beliefs: The Development of the Teacher Beliefs Interview. *Electronic Journal of Science Education*, 11, 38-63.
- Luft, J.A. (2001). Changing inquiry practices and beliefs: The impact of an inquiry-based professional development programme on beginning and experienced secondary science teachers. In: *International Journal of Science Education*, 23(5), 517-534.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of Pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N.G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 95–132). Dordrecht: Kluwer.
- Magnusson, S.J.; Palincsar, A.S.; Templin M. (2006): Community, Culture, and Conversation in Inquiry-Based Science Instruction. In: *Scientific Inquiry and Nature of Science – Implications for Teaching, Learning and Teacher Education*. Science & Technology Education Library Volume 25. Dordrecht: Springer.

- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In: D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 177–186). Berlin: Springer.
- Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. *American Psychologist*, 59, 14–19.
- McComas, W. F. (1998). The Principal Elements of the Nature of Science: Dispelling the Myths. In W. F. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education* (pp. 53-70). Dordrecht: Kluwer.
- McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (2002). The Role and Character of the Nature of Science in Science Education *The Nature of Science in Science Education* (pp. 3-39).
- Mehlmayer-Larcher, B. (2012): *The EPOSTL: A Tool to Promote Reflection in Pre-Service Teacher Education*. In: J. Hüttner, B. Mehlmauer-Larcher, R. Reichl u. B. Schiftner (eds.). *Theory and Practice in EFL Teacher Education. Bridging the Gap*. Bristol: Multilingual Matters, 186-203.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81–97.
- National Research Council (1996). *The National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- National Research Council (2000): *Making the Case for Inquiry*. In: *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: The National Academies Press. p. 115-128
- OECD (2009): *Creating effective teaching and learning environments: First results from Talis*. Paris, FR.
- OECD (2016), *PISA 2015 Ergebnisse (Band I): Exzellenz und Chancengerechtigkeit in der Bildung*, PISA, W. Bertelsmann Verlag, Germany.
- Park, S. et al.: Is PCK necessary for reformed science teaching? Evidence from an empirical study *Research in Science Education* 2010, 41(2), 245-260.
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as
- Peterson, L., & Peterson, M. (1959). Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 193–198
- PISA Konsortium Deutschland (2007): *PISA 2006 Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie*. Waxmann Verlag GmbH, Münster.
- Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(12).
- Pringle, R. M. (2006): Preservice Teacher's Exploration of Children's Alternative Conceptions: Cornerstone for Planning to Teach Science. *Journal of Science Teacher Education*, 17(3), 291-307.
- Professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.
- Putnam, R. T. & Borko, H. (2000). What Do New Views of Knowledge and Thinking Have to Say about Research on Teacher Learning? *Educational Researcher*, 29(1), 4-15.

Radits, F., Heidinger, C., Bardy-Durchhalter, M., Amon, H., Bright, M., Drapela, A., Dulle, M., Feichtinger, K., Grandner-Lendl, E., Inschlag, E., Leditzky, W., Maier, R., Nowak, E., Rauch, F., Ulrich, S., Walenta-Draxler, V., Weber, M., Wenzl, I. (2015) KIP3 - Authentisches Forschendes Lernen in biologischen Forschungsprojekten (Entwicklung und Implementation). Endverwendungsnachweis zum Projekt. Eigenverlag.

Richardson, V. (1996): THE ROLE OF ATTITUDES AND BELIEFS IN LEARNING TO TEACH In J. Sikula (Ed.). Handbook of research on teacher education (second edition, pp. 102-119). New York: Macmillan.

Richardson, V. (1997): Constructivist teacher education: Building a world of understanding. London: Falmer.

Roth, K. (2006). What Science Teaching looks like: An International Perspective. IN: Science in the Spotlight, 64(4), 16-23

Roth, W. M., Eijck, M. v., Reis, G. & Hsu, P. L. (2008). Authentic Science Revisited. Rotterdam: Sense Publishers.

Sawyer, K. (2006): The Cambridge handbook of the learning sciences. New York, NY: Cambridge University Press.

Scheuch, M., Keller, E., & Radits, F. (2012). In-service Biology Teachers' PCK Development: Antithetic Roles of Self Efficacy. In C. Bruguière, A. Tiberghien, P. Clément, J. Viiri & D. Couso (Eds.), *EBOOK PROCEEDINGS OF THE ESERA 2011 CONFERENCE: Science learning and Citizenship* (Vol. Part 13, pp. 179-187). Lyon: ESERA.

Schön, D.A. (1983): The reflective Practitioner: How Professionals Think in Action. New York: Basic Books.

Schwab, J.J. (1962): *The teaching of science as enquiry*, Cambridge, MA: Harvard University Press, pp.3-103.

Schwartz, R.S. & Crawford, B.A. (2006). Authentic Scientific Inquiry as Context for Teaching Nature of Science. In: Flick, L.B. & Lederman N.G. (Editors): Scientific Inquiry and Nature of Science – Implications for Teaching, Learning and Teacher Education. Science & Technology Education Library Volume 25. Springer.

Scott, D. & Abbott, L. (2012). Trying to make the mission statements of social studies curriculum inhabit my social studies pedagogy and vice versa. *One World in Dialogue Journal*, 2(1), 8-18.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22.

Shulman, Lee (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. In: *Educational Researcher*, 15(2) 4-14.

Steiner, G. (2006). Lernen und Wissenserwerb. In A. Krapp & B. Weidenmann (Eds.), *Pädagogische Psychologie* (pp. 137-202). Weinheim, Basel: BeltzVerlag.

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257–285

Tafoya, E., Sunal, D. & Knecht, P. (1980): Assessing Inquiry Potential: A tool for curriculum decision makers. *School Science and Mathematics* 80, 43-48.

Tesch, M., & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 51-69.

Wallace, M. J. (1991): *Training Foreign Language Teachers: A Reflective Approach*. Cambridge: Cambridge University Press

Windschitl, M. (2000). Science Teachers and the Independent Inquiry Experience. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association (New Orleans, LA, April 25th-28th, 2000)

Anhang

Zusammenfassung

In den österreichischen Lehrplänen ist der Paradigmenwechsel im Naturwissenschaftlichen Unterricht angekommen, der sich im angloamerikanischen Bereich schon seit Jahrzehnten als „*teaching science as inquiry*“ etabliert hat (u.a. AAAS, 1993; NRC, 1996). Verstehen wie (Natur-)Wissenschaft zu ihren Erkenntnissen kommt und die Vorgänge von wissenschaftlicher Erkenntnis beschreiben und Aktivitäten wie Beobachten, Beschreiben, Bewerten und Interpretieren von Daten und Ergebnissen sowie Kommunikation dieser Ergebnisse, sind die zu erwerbenden Kompetenzen. Als übergeordnetes Ziel steht die *Scientific Literacy* im Raum (Pisa Konsortium, 2007). Im Zuge dieses Paradigmenwechsels ist es auch notwendig Wissen nicht einfach von den LehrerInnen auf die SchülerInnen zu übertragen, sondern die Lernenden zu unterstützen ihr Wissen selbstständig nach konstruktivistischen Prinzipien aufzubauen und einzuordnen. Laut Studien wie etwa TIMSS (Baumert et al. 2000), PISA 2006 (PISA Konsortium, 2007) und PISA 2015 (OECD, 2016), findet in Österreich immer noch vorwiegend fragend-entwickelnder Unterricht statt. Für die in den neuen Lehrplänen festgelegten Anforderungen benötigt es deshalb ein Umdenken in der LehrerInnenbildung. Rahmenbedingung für die dargelegten Bildungsziele kann die Unterrichtsform des Forschenden Lernens (*Inquiry*) bieten. Allerdings handelt es sich hier um eine anspruchsvolle Art zu unterrichten, die von LehrerInnen nicht nur fachliches und pädagogisches Wissen fordert, sondern auch Wissen über die Natur der Naturwissenschaften und fachdidaktisches Wissen darüber, welche Implikationen sich dadurch für das Erstellen wertvoller Inquiry-Lernumgebungen ergeben (u.a. Abell 2006; Bybee, 2006; Lederman, 2006a; Abd-El-Khalick, 2012). Welchen Beitrag können Universitätskurse leisten, die darauf ausgerichtet sind, zukünftige LehrerInnen zu ermutigen mit forschendem Lernen zu unterrichten um die im Lehrplan geforderten Ziele zu erreichen? Die Arbeit versucht im Rahmen des PCK-Modells (u.a. Shulman, 1986; Park & Oliver, 2008, Gess-Newsome, 2015) zu erheben welche Wissenszuwächse bezüglich Fachwissen, Wissen über das Unterrichten in *Inquiry*-Lernumgebungen und bezüglich Wissen über die Naturwissenschaften beim Unterrichten mit Forschendem Lernen stattfinden und diskutiert inwieweit der gewählte Ansatz zielführend ist.

Abstract

The change in paradigm concerning „teaching science as inquiry“ that is prevalent in American and English curriculums (e.g. AAAS, 1993; NRC, 1996) since decades has manifested itself in Austrian curriculums as well: To understand how scientific knowledge is generated, to observe, infer, evaluate and interpret data and results and communicating these results is among the abilities that students should be able to do. Overarching goal is to achieve „scientific literacy“ in the population (PISA Konsortium, 2007). In Light of this paradigm shift it is necessary not to simply transfer knowledge from teachers to students, but to support students in their own learning and provide them with opportunities to discover knowledge on their own in a constructivist manner. Studies like TIMSS (Baumert et al. 2000), PISA 2006 (PISA Konsortium, 2007) and PISA 2015 (OECD, 2016) paint the picture of didactic teaching methods being prevalent in Austrian classrooms. To conform with the new curricular demands, a change in teacher education is needed. A framework for a reformed teacher education is offered by enabling science teachers to teach science in inquiry-learning environments. Designing meaningful inquiry-based lessons is a demanding task: Teachers need a broad subject matter knowledge, and pedagogic knowledge, but also knowledge about the Nature of Science, which

directly influences the way inquiry-learning environments are designed (e.g. Abell 2006; Bybee, 2006; Lederman, 2006a; Abd-El-Khalick, 2012). How can University-courses contribute to novice teachers building relevant knowledge in these knowledge bases to empower them to design meaningful activities and inquiry-settings to achieve the curriculum goals? Using the framework of Pedagogical Content Knowledge (PCK) model (e.g. Shulman, 1986; Park & Oliver, 2008, Gess-Newsome, 2015) the goal of this thesis is to document and assess the knowledge developed by participating student-teachers and to assess if and how the chosen approach can contribute.

Transkripte

Interview GR2

1 I: Erzählt mir bitte was ihr konkret im Projekt mit der 4. Klasse durchgeführt habt, vielleicht mit Blick
2 darauf, was ihr geplant hattet und wie es dann in der Realität funktioniert hat.

3 S: Die Planung hat sich im Vorhinein mehr verändert als dann in der Realität. Wir haben das was wir im
4 Seminar vorgestellt haben dann noch einmal verändert, weil wir wollten gemeinsam mit den Schülern
5 Themen zusammen erarbeiten. Wir haben aber dann festgestellt, dass das viel zu lange dauert, darum
6 haben wir dann zu 4 Themen Expertengruppen gemacht. Das erste Thema war "Was ist der Pollen", dann
7 "die Palynologie als Wissenschaft", "Kriterien der Wissenschaft" generell und
8 "Nahrungsergänzungsmittel", weil wir diese Pollenpräparate untersucht haben. Das war dann ganz gut,
9 die Schüler hatten 40 Minuten Zeit und diese Themen auszuarbeiten, wir haben ihnen Fragen gegeben,
10 die wir zu jeder Gruppe hingelegt haben. Die Gruppen haben sich die Fragen dann aufgeteilt und jeder S
11 hatte dann eine Frage beantwortet. Dann haben sie Plakate gestaltet und das anschließend präsentiert.
12 Was sich da herausgestellt hat ist, dass die Schüler ganz unterschiedlich sind, was das Arbeitstempo
13 betrifft, da gab es eine Gruppe die war schon ganz fertig, das war die Pollengruppe und die Gruppe mit
14 der Palynologie, bzw. die mit Wissenschaftlichkeit haben so genau gearbeitet, dass sie nicht zum Plakat
15 gestalten gekommen sind. Die haben das Plakat dann nur ganz kurz gestaltet. Drei Schüler haben sich mit
16 der Palynologie beschäftigt, die waren aber eher überfordert, bzw. desinteressiert. Die haben irgendwas
17 gezeichnet und Musik gehört. Die mussten wir öfter auffordern, dass sie jetzt eben dieses Projekt zu
18 machen haben. Dieser Gruppe haben wir dann auch viel Hilfestellung gegeben, es war aber sicher nicht
19 zu schwer.
20 Der Hauptpunkt war ein bissl die Zeiteinteilung in der ersten Doppelstunde, das haben wir vielleicht
21 unterschätzt. Wir haben eigentlich pro Gruppe 4 Konkrete und prägnant zu beantwortende
22 Fragestellungen gehabt, mit Material, da hat aber die eine Gruppe, die ich betreut habe, die wollten
23 nicht einfach nur die Fragen beantworten, die hat das wirklich interessiert und wollten das ganze
24 Material bearbeiten und lesen und haben dann Zeitstress gehabt, weil sie die Fragen noch nicht
25 beantwortet hatten.

26 I: Und das war quasi euer Einstieg, die erste Doppelstunde - Wie würdet ihr das was ihr durchgeführt
27 habt jetzt im authentischen-forschendem Lernen ansiedeln?

28 S: Verschiedene Themenbereiche erarbeiten, Verständnis für später. Wir sind noch nicht eingestiegen in
29 diese Rahmenstory, die wir gemacht haben, das kam erst in der zweiten Doppelstunde. Es war eher so
30 eine Vorarbeit. Die selbstständige Wissenserarbeitung stand im Vordergrund. Wir haben ihnen zwar
31 konkrete Materialien zur Verfügung gestellt, aber trotzdem haben sie sich das mal selber angeschaut, wir
32 hatten auch Bücher mit und Handy durften sie auch verwenden. jeder hat dann frei gearbeitet.

33 I: War das dann so etwas wie Recherche? Und was habt ihr euch erhofft, dass sie dann mit dem Wissen
34 machen, oder besser machen?

35 S: Wir wollten erst mal, dass sie alle Grundwissen zum Blütenaufbau haben, was ist Pollen, es war nicht
36 so klar was für ein Wissen da war - wir wollten dass sie alle das gleiche Level haben. Das Wissen was sie
37 da erarbeitet haben, haben die Schülerinnen und Schüler dann in einem Protokoll zusammengefasst und
38 abgegeben. Wir haben auch in der zweiten Doppelstunde ganz am Anfang eine kurze Wiederholung
39 gemacht. Da konnten sie dann eben konkrete Fragen stellen, die nur bei den Präsentationen gefallen
40 sind. Damit ein Grundwissen da ist und wir wissen auf welchem Level sie sind.

41 I: Das heißt ihr habt schon auch - ich habe aufgeschrieben, dass sich eine Gruppe damit beschäftigt hat
42 was Wissenschaft an sich macht. Habt ihr da irgendwelche Beispiele für Impulsfragen oder Vorgaben, die
43 ihr gegeben habt - was sie da rausfinden sollten?

44 S: Wir hatten Unterlagen von einer Lehrveranstaltung über wissenschaftliches Arbeiten. Da sind die
45 Kriterien der Wissenschaft gewesen, wie läuft ein Forschungszyklus ab, die Aufgabe war das anhand
46 eines Beispiels zu erklären. Sie haben sich dann selbst gewisse Begriffe wie Hypothese nachgeschaut,
47 was heißt verifizieren? Diese Grundbegriffe würden erarbeitet.

48 I: Das war euch wichtig vorher zu machen, damit beim Projekt dann was besser funktioniert?

49 S: Damit sie eine bessere Vorstellung von der Palynologie als Wissenschaft haben.

50 I: Und glaubt ihr ohne dies Vorarbeit wäre das nicht so gut gegangen was ihr später gemacht habt?

51 S: Es wäre schwieriger gewesen, weil man kann ja nicht davon ausgehen, dass sie das bereits wissen -
52 selbst wenn sie es wissen ist es eine gute Basis wenn sie es zeitnah noch einmal wiederholen, damit sie
53 Lücken auffüllen können. Was uns beim Beispiel Wissenschaftlichkeit wichtig war...also ein Beispiel: Was
54 dann bei der Pollenanalyse rausgekommen ist, das Ergebnis war nicht sehr eindeutig. Dann haben wir
55 mit ihnen diskutiert, wie man das deuten kann und ob das ein verlässliches Ergebnis ist. Da haben sie
56 dann schon aufgebaut auf das Vorwissen. Dass Wissenschaft nicht die eine Wahrheit finden will.

57 I: Das war also die erste Doppelstunde, wie ist das Projekt dann weitergegangen?

58 S: In der zweiten Doppelstunde haben wir dann eine Rahmenstory gehabt, von wegen die Oma hat sich
59 beim Teleshopping ein Pollenpräparat bestellt und die Enkel, also die Schülerinnen und Schüler haben
60 von ihr dann etwas bekommen. Es wurde angepriesen als „anti-ageing“ und gedächtnisfördernd. Mit
61 dieser Geschichte und mit dem Werbeartikel von dem sie den Pollen bestellt hat. Wir haben dann den
62 Artikel gelesen, in dem die ganzen gesundheitlichen Aspekte angepriesen waren und wo genau das
63 Pollenprodukt beschrieben war, aus welchen Inhaltsstoffen das Produkt besteht und aus welcher
64 Gegend es kommt bzw. welche Pollen von welchen Arten enthalten sein sollen. Auf das haben wir
65 aufgebaut, dass wir uns erst mal überlegt haben...also wir haben das Thema Nahrungsergänzungsmittel
66 schon kritisch beleuchtet, dann haben wir uns überlegt ob dieses Produkt... dann ist von der Schülerseite
67 schon gekommen: So teuer, wirkt das wirklich dann haben wir uns in der zweiten Doppelstunde...wir
68 haben mikroskopiert und wollten herausfinden, ob dieses Präparat wirklich aus dieser Gegend kommt
69 und wirklich die Pollen enthält die es verspricht. Der Preis war überteuert und alle möglichen
70 Wunderwirkungen angepriesen.

71 I: Und habt ihr versucht auf die Fragen von den Schülerinnen und Schüler einzugehen, also z.B. „wirkt das
72 wirklich“?

73 S: Das war dann unsere dritte Doppelstunde, wir haben das dann eher hingeleitet, dass in der zweiten
74 Stunde mikroskopiert wird und herauszufinden, mit Bestimmungstabellen, da waren Bilder von diesen

75 Pollen aufgelistet. Sie mussten dann zählen wie oft sie den finden und aufzeichnen, wenn sie einen
76 anderen gefunden haben. Da ging's darum, dass sie sich selbst mal die Präparate zusammenstellen, dann
77 mit dem Mikro arbeiten, genau hinschauen, zeichnen. Dann war die Frage ob sie das wirklich sehen,
78 unsere Betreuerin hatte da Bedenken, dann haben die Schülerinnen und Schüler aber nicht so die
79 Probleme gehabt. Einzig mit der Einstellung der Oberstufenpräparate hatten sie Probleme.

80 I: Das war dann Bestandserhebung was drinnen ist? Und dann die nächste Doppelstunde?

81 S: Da kam dann die Auswertung, welche Pollen haben sie gefunden? Da haben wir ein Diagramm erstellt,
82 die Gruppen haben dann vorgestellt was sie gefunden haben. Dann haben wir diskutiert, ob sie glauben,
83 dass es der Honig ist oder nicht und warum? Es hat sich herausgestellt, dass sie beim Abgleichen relativ
84 ungenau gearbeitet haben. Es gab mehrere runde Pollen und sie haben die innere Musterung nicht
85 beachtet, also nicht genau hingeschaut. Das hat zu verschiedenen Ergebnissen geführt, die nicht der
86 Wahrheit entsprochen haben. Sie sind dann selber draufgekommen, ob das nicht diejenigen sind. Sie
87 hatten halt Schwierigkeiten zu unterscheiden und waren nicht so sicher. Bei der Abstimmung kam dann
88 raus, dass es vermutlich nicht dieser Pollen ist.

89 I: Hat sich da für die Schüler etwas ergeben in Bezug auf Wissenschaft sie haben teilweise, untersch.
90 Ergebnisse, die gar nicht da waren, sie haben miteinander geredet und sind dann draufgekommen...?

91 S: Sie haben gemerkt wie schwierig es war mit den Pollen zu arbeiten, wie genau man hinschauen muss
92 und haben dann untereinander auch diskutiert über die unterschiedlichen Ergebnisse. Sie haben
93 insgesamt gemerkt wie schwierig es war, dass man gescheite Aussagen treffen kann, wie genau man
94 hinschauen muss. Dann haben wir in der dritten Doppelstunde auf den gesundheitlichen Nutzen
95 geschaut, ob es wirkt, oder nicht. Da haben wir einen wissenschaftlichen Artikel gehabt, inwiefern, weil
96 wir in der ersten Stunde auch den Aufbau behandelt haben, also stabile Pollenwand, und in dem Artikel
97 ging es darum, ob der Pollen verdaut werden kann und was von dem Pollen aufgenommen werden kann.
98 Das war ein schwieriger englischer Text, den haben sie zu dritt bearbeitet. Da haben wir den Aufbau
99 einer wissenschaftlichen Publikation mal durchgemacht. Welche Themen werden behandelt, welche
100 Methoden angewandt. Erst haben wir ihnen kurz gesagt worum es geht und dann den Aufbau
101 besprochen. Was könnte jetzt z.B. bei Summary stehen, damit sie das selber nachschauen können und
102 sich irgendwann mit einem Paper beschäftigen können. Frau Professor V. hat auch gesagt, dass sie
103 darauf hinarbeitet, dass sie eine VWA schreiben müssen und da haben wir gedacht, dass das eine gute
104 Idee ist, weil das auch unser Thema behandelt. Dann haben sie ein Arbeitsblatt bekommen, da waren 5
105 Ausschnitte aus dem Text übersetzt, die mussten sie zuordnen zu den Teilen. Das haben sie in der
106 Gruppe überlegen müssen. Am Ende waren sie sich einig und haben verstanden warum welche Teile
107 wohin gehören. Nebenbei haben sie eben auch die Infos bekommen zur Pollenverdaulichkeit. Am Ende
108 haben wir darum gebeten der Oma einen Brief zu schreiben, ob sie es ihr empfehlen würden anhand
109 dieser Wissenschaftlichen Arbeit, die sie durchgeführt haben. Alle haben eigentlich geschrieben: Oma
110 mach das nicht, es war interessant was sie geschrieben haben. Sehr unterschiedlich: Die Enzyme in
111 deinem Darm können die innere Pollenwand gar nicht ganz abbauen, darum bekommst du die Stoffe
112 nicht. Teilweise haben sie sehr komplizierte Sätze geschrieben, teilweise haben sie eher persönliche
113 Briefe geschrieben.

114 I: Dieser Brief, hat der auch eine Funktion, kann man das vergleichen mit irgendetwas was der
115 Wissenschaftler macht?

116 S: Zum Schluss eine Arbeit, Ergebnisse ihrer Erarbeitung zusammenfassen.

117 I: Gibt es noch etwas zum Projekt zu sagen, fehlt noch etwas?

118 S: Vom Ablauf her war es das.

119 I: Ich habe jetzt 6 Bereiche, die üblicherweise, zumindest in der Literatur findet man das, was ein
 120 Wissenschaftler alles macht, wenn er eine Forschungsfrage bearbeitet. Ich lese euch das vor und ihr sagt
 121 mir bitte, ob ihr findet, dass das bei euch im Projekt stattgefunden hat und ob es eher angeleitet war,
 122 oder ob es selbstständig war. Erster Bereich wäre: Eine Forschungsfrage entwickeln. Ist das bei euch
 123 vorgekommen? Das ist jetzt auch keine Bewertung, nur eine Aufnahme.

124 S: Selbst entwickelt haben sie keine, das war eher von der Rahmenstory vorgegeben. Wir fragen uns, hat
 125 das wirklich all diese Wirkungen, die versprochen wurden. Also eher nicht selbstständig und angeleitet.
 126 Bevor wir die Forschungsfrage gestellt haben, haben einige gesagt „geht das wirklich?“ Sie wollten das
 127 aber selbst herausfinden. Aufgrund der Geschichte hätten sie es vielleicht gefragt, bzw. vielleicht hätten
 128 sie ähnliche Fragen gestellt, wenn wir ihnen dann keine konkreten Fragen gegeben hätten.

129 I: Untersuchungen entwickeln und planen, z.B. Variablen verändern und planen, welche Variablen. sind
 130 wichtig, Kontrolle der Variablen in der Untersuchung. Mussten/konnten sie selber eine Untersuchung
 131 dazu entwickeln, ob das eben z.B. verdaulich ist, ob das drin ist, was drauf steht?

132 S: Da wir das Paper genommen haben, ob es wirklich verdaut wird, war das eigentlich so dass wir das nur
 133 gelesen haben, sie haben jetzt keine, falls ich es richtig verstanden habe. Sie haben nicht versucht den
 134 Pollen selbst zu präparieren, wir haben nicht andere Lösungen verwendet, ob die Pollenwand aufgelöst
 135 wird, das haben wir konkret nicht gemacht. Vielleicht Bei den Pollenarten schon eher, da haben wir
 136 schon geredet wie man das herausfinden könnten, da sind aber eher absurde Antworten gekommen. Da
 137 mussten wir sie fragen, ob sie glauben, dass diese Arten dort vorkommen, und stimmt das so? Aber
 138 prinzipiell war es natürlich vorgegeben und ausgemacht dass wir mikroskopieren. Die Zähltablette haben
 139 sie auch nicht selber entwickelt.

140 I: Beobachtungen anstellen: Also Beobachtungen einerseits im Sinne von Sachen auszählen, oder
 141 qualitativ beobachten?

142 S: Sie haben die Pollen gezeichnet.

143 I: Habt ihr ihnen Hinweise darauf gegeben, wie man so etwas beobachtet, sind sie auf das Zeichnen
 144 selbst draufgekommen?

145 S: Wir haben ihnen erklärt, dass auf den Bildern die Pollen aus dem Werbetext sind, dass sie die zählen
 146 sollen, dann haben wir gesagt, wenn ihr irgendwelche findet, die nicht in der Tabelle als Foto da sind,
 147 dann zeichnen.

148 I: Also sie waren auch nicht jetzt frei einfach zu sagen ich mache ein Foto?

149 S: Ich glaub in dem Moment waren alle mit den Mikroskopen so beschäftigt, dass sie alle klar kommen
 150 und was sehen, da sind keine anderen Möglichkeiten aufgekommen. Wie genau muss ich das zeichnen,
 151 muss ich alle Strukturen zeichnen?

152 I: Dann haben wir: Ergebnisse erklären und umwandeln in anschauliches Material, ich glaub das habt ihr
 153 mit dem Brief abgehandelt. Ihr habt vorgegeben, dass das ein Brief sein soll? Dann Theorien entwickeln,
 154 gabs das in eigener Form? Was eine Theorie ist habt ihr besprochen.

155 S: Im Gespräch mit ihnen haben wir gefragt was sie glauben, mehr mündlich, Theorien niederschreiben
 156 mussten sie nicht. Mehr im Lehrer-SS Gespräch, aber nicht explizit.

157 I: Es kam also zwar vor, dass man Theorien entwickeln muss, aber sie haben es nicht selbst beschritten
 158 den Prozess?

159 S: Nicht Konkret

160 I: Der Letzte Punkt: Vergleich mit anderen Forschungsergebnissen?

161 S: Das paper und als sie die Präparate selber zeichnen mussten, da hatten sie die Möglichkeit mit dem
 162 Nachbarn zu vergleichen und sie haben auch immer verhandelt miteinander, ob das stimmt beim
 163 Zeichnen. In der zweiten Einheit haben sie sich auch beraten und mit dem Nachbarn ausgetauscht.

164 I: Das paper, was waren da die Ergebnisse? Es geht auch darum, dass wir etwas rauskriegen, also die SS
 165 haben Ergebnisse und in der Wissenschaft macht man's ja so, dass man schaut, kann man diese
 166 Ergebnisse irgendwo einordnen?

167 S: Also die Ergebnisse für Verdaulichkeit haben die Schüler aus dem paper herangezogen und da stand in
 168 der Einleitung natürlich die Anknüpfung an die anderen Disziplinen und dort ist beschrieben worden wie
 169 die Ergebnisse eingeordnet werden, aber das haben sie nur gelesen.

170 I: Aber sie haben dann in dem Fall schon zumindest eine andere Publikation angeschaut, von jemandem
 171 der Ergebnisse dazu hat - es war halt vorgegeben, sie sind nicht selber hingegangen - sie haben nicht
 172 selber ein Ergebnis gehabt und sind dann hingegangen und haben verglichen.

173 S: Sie haben das Ergebnis von anderen Leuten, die Info herangezogen. Das wo sie selber Ergebnisse
 174 gesammelt haben war ja das Zählen. Da war aber natürlich das Zählen im Vordergrund.

175 I: Würdet ihr forschendes Lernen auch in Abwandlungen selbst im Unterricht durchführen? Wenn ja,
 176 warum?

177 S: Ja, bestimmt, aber wir haben es ja sehr angeleitet gemacht. Es wäre auch, wenn man eine eigene
 178 Klasse hat man mehr Stunden zur Verfügung und man weiß besser was sie wissen. Da könnte man die
 179 zwei DS für die Infos einsparen. Oder etwas in Bezug auf Verdaulichkeit was machen lassen und sie
 180 selber erarbeiten lassen, oder mehr Experimente mit der Pollenwand. Oder das Ganze auch in die
 181 Oberstufe verlagern, damit sie selbstständiger arbeiten können.

182 I: Also eher ja, würdet ihr abgesehen von organisatorischen Sachen und Klasse besser kennen am Ablauf
 183 etwas ändern, oder in der Durchführung

184 S: Das kommt wahrscheinlich aufs Thema an - wenn man eine einfache Beobachtungsaufgabe hat baut
 185 man das sicher anders auf, da kann man z.B. auch selbst Fragestellungen entwickeln und
 186 Untersuchungen Entwicklungen in den Mittelpunkt rücken. Bei uns war sehr viel Information im
 187 Vordergrund. Bei einfacheren Themen kann vielleicht mehr der Prozess im Vordergrund stehen.

188 I: Ich würde gerne noch mal individuell machen was in der letzten Einheit geschehen ist. Da ist die
 189 Definition vom Forschenden Lernen präsentiert worden. Also es war die Frage, das ist ein Idealfall, was
 190 war in eurem Projekt zu dieser Definition unterschiedlich?

191 S: Damals im Seminar dachte ich, dass der Anspruch selbstbestimmt ein recht hoher war, das ist ein
 192 Zwiespalt, was will man, dass sie wirklich wissen dann und wieviel Freiraum lässt man ihnen dann selbst.
 193 Das ist glaub ich schwierig, wenn man nicht so viel Stunden hat - das selbstbestimmt forschend tätig sein,
 194 dann ist es schwierig, weil man ja nur diese Zeit hat, also drei Doppelstunden, da möchtest du aber auch,
 195 dass sie etwas mitnehmen, konkrete Informationen über Palynologie an sich und die anderen drei
 196 Hauptthemen. Wieviel Freiraum lässt man ihnen für selbstbestimmtes Arbeiten. Richtiges
 197 selbstständiges Arbeiten wäre für mich dann wirklich was interessiert mich eigentlich, also nicht mit
 198 vorgegebenen Themenbereichen, worüber habe ich was gehört, wo frage ich mich selbst, wie etwas ist?
 199 Für mich wäre auch möglich, dass man nur das Thema Pollen nimmt und ihr denkt euch mal aus, was
 200 möchtet ihr Wissen und sie können selbst konkret sagen, selbst bestimmen wie sie das erarbeiten,
 201 welche Fragestellungen sie interessiert

202 I: Wie müsste man dann den Lehrinhalt ändern, bzw. das Projekt? Damit das mehr im Vordergrund ist?

203 S: Vielleicht im Unterricht eine Basis aus Vorwissen schaffen, dann bräuchte man viele verschiedene
 204 Fragestellungen, die selber realisierbar sind, ohne Labor. Man kann ja nicht mal Acetolyse machen mit
 205 Schülerinnen und Schülern. Man kann nicht so viel machen, recherchieren vielleicht. So viel
 206 eigenständige, empirische Forschung ist halt schwierig. Ohne Mittel, ohne Anleitung. Pollen ist da
 207 vielleicht ein schwieriges Thema dafür. Da ist man immer aufs Mikroskop angewiesen. Laut Definition
 208 vom aut. lernen soll man schon auch Inhalte Lernen, nicht nur Methoden und Prozesse, fällt mir auf.
 209 Nach der ersten Stunde wo sie selber Fragen beantwortet haben, was ja sehr angeleitet war da haben
 210 wir dann mit der Frau V geredet, dass das auch bei ihr der Zwiespalt ist, weil man merkt wie wenig an
 211 Stoff weiter geht, wenn sie selbst was erarbeiten. Es ist ja auch ein Kampf um die Zeit, man hat ja auch
 212 nur limitierte Stunden, da gehen 3 DS drauf, schon vor Semesterschluss. man muss ja auch gewisse
 213 Punkte im Lehrplan besprechen. Das muss man auch anpassen. Themenpools mit Zentralmatura z.B.
 214 Damit sie für das auch eine Wissensbasis kriegen. Wir haben auch gemerkt wie unterschiedlich sie sind,
 215 bei nicht vorgegeben Sachen, da haben einige sofort alles gewusst, die anderen waren aber noch am
 216 Anfang. Solche forschendes lernen Einheiten sind was die Zeit betrifft nicht immer so, dass man alle SS
 217 das machen lassen kann was sie wollen. Es kann nicht jeder SS alle Schritte durchmachen. Wenn man sie
 218 stört, dann beeinflusst man ja diesen Prozess wieder.

219 I: Abgesehen von den Inhalten in Bezug auf die Erkenntnismethoden, gibt's da Gedanken, wie sie eben
 220 auch auf scientific literacy was lernen - oder lernen sie in solchen Situationen überhaupt was? Ist das
 221 nicht so wichtig wie die Inhalte?

222 S: Wenn man solche Forschungsprozesse in den Raum wirft, kommen sie gleich mit dem Mikroskop
 223 daher, das ist für sie das was man in der Schule von "Wissenschaft" mitkriegt. Eine Frage war...Methoden
 224 und Gerätschaften sollten sie beschreiben, da waren sie sehr Mikro fixiert, weil das halt ihr Bezug ist und
 225 zum Rest fehlt ihnen der Bezug.

226 I: Haben sie etwas Neues kennen gelernt bei eurem Projekt über Wissenschaftliche Methoden,
 227 abgesehen vom Mikroskop?

228 S: Dadurch, dass sie den Artikel gesehen haben, der hat sie schon beeindruckt, wieviel kann man denn
 229 über so ein Thema schreiben, wieviel Zeit haben die denn dafür gebraucht das zu erarbeiten, wie kann
 230 man 5 Seiten Einleitung haben? Vielleicht haben sie ein Gefühl dafür gekriegt wie das ist, wenn man eine
 231 Fragestellung g'scheit untersuchen will.

232 I: Was habt ihr als Lehrerinnen über die Naturwissenschaften gelernt bei dem Projekt?

233 S: Konkret über die Palynologie haben wir viel gelernt, die verschiedenen Zweige.

234 I: Vielleicht nehmen wir dazu, was habt ihr über die Vermittlung der Naturwissenschaften gelernt? Man
 235 kann ja selber was lernen darüber und darüber wie man es anderen vermittelt.

236 S: Ich habe gemerkt wie der Unterschied ist, da gibt's den Forschungszyklus mit seinen Schlagworten und
 237 das klingt dann eher hohl, was man auswendig lernt. Dass es aber sehr wertvoll sein kann, wenn man -
 238 obwohl wir es nicht so gemacht haben [...] aber wenn man selbst mal Fragestellungen entwickelt ist das
 239 gleich eine andere Qualität als wenn man es nur selber durchbespricht, das selbst beschreibt.

240 I: Ich habe noch mal eure COREs mit, vom ersten Mal, die Big Ideas

241 S: Ich habe einige Big Ideas genommen und hab einige SS bei diesen Expertengruppen erarbeiten lassen.
 242 Bei der Pally habe ich das auch so gemacht. Damit eben diese Big Ideas angesprochen werden.

243 I: Hat euch das schon geholfen vorab zu überlegen und es durchzustrukturieren, von den Inhalten her,
244 worum geht's da eigentlich dabei. Ihr wart's generell sehr Inhaltslastig und ihr habt jetzt aber ganz viel
245 gelernt wie die Palynologie arbeitet, da kann man auch „Big Ideas“ formulieren, traut ihr euch zu ein
246 paar zu ergänzen? Wie arbeitet die Palynologie, vielleicht stellvertretend dafür wie die Wissenschaft
247 generell arbeitet.

248 S: Dass die Palynologie mit Datenbanken arbeitet um die Vielfalt festzuhalten und Vergleichswerte zu
249 haben.

250 I: in einem Wissenschaftliche Prozess ist das was?

251 S: Geteilte Information; die sind zugänglich für jeden, die Suchmasken sind aber nicht für jeden
252 verständlich, man braucht dazu praktisches Wissen und muss unterscheiden, dass manche REM Bilder
253 sind, Vorwissen, Fachbegriffe, Nischenwissen. Auch ein Überblick, was gibt es schon in der Datenbank,
254 was ist schon erforscht, was nicht? Sie sortiert auch. Palynologie kann ja nur jemand machen, der sich
255 sehr gut damit auskennt. Wir haben ja auch geschaut was die Schüler auch für Pollen sehen, wenn sie die
256 Pollenpräparate sehen, wenn sie die Präparate haben, die wir auch benutzt haben. Man kann jetzt nicht
257 genau sagen, das gehört zu dieser, oder dieser Familie. Wir haben ja schon diese Oberflächenstrukturen
258 auch gesehen und erkannt, aber wir kommen nicht zurecht mit der Suchmaske von der Pollendatenbank.
259 Das kann eben die Frau Professor Weber sicher lösen, aber Personen, die nicht eingeübt sind wissen
260 eben nicht auf was man konkret achten muss in der Oberfläche. Vielleicht sind da markante Strukturen
261 zu sehen, die wir nicht erkennen.

262 I: Also Palynologie braucht genaue Beobachtung...

263 S: Und auch Expertenwissen.

264 I: Vielleicht wenn man an das Lehrziel denkt, dass die Schülerinnen und Schüler etwas über Wissenschaft
265 lernen sollen, was können sie da lernen? Was können Schüler lernen über Wissenschaft anhand der
266 Palynologie?

267 S: Vielleicht wenn es darum geht so etwas Kleines zu betrachten, wie etwa Pollenkörner, dass sie eben
268 genau schauen müssen, das haben wir ihnen auch beim Bestimmen immer wieder gesagt, aber man
269 braucht auch so ein geschultes Auge dafür.

270 I: Vielleicht, wie unterscheidet sich die Palynologie von anderen Wissenschaften oder was hat sie
271 gemeinsam?

272 S: Dass sie nicht so bekannt ist – es gibt irgendwie fünf Experten auf der Welt. Sie ist nicht so populär,
273 hat aber trotzdem Bedeutung im Alltag.

274 I: Was habt ihr konkret über Wissenschaft gelernt während dem Projekt?

275 S: Dass man eben mehrere Proben braucht, egal welche Untersuchungen man macht. Wir haben jetzt in
276 erster Linie Nahrungsergänzungsmittel gemacht, man kann ja auch Honig vergleichen und mehrere
277 Proben untersuchen, damit man vielfältige Untersuchungen durchführen kann. Es gibt ja auch diese
278 Nummer von den 300 Pollen, die man braucht. Das braucht man so in etwa um gültige Aussagen treffen
279 zu können.

280 Die Palynologie ist ja auch noch ein neues Feld. Es steht etwa auch in dem Paper, da gab es einige
281 Ansätze, die haben das mit der Pollenverdauung versucht nachzustellen. Da hat es einige Studien unter
282 nicht so idealen Bedingungen gegeben, die unter nicht so realen Bedingungen nachgewiesen haben, dass
283 es eh verdaut wird. Die Studie, die wir gehabt haben, die haben versucht unter möglichst realistischen
284 Bedingungen, also mit Pankreas Enzymen und einen möglichst realistischen Verdauungstrakt

285 nachgestellt, dann wirklich zu schauen welche Prozentsätze an Kohlehydraten und Proteinen
286 aufgenommen worden sind von den verschiedenen Arten. Es war schon unterschiedlich und die haben
287 dann auch gesagt, dass es in der Wissenschaft nicht so klar ist, was wirklich verlässlich ist. Das ist so ein
288 offenes Feld und noch nicht so gut erforscht. Wenn es ein anderes Thema gewesen wäre hätte man
289 vielleicht einfachere Methoden gefunden und das in der Schule besser machen können, also einfachere
290 Methoden besser nachstellen. Manche Modelle die man im Unterricht anwendet treffen halt einfach
291 auch nicht zu. Man hätte die Pollen anätzen können, um die Pollenwand anzulösen, aber das sagt auch
292 nichts darüber aus, dass das im Verdauungstrakt auch passiert. Das haben wir aus dem Paper gelernt,
293 dass das zu vereinfacht ist.

294 I: Das sagt auch etwas über Wissenschaft aus, oder?

295 S: Ja, dass sie komplex ist. Man hat einfach auch Schwierigkeiten eine hundert prozentige Aussage...man
296 kann nur schwierig eine hundert Prozentige Aussage treffen, wenn man sich mit so einer jungen
297 Wissenschaft auseinander setzt. Dass die Ergebnisse auch von der Durchführung abhängen, alleine bei
298 der Pollenzählung, wieviel falsch gezählt worden ist und eben auch bei dem Paper: Es gibt so viele
299 unterschiedliche Ergebnisse weil die Methoden halt auch so unterschiedlich waren.
300 Hinsichtlich der Unterrichtsmethode forschendes Lernen noch. Es ist auch schon abhängig von den
301 Schülern, es gab ja auch Schüler, die sich einiges gemerkt haben, aber sie sind aus zwei verschiedenen
302 Klassen gekommen. Es sind auch alles verschiedene Lerntypen.

303 I: Wenn wir über das reden würde ich gerne noch die Frage anschließen, welchen Sinn ihr in der
304 Lernmethode seht, hat es Vorteile, oder Nachteile so zu unterrichten?

305 S: Einfach eine neue Art der Wissenserarbeitung und die Ideen der Wissenschaft kann man in der Praxis
306 besser begreifen. Man kann es an einem Beispiel durchbesprechen, aber wenn man es selbst
307 durchbespricht kann man es auch besser begreifen.

308 Wenn sie was neues kennenlernen ist das vielleicht interessant, aber andererseits sind sie auch
309 überfordert. Die Frau Professor V. hat auch gesagt, dass sie noch nie so darauf geachtet hat, dass sie
310 nicht aussuchen dürfen mit wem sie zusammenarbeiten können. Beim forschenden Lernen kennen sie
311 das auch nicht so. Vielleicht hätten wir, wenn wir mehrere Stunden gehabt hätten, also statt diesem
312 Vorwissen aufbauen vielleicht was anderes einbauen.

313

314 I: Noch etwas, was euch dazu einfällt, was vielleicht eine interessante Episode war, die wir noch nicht
315 besprochen haben...? [...] Ansonsten, vielen Dank für Eure Bereitschaft für das Interview!

Interview GR3

- 1 I: Gut, vielleicht fangt ihr einfach damit an mir zu sagen was ihr durchgeführt habt als Projekt, also wie es
2 abgelaufen ist.
- 3 S: Mit Rahmenbedingungen und allem Drumherum? Wo wir waren usw.?
- 4 I: Ja, Klasse wäre vielleicht gut, also Schulstufe zu Beginn.
- 5 S: Wir waren am Schulschiff und hatten 6. und 7. Klasse WPF und insgesamt waren es 7 Schüler (3
6 Schüler, 4 Schülerinnen), sehr motiviert. Drei Doppelstunden konnten wir halten. In der ersten DS hatten
7 wir eigentlich mehr Theorie gemacht, weil uns auch die Lehrerin gesagt hat wir sollen nicht gleich
8 einsteigen ins forschende Lernen, sondern auch ein bissl wiederholen, zum Beispiel. wie eine Blüte
9 aussieht, Aufbau, dann haben wir auch eine Blüte "seziert" und geschaut wo was ist und gezeichnet.
- 10 I: Also nur auseinandergenommen?
- 11 S: Dann haben wir ihnen auch die Aufgabe gestellt, dass sie schauen wie sie einen Pollen
12 herauspräparieren können, da waren sie auch schon auf sich alleine gestellt. Das war schon ein Anfang
13 ins forschende Lernen, aber halt eher allgemein.
- 14 I: Wie genau war da die Aufgabenstellung?
- 15 S: Also wir haben Arbeitsblätter gehabt, zuerst Partnerarbeit, jeder bekam eine Blüte und am AB stand
16 "Auf der Suche nach Pollen" und wir haben ihnen nur die Blüte gegeben und sind vorher den
17 Blütenaufbau durgegangen, also haben sie schon gewusst wo der Pollen ist, sie mussten aber selbst
18 herausfinden wie sie den Staubbeutel aufschneiden und den Pollen herauskriegen, mit welchem
19 Werkzeug sie arbeiten können.
- 20 Wir haben ihnen im Prinzip alles zur Verfügung gestellt, auch Wasser, das stand auf einem kleinen Tisch
21 vorne, mit dem dezenten Hinweis, dass man da auch was nehmen kann wenn es so nicht funktioniert.
22 Aber sonst haben's eigentlich freie Wahl gehabt wie sie das machen. Ob sie Skalpell nehmen oder
23 Rasierklinge usw.
- 24 I: Also sie haben die Blüte vor sich gehabt, den Aufbau angeschaut und dann war die Aufgabenstellung
25 findet den Pollen....?
- 26 S: Ja und schaut ihn an unterm Mikroskop und zeichnet ihn. Mit Blick auf die Unterschiede, weil wir
27 hatten auch 3 verschiedene Blüten gehabt - da hätten sie die Unterschiede auch anschauen sollen.
28 Leider haben die dann alle ziemlich gleich ausgeschaut obwohl da z.B. eine *Asteracea* und die anderen
29 waren Lilien und Theresien. Die waren bewusst gewählt, weil die Pollen eher unterschiedlich aussehen.
- 30 Dann haben wir eben so über den Pollenaufbau geredet, was sie denken, wie der Pollen aufgebaut war,
31 wo wir auch erfragt haben das mit Widerstandsfähigkeit, da sind sie auch selbst auf einiges drauf
32 gekommen also einige Hypothesen kamen da auf.
- 33 I: Noch einmal zum Pollensuchen - wie sind die Schüler dann vorgegangen, haben sie direkt hingeschaut
34 auf die Staubbeutel?
- 35 S: Das war eigentlich kein Problem, da gab's kaum Schwierigkeiten. Eine S wollte die Lillie nicht
36 zerstückeln, weil sie so schön war. Nachdem sie auch alle schon mikroskopieren konnten war das auch
37 kein Problem und sie haben auch nicht das ganze Staubblatt draufgehaut sondern eher den Pollen runter
38 genommen mit einem Wassertropfen und Deckglas.

39 I: Das ist noch die erste Doppelstunde, Ihr habt einen Theorieteil gemacht, ihr habt ihnen die Blüten
40 gegeben, hattet ihr dann noch andere Unterlagen?

41 S: wir hatten ein Tafelbild, den Blütenaufbau gezeichnet und die Einzelteile besprochen, auch die
42 Fachbegriffe waren einzutragen auf ein AB. Das haben wir verglichen. Das hat eigentlich eh 2 Stunden
43 gedauert, weil sie sehr detailliert gezeichnet haben und die Zeichnungen auch angemalt.

44 I: Was habt ihr dann in der zweiten Einheit gemacht?

45 S: Wir haben begonnen mit Blütenökologie und Blütenbesuchern, also wie kommt Pollen in den Honig?
46 Das hätte eben auch noch in die erste Einheit gehört, weil unser Schwerpunkt fürs Projekt war die
47 Honiganalyse. Da haben wir eben über Blütenbesucher gesprochen, Ökologie, wieder ein bissl
48 theoretisch und mit dem Blütenmodell, nur dass sie sich alle geweigert haben, Angst, dass irgendwas
49 passiert, wenn sie mit der Nase rein.

50 I: Was war dann die Anweisung für das Modell?

51 S: ich habe zwei verschiedene Modelle gebastelt, ein langes und ein kurzes und jeder hat einen
52 Strohhalm bekommen mit verschiedenen Längen und an und für sich hätten sie herausfinden sollen wer
53 kann wo Nektar saugen und was hat das für Konsequenzen. Da sie's aber nicht praktisch machen wollten
54 haben wir das dann theoretisch besprochen. Das wollten sie nicht.

55 Aber eben auch drauf hinweisen warum jetzt, wenn ich einen langen Strohhalm warum soll ich dann
56 nicht auch gleich in die Blüte mit dem kurzen Hals rein, damit das auch klar ist mit Mischen und so. Und
57 dann eben auch das mit dem Pollen - das hätte Ihnen ja veranschaulichen sollen, dass der Pollen eben
58 beim Gesicht kleben bleibt. Dann sind wir zum richtigen Projekt gekommen, da hatten wir eben einen
59 Arbeitsauftrag mit Vorgeschichte:

60 Eine Patientin wird ins AKH eingeliefert mit einer starken allergischen Reaktion, nachdem sie Honig
61 gegessen hat, jetzt soll herausgefunden werden was es für ein Honig ist. Die Schüler sind eben
62 Lebensmitteltechniker und Sie müssen selbstständig herausfinden was es für ein Honig ist. Sie haben
63 Proben mit Honig bekommen und die verschiedenen Mittel und Geräte hingestellt. Sie mussten dann
64 herausfinden wie sie das Angehen einen Pollen zu finden.

65 I: Das Wissen, dass Pollen im Honig ist habt ihr vorher...

66 S: Genau, das haben wir verknüpft mit den Blütenbesucherbeispielen.

67 I: Und dann habt ihr ihnen Proben gegeben...?

68 S: Eine Probe, die man nicht kennt...

69 I: und sie mussten herausfinden welcher Pollen enthalten ist?

70 S: Und sie mussten dann ausschließen welcher Honig das sein kann oder nicht.

71 I: Und woher wussten sie welcher Pollen drinnen ist?

72 S: Sie hatten eine Bestimmungsfibel, die haben wir ihnen gegeben. In der zweiten Einheit ging's darum
73 wie man den Honig präparieren kann damit man Pollen finden kann. Also der Fokus lag zuerst schon
74 darauf, "Schaut, ob ihr Pollen im Honig findet" und dann reden wir drüber welcher das ist. Nachdem sie
75 ihn gezeichnet haben. Da war dann sehr viel Frustration zuerst, weil sie frei waren wie sie den Honig
76 bearbeiten. Da waren sie sehr frei, bei einigen hat's gut funktioniert, bei einigen gar nicht. Die wollten
77 dann teilweise gar nicht mehr aus Frust. Dort haben wir dann interveniert und ihnen einige Hinweise
78 gegeben, z.B. die Zentrifuge aus einer Dose und einer Schnur die wir ihnen gebastelt haben, das haben

79 sie dann auch probiert. In der dritten Stunde haben wir auch eine handbetriebene, bessere Zentrifuge
80 gehabt, da hat es dann echt gut funktioniert. Da waren sie dann auch motivierter, weil sie mehr Pollen
81 drin hatten. In der zweiten Einheit waren fast nur Gräser Pollen, Hauptanteil war aber schon viele
82 Sonnenblumen.

83 I: War es also ein Sonnenblumenhonig?

84 S: Ja - In der letzten Einheit, also der dritten Einheit haben sie 45 Minuten noch mikroskopiert und
85 ausgezählt, da wussten sie auch schon worauf sie schauen müssen.

86 I: Ok, das war die 2. Einheit, die war zu Ende mit dem Probieren, einige haben viel gefunden, einig
87 weniger?

88 S: Ja, wir haben dann vorne auch ein paar Proben gemacht, damit sie wenigstens gewusst haben wonach
89 sie suchen müssen, weil viele dann auch schon unmotiviert waren.

90 I: Am Anfang der dritten Einheit hattet ihr die "professionellere" Zentrifuge und dann haben alle ihre
91 Proben gehabt? Dann haben Sie ausgezählt? Wie wurde das ausgewertet?

92 S: mit einer Tafel-Liste, wie viele waren dann im Endeffekt...50? Ja, für die Zeit war das keine große
93 Stichprobe, also wir haben dann schon diskutiert mit ihnen, dass das keine statistisch relevante Menge
94 ist.

95 I: Wie sind sie auf das gekommen, dass sie auszählen müssen?

96 S: Das haben wir ihnen gesagt, wir haben ihnen die Anweisung gegeben, dass sie die neuen zeichnen und
97 eine Stricherl-Liste bei denen die gleich aussehen. Dann haben sie den Bestimmungsschlüssel
98 bekommen.

99 I: Haben die SS schon die Anweisung gehabt "ihr müsst jetzt schauen wieviel da drinnen ist, damit ihr
100 feststellen könnt welche Sorte das ist"?

101 S: Schon...wobei es war nicht so eine fixe Anweisung...wir haben darüber geredet wie man das
102 herausfinden kann was es für ein Honig sein kann und sie sind dann eigentlich selbst drauf
103 gekommen...wenn von dem einen mehr drin ist als vom anderen wird's ein bestimmter sein.
104 Was sie sich aber nicht vorstellen konnten, dass man da eine viel größere Anzahl an Pollen braucht. Bei
105 einer waren z.B. 7 Sonnenblumen und 2 Gräser, dann ist es eh klar, was es ist. Dann haben wir ihr gesagt,
106 dass das aber noch nicht aussagekräftig ist. Vor allem wieviel Arbeit das dann ist - da muss man ja
107 Stunden auszählen, das hat sie schockiert. Sie sind im Endeffekt aufs richtige Ergebnis gekommen, wenn
108 es auch nicht so aussagekräftig ist. Dann haben wir mit der Frau Professor drüber geredet, ob man da
109 überhaupt einen allergischen Schock haben kann von Honig. Und ob es dann Sinn macht, dass man den
110 nicht mehr isst.

111 Dann sind wir noch 30 min in den EDV Raum gegangen und wir haben per Zufall Themen verteilt für
112 Zweiergruppen über allgemeine palynologische Forschungsfelder. Das was wir eben in den Stunden auch
113 durchgesprochen haben im Seminar. Forensik usw. da haben sie kurz recherchiert und den anderen das
114 vorgestellt. Damit sie Allgemeines über Palynologie auch noch wissen.

115 I: Haben sie das irgendwie in eine Darstellung bringen müssen, hatten Sie am Schluss so etwas wie einen
116 Projektbericht?

117 S: Nein, eigentlich nicht. Von der Honiganalyse war nur die Tafelauszählung. Auf dem Angabezettel, den
118 sie bekommen haben war nur zu schreiben: Das ist der Bericht, der Endbericht an das AKH. Aber das ist
119 ein bissl untergegangen.

120 I: Bei der Recherche am Ende hatten Sie die Felder gezogen...

121 S: Ja den Fachausdruck, dann musste man schon helfen, weil nicht gleich g'scheite Ergebnisse kommen
 122 immer bei jedem Thema. Sie sind jetzt auch noch nicht so bewandert im elektronischen recherchieren.
 123 Das war aber sicher auch gut, dass sie es gemacht haben.

124 I: Wieso habt ihr das am Schluss gemacht?

125 S: Das war unser Puffer - ich glaube wenn wir noch länger mikroskopiert hätten wäre die Motivation
 126 verloren gegangen. Und am Anfang wollten wir nicht noch mehr Theorie machen.

127 I: Dann habe ich noch ein paar weniger offene Fragen. Und zwar geht es da ein wenig um die
 128 Schülertätigkeit, was haben die Schüler konkret gemacht. Die erste Frage war: Konnten/sollten die
 129 Schülerinnen und Schüler eine Forschungsfrage entwickeln? So etwas wie: Können wir selbst
 130 herausfinden, dass im Honig Pollen ist? Was enthält überhaupt Honig?

131 S: Ausformuliert haben sie es nicht. Was ist im Honig? Die Frage war nicht von den Schülern. Wir haben
 132 es nicht frontal runtergeplaudert, schon eher gefragt die SchülerInnen. Wir haben aber nicht explizit
 133 gesagt ihr müsst jetzt eine Forschungsfrage stellen.

134 I: Hinter einer Forschungsfrage steht ja immer sowas wie ein Interesse, d.h. es muss dann schon vom
 135 Schüler oder der Schülerin kommen. Also er hat z.B.: Die Idee: warum blinkt das Handy, das schraub ich
 136 jetzt mal auf. Es interessiert ihn. Hatten die SS da selbst ein Interesse und haben sie daraus Fragen
 137 entwickelt, oder war das mehr weil ihr vorgegeben habt...?

138 S: Ich glaube es war eher unsere Vorgabe...es hat wahrscheinlich schon interesse daran gegeben was wir
 139 machen, aber sie würden nicht von selber hergehen und sagen "hm, schauen wir mal den Honig mit dem
 140 Mikroskop an". In der Schule ist man halt auch drauf konditioniert, der Lehrer hat das und deshalb schau
 141 ich mir das jetzt an.

142 I: Also Forschungsfrage würdet ihr eher nein sagen. Konnten Sie Untersuchungen selber entwickeln und
 143 Planen, also damit ist gemeint: Wir schauen etwas an und kontrollieren Parameter, werten aus und wir
 144 entscheiden oder überlegen uns was wir kontrollieren und auswerten. Unterüberlegungen wären dann:
 145 haben Sie Untersuchungen durchgeführt und haben sie diese Untersuchungen selbst entwickelt und
 146 dann durchgeführt?

147 S: Ich würde sagen, dass sie da relativ frei waren. Das Ende haben wir schon irgendwie
 148 zusammengefasst. Wahrscheinlich hätten sie selbst zu viel Zeit gebraucht das darzustellen, wir haben
 149 aber nicht so viel Zeit gehabt. Sie sind aber auf ihre eigenen Methoden draufgekommen, haben probiert
 150 wie sie die Proben verdünnen können und so.

151 I: Also sie konnten z.B. Variablen verändern?

152 S: Ja

153 I: Was noch interessant wäre: Haben sie vorher einen Ablaufplan erstellt: Wir machen jetzt Folgendes,...?

154 S: Nein.

155 I: Also selbstständige Entwicklung der Honiguntersuchung. Und Auswertung war angeleitet. Die dritte
 156 Frage wäre: Konnten sie Beobachtungen anstellen, d.h. etwas beschreiben.

157 S: Also sie haben z.B. den Pollen betrachtet und beschrieben und sie konnten das vergleichen mit den
 158 Bestimmungsschlüsseln, konkret was sind das jetzt für Zacken und wie schauen die bei dem Pollen aus
 159 und wie bei dem anderen. Ich finde auch bei den Blüten...das theoretische Modell schaut ja immer

160 komplett anders aus als das tatsächliche Ding. Also die erste Einheit war auch nicht nur frontal, da
 161 konnten sie eben Blüten anschauen und untersuchen.

162 I: Hattet ihr den Eindruck ihr musstet ihnen sagen: "Schaut euch das jetzt an" oder sind sie von selbst
 163 darauf gekommen die Blüten auch zu analysieren?

164 S: Bei den Blüten waren sie fast noch mehr selbstständig als beim Honig, weil das dann natürlich eher
 165 abstrakter ist.

166 I: Also eher selbstständig, bzw. sehr selbstständig.

167 S: Ja dazu kommt dass die Gruppe eher kleiner war.

168 I: Interessant wäre noch: wieviel musstet ihr moderieren, also schau vielleicht noch das an, überleg dir
 169 noch jenes...

170 S: Bei manchen mehr, bei manchen weniger. Bei uns waren etwa zwei Burschen, die haben nie einen
 171 Mucks gemacht, waren aber super produktiv, dann hatten wir aber auch welche die nach 3 Pollen
 172 aufgehört hätten, die musste man schon eher anleiten, dass sie noch mehr brauchen und eine hat sogar
 173 keine eigene Probe hinbekommen, der mussten wir dann eine herrichten, sonst hätte sie aufgegeben.
 174 Großteils waren sie sehr brav.

175 I: Gab's einen Zeitpunkt wo sie Ergebnisse erklären mussten, oder darstellen, bzw. überlegen: Was muss
 176 ich sagen, damit jemand anderes meine Ergebnisse versteht?

177 S: Nein, Ergebnisse waren ja bei uns nur die Pollen, da haben sie dann schon argumentiert, der schaut
 178 z.B. so aus weil mehr Zacken drauf sind oder der is eher rund.

179 I: war das eher untereinander? oder haben sie anderen Gruppen das erklärt? Das zielt ja darauf ab, dass
 180 ein Forscher ja seine Ergebnisse präsentiert, sowas in die Richtung haben sie also nicht gemacht.

181 Sollten sie oder konnten sie irgendwann Theorien entwickeln, die sie dann auch überprüfen konnten,
 182 also das geht wieder so ein bissl Richtung Hypothesen bilden und überprüfen.

183

184 S: Ich weiß nicht, ich glaub dafür war zu viel Anleitung und Richtungsvorgabe da - wir haben nicht gesagt:
 185 Da, Honig, macht's damit was ihr wollt. Es war schon gezielter: Wir haben jetzt den Honig und wollen
 186 darin den Honig zählen. Bei der ersten Einheit ist an und für sich auf dem Blatt gestanden: Hypothesen
 187 zum Pollen. Also dass sie selbst Hypothesen bilden zum Pollen, die man mit der Struktur die sie sehen
 188 verknüpfen können.

189 I: Wie war das genau formuliert? Oder stand dan dort H. zu Pollen und ein paar waren präsentiert?

190 S: Da waren ein paar vorgestellt und mein Hintergedanke war, dass sie vielleicht draufkommen, dass
 191 unterschiedliche Arten oder Gattungen unterschiedlichen Pollen haben. Nur das hat nicht so hingehaut.
 192 Wobei das dann dem Material geschuldet war, ok die schauen alle gleich aus und ok, was machen wir
 193 jetzt? Eigentlich hätten wir ja geplant, dass jeder zwei verschiedene Pollen hat und bemerkt: Oh mein
 194 Gott, die sind ja komplett anders und woran könnt das liegen?

195 I: Gibt's da eine Idee wie man das verbessern könnte, wenn man noch einmal so eine Einheit macht?

196 S: Auf jeden Fall vorher anschauen den Pollen, damit man wirklich sieht, ob es Unterschiede gibt. Wenn
 197 man jetzt wirklich einen Graspollen hat und einen Sonnenblumenpollen, da kann man dann solche
 198 Hypothesen aufstellen, weil die ja ganz unterschiedlich sind. Die Jahreszeit war halt auch nicht so gut.

199 Woher kriegt man Blumen die noch Pollen haben? Das AB war so: Macht die Pollen der beiden Pflanzen
 200 sichtbar und unter dem Mikroskop untersuchbar. Macht euch Gedanken über den Pollen, warum sieht er
 201 so aus und nicht anders. Stellt dazu Hypothesen auf.

202 I: Die Anleitung wäre da gewesen, aber sie sind nicht so drauf eingestiegen?

203 S: Ja und der Schluss der Stunde ist da ein wenig untergegangen das betreffend.

204 I: Ich würde es zusammenfassen unter: Angeleitet wäre es im Ansatz da gewesen, aber es hat sich nicht
 205 so in die Praxis übertragen.

206 S: Geplant wäre auch gewesen, dass sie am Ende des Arbeitsblattes das Ergebnis eintragen und es
 207 argumentieren können.

208 I: Es geht vor allem auch darum ob das die Schüler gemacht haben; Ich schreibe mir auf, dass es geplant
 209 war, aber ihr nicht dazu gekommen seid.

210 I: Gab es sowas wie einen Vergleich mit anderen Forschungsergebnissen, also: Wir haben das jetzt
 211 produziert und was sagen andere Forscher dazu? Dabei geht's eben darum, dass sie forschen und tun
 212 und am Ende haben sie ein Produkt, in eurem Fall einfach die Auszählung und ich schaue dann, wie
 213 ordnet sich das jetzt irgendwo ein was jemand anderes dazu getan hat. Ich schau auch einmal was haben
 214 andere für Vorarbeit geleistet.

215 S: Eher nicht. Du kannst ja in deiner Diplomarbeit schreiben was wir für Loser waren (lacht).

216 I: Nein um das geht es ja auch nicht, es ist ja keine Evaluierung von euch, sondern eine Evaluierung -
 217 wenn überhaupt -- der LV. Und es ist ja auch seit Jahrzehnten erforscht, dass anfangende Lehrer nicht
 218 dieses Wissen haben können und auch erfahrene Lehrer haben das oft nicht.

219 S: Ja, weil wir es selber auch nicht gemacht hat in der Schule und man ist ja auch noch am Anfang und
 220 mit anderem beschäftigt.

221 I: Vor allem ist es ja auch ein Praxiswissen. Ihr werdet in die nächsten Einheiten, das einbauen, was ihr
 222 während der Durchführung gelernt habt.

223 S: Ich glaube auch, das hier jetzt hat viel gebracht...da sind Sachen dabei über die ich mir noch nie
 224 Gedanken gemacht habe...grade, dass man das was etwa andere Forscher gesagt haben als
 225 Ausgangspunkt nimmt, dass man das Schülern überhaupt näherbringt.

226 I: Und das fehlt halt auch in der LehrerInnenbildung. Für viele ist das Seminar die erste
 227 Auseinandersetzung mit sowas wie was machen Wissenschaftler, was ist überhaupt ein Forschungszyklus
 228 und warum soll ich das überhaupt Schülern beibringen, weil man es selbst vielleicht auch nicht gelernt
 229 hat.

230 Ich würde auch noch gerne das was in der Gruppe gemacht wurde mit euch einzeln machen. Also wenn
 231 ihr euch diese Definition des forschenden Lernens durchlest und ihr überlegt, ob euch da etwas auffällt
 232 wo ihr noch etwas dazu sagen wollt. Also zur Definition was vielleicht nicht funktioniert...

233 S: Grundsätzlich, oder auf unser Projekt bezogen?

234 I: Beides, wenn es grundsätzliche Anmerkungen gibt gerne.

235 S: Grundsätzlich war unser Projekt eher geleitetes forschendes Lernen, da gab's ja diese Skala.

236 I: Welche Indikatoren hast du da dafür?

237 S: Wir hatten doch eher Arbeitsaufträge, die ein gewisses Ziel im Auge hatten. Also mit dem Auftrag vom
 238 AKH haben wir schon ein klares Ziel gehabt und wir haben sie schon eher darauf hingeleitet, dass sie
 239 Pollen auszählen sollen.

240 I: Ich frag nur aus Interesse, weil ich es interessant finde, ist auch keine Wertung: Was genau war der
 241 Grund, dass ihr es genau so und nicht anders gemacht?

242 S: Eher zeitliche Probleme...und vielleicht dass ihnen gleich fad wird. Also die Angst, dass es zu keinem
 243 Ergebnis kommt. Bei Anleitungen ist man auf der sicheren Seite. Für den Lehrer ist es halt nicht so
 244 einfach das alles aus der Hand zu geben. Es war halt so ein Mittelding, nicht Kochrezept, aber mit Ziel
 245 und wie sie zu dem Ziel kommen war dann frei.

246 I: Sonstige Anmerkungen dazu? Vor allem zum Beispiel: "forschende Denk- und Arbeitsweisen" als
 247 Stichwort vielleicht?

248 S: Ich glaub' dass es schon ein wenig ein Einblick war, dass es nicht so Feuerwerk und Explosion war und
 249 man viel sitzt und es Fitzelarbeit ist und, dass man da als Schüler draufkommt, dass es nicht so wie im
 250 Fernsehen ist und dass das auch nicht immer gleich Erfolg heißt, manchmal auch Misserfolg und viel
 251 Arbeit und genaue Arbeit. Sie haben es ja im Endeffekt auch ohne Raster gemacht z.B. und keine ganze
 252 Probe komplett durchgearbeitet und gemerkt wieviel Aufwand das wäre alles aussagekräftig zu machen.

253 I: Gibt's noch etwas wo sie etwas erwähnt oder gesagt haben auf das sie draufgekommen sind was
 254 Forschungstätigkeit ausmacht?

255 S: Sie werden eher alle keine Mikrobiologen werden (lacht). Es hat ihnen schon getaugt, aber es war
 256 wahrscheinlich ungewohnt lang für sie. Obwohl es in Wahrheit eh nur zweieinhalb Stunden waren wo sie
 257 ins Mikroskop geschaut haben.

258 I: Gibt's irgendwas wo es von der Planung zur Umsetzung des Projekts Schwierigkeiten gab? Oder etwas
 259 was wider Erwarten gut geklappt hat?

260 S: Das ultimative war eigentlich die Zentrifuge, das war dann hundert zu eins, dann am Anfang das mit
 261 den Pollen das war ein schwerer Rückschlag, der Vergleich, aber war kein Weltuntergang. Zeitlich war es
 262 dann doch okay.

263 I: Grundsätzlich sind wir durch – gibt's von Euch noch etwas was ihr euch von der LV mehr gewünscht
 264 hättet?

265 S: Teilweise war am Anfang kein Moodle, da war uns nicht ganz klar was wir machen müssen und die
 266 Arbeitsaufträge waren ein bissl schwammig, aber das haben wir eigentlich eh auch rückgemeldet. Gut
 267 war, dass man wieder mal unterrichten durfte.

268 I: Und im Hinblick aufs forschende Lernen, z.B. wie führt man das durch?

269 S: Wie gesagt, das was du mit uns jetzt durchbesprichst find ich wichtig, da hätte ich mir keine Gedanken
 270 drüber gemacht. Wenn das ein wenig mehr eingeflossen wäre, das wäre interessant gewesen und das
 271 hätte man in unsere Planung einfließen lassen können. Also auch die Klarheit, dass man Schüler
 272 Hypothesen bilden lassen soll zum Beispiel. Alles vielleicht ein bissl schriftlich mehr zusammenstellen,
 273 weil man auch nicht 3 1/2 Stunden aufmerksam sein kann im Seminar.

274 I: Ihr seid ja beide fast fertig mit dem Studium, hab' ich so mitbekommen und würdet ihr sagen ihr habt
 275 viel mit "Wie funktioniert Forschung, was tut ein Wissenschaftler?" zu tun gehabt im Studium?

276 S: Ich habe vorher Biotechnologie begonnen, von daher schon, aber im Lehramt-Studium... Vielleicht in

277 den Molekularbiologie-Übungen am ehesten. Die Ganzen Pflanzenphysiologie-Übungen sind etwa
278 Kochrezept. Forschendes Lernen im Schulunterricht hat man ja auch nirgends. Vielleicht noch in der
279 Fachdidaktik mal erwähnt oder die Zoologie Experimente, das war super. Das war nicht eher so das
280 Drumherum, sondern das tatsächliche Arbeiten. Selbst hab' ich auch noch nie einen Hasenschädel sezziert
281 oder wo kriegt man das Zeug her.

282 I: Wie wichtig findet ihr, dass man sowas durchführt im Unterricht?

283 S: Ohne schleimen zu wollen sehr wichtig, speziell halt auch praktische Sachen merkt man sich viel
284 länger...aber dann hat man halt das Problem, dass man sich nicht einfach so viel Zeit rausnehmen kann.
285 Und es kommt natürlich auch aufs Alter an. Für die Schüler kann's auch eine Erkenntnis sein: Ok, nein ich
286 möchte sowas gar nicht machen, weil die glauben vielleicht ich schaue 10 min irgendwo rein und hab
287 dann mein Ergebnis. Oder habe Krebs geheilt.

288 I: Gibt es noch irgendwas, was ihr ergänzen möchtet, bezüglich der Lehrveranstaltung, oder forschendem
289 Lernen?

290 S: [...] mir fällt eigentlich nichts mehr ein.

291 I: Dann bedanke ich mich dafür, dass ihr euch die Zeit genommen habt!

Interview GR 5

- 1 I: Vielleicht kannst du damit anfangen zu erzählen wo ihr wart und was ihr durchgeführt habt.
- 2 S: Wir waren an einer HLW in Wiener Neustadt. Abwechselnd 9-12 Kinder, 15. bis 16. Wir hatten 3
3 Doppelstunden. Da hatten wir geplant ein kleines Brainstorming. Was fällt ihnen ein und dass wir
4 dann an das was an der Tafel steht anschließen und versuchen was wir vorher schon an wichtigen
5 Punkten festgelegt haben die dann zu erarbeiten.
- 6 I: Welche Punkte waren das?
- 7 S: Brainstorming, grob durchbesprochen, Kernfragen mit ihnen erarbeitet. Wie es sich dann ergeben
8 hat haben wir sie in Gruppen eingeteilt von 2-3 Personen. Sie dann auch selbst arbeiten lassen. Die
9 Lehrerin hat mir Bücher zur Verfügung gestellt und sie hatten Computer in den Räumen.
- 10 I: Du hast gemeint du hast dir was zusammengeschrieben, was genau war das?
- 11 S: Ganz allgemein. Ich hab' Pollen an die Tafel geschrieben. Ich wollte, dass sie wissen was ist ein
12 Pollen, dass sie das schaffen das selber auch zu formulieren, nicht aus dem Buch eine Definition,
13 sondern wirklich mit eigenen Worten, wozu dient er, wie wird er verbreitet, der Zusammenhang
14 Pollen und Honig, dass das geklärt wird. Dann Palynologie, generell die Forschungsfelder und
15 Anwendung. haben wir zusammen herausgearbeitet.
16 Am Anfang waren sie komplett überfordert, was ist Pollen? Honig und Pflanzen sind ihnen selbst
17 eingefallen. Wo genau man Pollen findet hatten sie nicht.
- 18 I: Was für einen Sinn bzw. was wolltet ihr erreichen mit der Aktivität?
- 19 S: Erst einmal selber sehen wie ihr Vorwissen ist - wenn sie keines haben, damit wir ihnen eine Basis
20 schaffen können. Ich muss sagen dieses selber erarbeiten hat lang gedauert, hab dann auch gesehen,
21 dass das nicht vorangeht und habe ihnen die Fragen zugeteilt in den Gruppen.
- 22 I: Wie war die Aufgabenstellung: selbsttätig in der Gruppe etwas suchen?
- 23 S: Zu Beginn wollt ich, dass sie die Frage die ihnen am interessantesten vorkommt selbstständig
24 nachschauen, was nicht so gut funktioniert hat, es war fast anstrengend, dass sie komplett ohne
25 Vorwissen waren.
- 26 I: Sie haben das also selbsttätig gemacht - bis auf Fragen die sie hatten - das war auch nach der
27 Brainstorming-Einheit. Kannst du dich doch noch erinnern was genau die Aufgabenstellung war? Du
28 wirst wahrscheinlich gesagt haben: was interessiert euch am meisten?
- 29 S: Ich hab' nur gesagt, weil wir Ihnen gleich den Fall nennen wollten. Was könnte der Pollen mit
30 diesem Fall zu tun haben?
- 31 I: Ihr habt also schon vorgestellt...
- 32 S: Ja, weil es doch Interesse weckt wahrscheinlich.
- 33 I: Wie hast du den Fall vorgestellt?
- 34 S: Gleich im Anschluss an meine Vorstellung, woher ich bin, was ich mache hab ich sie gefragt wer
35 Palynologie kennt, da kam keine Rückmeldung, da hab ich dann eben weiter gefragt bezüglich Pollen,
36 was fällt euch da ein? Ich wollte eigentlich, dass jeder einzelne vorgeht, sind dann die Reihen
37 durchgegangen, es gibt keine falschen Antworten und wenn ihnen nichts einfällt, dann sollten sie
38 Striche machen dazu.
- 39 I: Was genau habt ihr am Fall beschrieben?
- 40 S: Es wurde ein Stofffetzen gefunden und am Tatort hat's eine bestimmte Pollenzusammensetzung

41 gegeben und man musste Übereinstimmungen finden.

42 I: Und ihr habt ihnen gesagt, dass Pollen gefunden wurde

43 S: nur haben wir nicht genau gesagt an welchem Kleidungsstück. Stofffetzen, Handschuh und ein
44 Taschentuch.

45 I: Mich würde interessieren zu ihrer Recherche, das war nach der Fallvorstellung und nach dem
46 Brainstorming.

47 Nach dem Brainstorming haben sie Forschungsfragen erstellt, also was sich selber für Fragen über
48 Pollen stellen haben wir erarbeitet. Die haben wir dann zu ihnen gesagt sie sollen sich aussuchen
49 welche sie machen wollen, natürlich aufgeteilt, dass nicht jeder dieselbe Frage macht und selbst
50 erarbeiten. 2-3 Personen.

51 I: Kannst du dich an einige Fragen erinnern?

52 S: Was ist Pollen, wo findet man den an der Pflanze. Das war am schwierigsten zu beantworten für
53 sie. Definition war schnell da, aber den Sinn dahinter, das hat ein bissl länger gedauert. Dann noch
54 Merkmale, was die Körpergröße damit zu tun hat, dann Zacken usw. und Form generell. Also Aufbau
55 des Pollens.

56 I: Welche Frage haben sie sich da gestellt?

57 S: Welche Merkmale haben die verschiedenen Formen des Pollens?

58 Wir haben das Tafelbild gehabt und das bin ich mit ihnen durchgegangen und welche Fragen stellen
59 sich euch da jetzt, die wir im Eigenstudium noch beantworten müssen? Da kam dann "wie sieht der
60 Pollen aus"?

61 Wie wird er verbreitet war eine Frage. Ein wenig musste ich nachhelfen, sie waren sehr träge, obwohl
62 sie brav waren, aber man musste sie teilweise anspornen. Die Anwendungsfelder des Pollens waren
63 auch Thema wobei ich da hinführen musste, ehrlicher Weise.

64 I: Du hast das Forschungsfragen genannt. Wie würdest du „Forschungsfragen“ im forschenden
65 Lernen definieren?

66 S: Ja fragen die sie auch stellen müssen bevor sie mit der Arbeit beginnen können. Sonst können sie
67 sich nichts drunter vorstellen.

68 Wir haben viel zu viel eingeplant, danach wollt ich nämlich noch eine Einführung zum Mikroskop
69 machen und üben lassen mit den Pollen die wir vorbereitet hatten, die waren leicht. so weit bin ich
70 dann nicht mehr gekommen. Das war anhand eines Arbeitsblattes. Das hat ihnen gefallen und
71 konnten sie auch gut lösen.

72 I: Wie ging's dann in der zweiten Einheit weiter?

73 S: Da haben wir dann noch einmal den Fall erwähnt und eine Wiederholung. Hat mich dann
74 überrascht, dass sie gar nichts mehr gewusst haben. Pollen generell war nur mehr der Standardsatz
75 da und ein bissl was mit der Forensik.

76 I: Wie ging's weiter?

77 S: Wir hatten schon hergerichtet die Proben und haben sie gefragt wie sie den Fall lösen wollen. Wir
78 waren uns dann ein wenig uneinig, ich wollte erst dass sie sich einen Plan überlegen, meine Kollegin
79 gleich in die Sache starten, da waren wir uns uneinig.

80 Das war dann nur ganz grob durchgeplant.

81 I: Was meinst du wäre besser gegangen, wenn sie vorher einen Plan erstellt hätten?

82 S: Da hat man etwas Nachhaltiges, da haben sie noch etwas auf Zetteln stehen, was zur Festigung
83 beiträgt, sie sind ja trotzdem eigentätig indem sie sich die Schritte überlegen, den Fall behandeln in
84 der letzten Einheit dann resümieren, was habe ich an meiner Planung geändert - das ist leider nicht
85 so gelaufen.

86 I: Außer, dass sie sich erinnern und eine Niederschrift haben hätte es den Schülerinnen und Schülern
87 beim Vorgang des Forschens auch was gebracht?

88 S: Finde schon, weil wenn man dann zu den Sachen hinget vergisst man evtl. was man sich vorher
89 gedacht hat.

90 I: Hätte es ihnen vielleicht näher gebracht was ein Wissenschaftler macht?

91 S: Ich erinnere mich an das was Frau H. gesagt hat, es soll etwas Greifbares bleiben, was man
92 nachher auch noch hat.

93 I: Also sie sind dann direkt gestartet, d.h.?

94 S: Sie waren trotzdem ziemlich träge, sind aufgestanden, haben ein paar Sachen gegeben die man
95 brauchen kann, sind dann raus gegangen aus der Situation und haben sie machen lassen. Wasser,
96 Petrischalen, Pipetten, Deckgläser, Objektträger, dann zum Spaß noch ein kleines Gefäß mit Schnur,
97 wobei...das haben wir erst später gemacht.

98 Mikroskope hatten sie auch und die Proben.

99 I: Wie waren die Proben?

100 S: 3 weil wir nicht wussten wie viele wir nehmen sollen. Täter A, Täter B und eine Opfer-Probe. Die
101 haben wir selber präpariert.

102 I: Wie ging das dann?

103 S: Sie waren dann viel schneller als wir erwartet haben, deshalb wollt ich vorher, dass sie überlegen:
104 Wie muss ich auswerten und wie kann ich das dann präsentieren, der Polizei zum Beispiel. Wir
105 wollten sie nicht 300 Pollen auszählen lassen, weil sie dann evtl. rasch das Interesse verloren hätten.
106 Aber zumindest, dass ihnen bewusst ist, dass Palynologen zig tausende auszählen müssen; das war
107 ihnen nicht so bewusst. sie waren mit da sind 10 und da sind 10 und das wird schon passen. Die
108 meisten haben dann doch wunderschön präpariert. Sie hatten auch schnell das richtige Ergebnis und
109 dann wars für sie vorbei.

110 Sie sollten die Pollen rauszeichnen und was das besondere an den Formen ist, was es heißt, wenn
111 einer solche Formen hat und was, wenn er andere hat. Wir haben auch sehr markante genommen.

112 I: Sie haben's dann klar an der Form des Pollen erkannt.

113 S: JA die hat man klar unterscheiden können und der Runde war der übereinstimmende. Sie waren
114 dann gut beim Mikroskopieren.

115 I: Sie haben dann ein Ergebnis gehabt...

116 S: Ursprünglich wollten wir, dass sie in der letzten Einheit noch arbeiten und kurz präsentieren -
117 dadurch, dass sie aber schon fertig waren haben wir in der 3. Einheit es kurz besprechen und
118 reflektieren und dann haben wir sie stattdessen noch Pollen im Honig finden lassen.

119 I: Haben sie trotzdem irgendwie ihre Ergebnisse präsentiert?

120 S: Wir sind dann durch die Gruppen gegangen und sollen uns ihre Erfahrungen sagen, wie es
121 gegangen ist, was das Ergebnis ist. Obs leicht war schwer war. Mehr so ein Interview, Gespräch.
122 Miteinander haben sie auch geredet also auch die Gruppen untereinander.

123 I: Gab's da eine Aufgabe für das untereinander reden?

124 S: Wir haben gesagt da ihr so schnell wart, (siehe oben)

125 I: Gab's auch Diskussionen?

126 S: Manche taten sich leichter, manche schwerer. Das waren fertige vom Reformhaus, Manche haben
 127 sich dann die Frage gestellt wieso find ich in dem einen Stück nichts gefunden und es war mehr so
 128 eine Diskussion darüber.

129 In der letzten Einheit haben wir ihnen verschiedene Arten von Honig hingestellt. Da haben wir eher
 130 ein Gespräch angeregt. Haben sie gefragt.

131 I: Gab's da eine Aufgabenstellung was sie machen sollen?

132 S: Sie sollten uns erklären was is der Zusammenhang Honig und Pollen.

133 I: Konnten sie da die Proben verwenden um das herauszufinden oder war das eher Denkarbeit?

134 S: zuerst Denkarbeit und dann haben sie die Proben nehmen können. Es ist aber alles viel schneller
 135 gegangen als wir geglaubt haben.

136 Wir haben ihnen alles hergerichtet, 3 verschiedene Sorten: Blütenhonig, Waldhonig damit sie
 137 vielleicht draufkommen warum dort weniger Pollen oder garkeiner ist und ein gerührter, der hat eine
 138 andere Farbe, damit sie auch da nachdenken.

139 Ein kleines Gefäß mit einer 'Schnur haben wir ihnen auch hingelegt, das war die Idee von der Fr. Prof.
 140 damit sie evtl. zentrifugieren können. Ohne dass wir ihnen was dazu gesagt haben, wir wollten dass
 141 sie selbst drauf kommen.

142 I: Was waren dann ihre Ansätze?

143 S: Sie haben gleich mit Wasser verdünnt, dabei haben sie festgestellt, dass Palynologen einen
 144 schweren Beruf haben, weil ihnen da erst bewusstgeworden ist, dass es eine anstrengende Arbeit ist
 145 so etwas auszählen zu müssen, weil es beim Honig sehr viel schwerer ist Pollen zu finden. Aufs
 146 Zentrifugieren sind sie erst spät gekommen. Da hat die Kollegin dann unauffällig vorgezeigt und dann
 147 haben sie's nachgemacht.

148 I: Gab's dann sowas wie ein Ergebnis? Haben sie etwas dargestellt?

149 S: Sie konnten die Pollen aufzeichnen und es waren Pollentafeln dabei damit sie bestimmen können.
 150 Und wir haben auch gesagt, wenn sie die Pollen auf den Tafeln nicht finden dann können sie im
 151 Internet suchen.

152 I: Sie hatten dann einzelne Pollenarten identifiziert?

153 S: und dabei haben sie sich die Frage gestellt warum Pollen so viele unterschiedliche Formen haben
 154 und das haben sie sich auch selbst erarbeitet, also wegen der Verbreitung z.B. Ganz am Ende haben
 155 wir einen Feedback-Bogen durchgegeben für uns.

156 I: Gab's dann am Ende noch eine Diskussion mit den Gruppen?

157 S: Nein, sie waren auch nicht motiviert und das war dann schwer.

158 I: Ich habe eine Liste an Fragen zu eurem Projekt, könntest du mir bitte sagen ob diese Aktivitäten
 159 stattgefunden haben und wenn ja, ob sie eher von euch angeleitet waren oder ob die SS Das
 160 selbstständig durchgeführt haben.

161 Das erste ist: Haben sie Forschungsfragen entwickelt, also z.B. Wie kommt der Pollen eigentlich in
 162 den Honig?

163 S: Am Anfang haben wir das zusammen entwickelt, also es waren leicht gestellte Fragen.

164 I: Forschungsfrage heißt auch: Sie haben selber eine Idee, die sie herausfinden wollen.

165 S: Anhand des Brainstormings haben sie sich die Frage gestellt wie könnte man den Fall lösen? Da
166 sind sie auf die Fragen gekommen die zuvor geklärt werden müssen, damit man den Fall lösen kann.

167 I: Eher angeleitet oder selbstständig?

168 S: Teils, teils - Manches ging sofort, da sind sie alleine draufgekommen. Ich hab' ja selbst ein Konzept
169 gehabt, welche ich von ihnen hören wollte, bei manchen musste ich ein bissl anleiten - auf die wären
170 sie nicht gleich gekommen.

171 I: und woran hast du gesehen, dass sie selbstständig draufgekommen sind?

172 S: Manche Sachen sind einfach wirklich wie aus der Kanone geschossen gekommen.

173 I: Die nächste Frage ist: Eine Untersuchung entwickeln also z.B. ich vergleiche etwas mit einer
174 Kontrollprobe oder ich habe Parameter die ich verändern kann. Ich überlege mir wie kann ich es am
175 besten auswerten, also wenn ich da z.B. Pollen sehe, muss ich den jetzt zählen.

176 S: Das hätte ich beim Versuch gerne gehabt, aber in der Kooperation mit der Kollegin war das dann
177 nicht so, sie haben schon begonnen, aber übereilt sind sie mitten rein gehüpft. Die Auswertung
178 haben sie sich nicht so überlegt. Hat auch nicht so funktioniert, da ist ihnen erst beim Honig
179 klargeworden, dass man hätte zählen müssen, deshalb find ich gut, dass wir den auch noch gemacht
180 haben.

181 I: Beobachtungen Anstellen, also eine Probe betrachten, etwas betrachten, analysieren.

182 S: Ja das haben sie schon gemacht, sowohl beim Pollen auf den Kleidungsstücken, als auch beim
183 Honig. Zeichnungen haben sie auch gemacht.

184 I: Sind sie selbstständig draufgekommen, dass sie das auch zeichnen könnten?

185 S: Nein das war dann eher angeleitet.

186 I: Mussten Sie ihre Ergebnisse erklären oder darstellen? Also Ergebnisse umwandeln von einer
187 Stricherl-Liste oder von mündlich formulierten Erkenntnissen in etwas Schriftliches oder (...)

188 S: Nein, das hat alles viel zu schnell funktioniert, wir haben auch nicht so die Praxis. Sie hatten ihre
189 Zeichnungen, die hatten sie bei sich liegen und die haben sie uns dann erklärt.

190 I: Eine Transformation der Daten haben sie aber nicht gemacht?

191 S: Nein das haben wir auch gelassen, weil sie mikroskopieren spannender fanden. Ist das jetzt
192 schlecht?

193 I: Nein, also grundsätzlich sind diese Dinge ja mehr oder weniger Indikatoren für authentisches
194 forschendes Lernen, aber nicht jeder dieser Vorgänge muss immer automatisch in jedem Projekt
195 vorkommen. Dazu kommt natürlich, dass man vielleicht zum ersten Mal mit AFL unterrichtet und das
196 gar nicht so mit eingeplant hat...das wird vielleicht niemand so hinbekommen wie es die Theorie
197 sagt. Ihr seid ja auch dort um mal auszuprobieren...was fällt uns leicht, was schwer und wo können
198 wir noch an uns arbeiten.

199 die fünfte Frage wäre: Theorien entwickeln, Hypothesen formulieren...

200 S: Da muss ich an die Formen denken...das ist ihnen aufgefallen, das haben sie selbst in Verbindung
201 gebracht mit der Verbreitung.

202 I: Konnten sie das dann irgendwie überprüfen, also warum hat dieser Pollen jene Form und der

203 andere diese Form - also eine Forschungsfrage muss ja auch immer irgendwie so formuliert sein, dass
 204 man sie prüfen kann.

205 S: also am Anfang...also sie haben gleich gefunden, dass die unterschiedliche Formen haben und bei
 206 der Verbreitung haben sie gefunden, weil es dem Zweck der Verbreitung dient. Man musste sie ein
 207 wenig darauf hinweisen.

208 I: Gabs dann so etwas wie einen Vergleich mit anderen Forschungsergebnissen oder einen Versuch
 209 das irgendwie einzuordnen in die Literatur die sie vorher gelesen haben?

210 S: Nein, wir haben nicht noch mal die Literatur besprochen.

211 I: Also nicht zum Beispiel palynologische Gutachten verglichen mit ihren Ergebnissen oder so?

212 S: Na doch, da haben Sie ja im Internet den Bericht von der Martina Weber gleich gefunden und
 213 waren sofort neugierig.

214 I: Und das war vorher bei der Recherche. Nachher seid ihr aber nicht noch einmal hergegangen und
 215 habt es nicht eingeordnet oder verglichen, wie machen die das und wie haben wir das gemacht?

216 S: Nein, das haben wir nicht bedacht. Im Nachhinein wäre es eine gute Idee gewesen.

217 I: Aber die Recherche vorher war eher angeleitet?

218 S: Teils teils...sie brauchten ein bissl Hinleitung. Allein waren sie es glaub ich nicht gewohnt.

219 I: Gibts noch eine Episode wo du sagen würdest da hat irgendwas besonders gut geklappt, wo sie
 220 explizit etwas über Forschung gelernt haben?

221 S: Also extrem gut geklappt hat das mit dem Honig und cool war auch dass sie selbst auf die Idee
 222 gekommen sind mit dem Zentrifugieren - wir sind da nicht gleich von selbst drauf gekommen.

223 I: Was hat ihnen das über Forschung (...)

224 S: Ja generell also sie haben gehört Forensik, ur cool, das will ich auch mal machen, aber dass sie mit
 225 ganz viel Arbeit konfrontiert sind das haben sie nicht gedacht, dass sie dann vielleicht 300 Pollen
 226 auszählen müssen, dass sie das verstanden haben. Dass Wissenschaft halt auf Ergebnissen beruhen
 227 muss, auf eindeutigen und ausreichenden Ergebnissen. Auch bei dem Verbrechen war ihnen das
 228 nicht so bewusst. Erst beim Honig, weil da auch so viele verschiedene drin waren, da ist ihnen das
 229 bewusstgeworden, dass sie das auch eindeutig machen müssen.

230 I: Vielleicht auch was sie durch diese Aktivität gelernt haben, was sie alleine durch z.B. einen Text
 231 über palynologische Methoden nicht gelernt hätten?

232 S: dass sie sich evtl. bewusst werden was braucht man für ein Vorwissen um in so einem Feld zu
 233 arbeiten.

234 I: gibt es noch etwas was Du selbst über Wissenschaft gelernt hast während dem forschenden
 235 Lernen?

236 S: Generell forschendes Lernen. auch einmal umzusetzen...das habe ich noch nicht ausprobieren
 237 können und ich war auch mit der Thematik nicht so vertraut und musste mich selber reinlesen. Und
 238 generell das ausprobieren und auch die Reaktionen der SchülerInnen waren interessant.

239 I: hast du dich wohl gefühlt dabei so zu unterrichten?

240 S: Ja, nur ich würde ein Themengebiet nehmen, das mir mehr zusagt, wo man vielleicht im Mikroskop
 241 auch mehr sieht, vielleicht Teichschlamm untersuchen. Also Interesse und ein Gebiet wo ich mich
 242 selbst mehr auskenne. Im Seminar vielleicht ein bissl mehr Mikroskopieren, oder überhaupt eine
 243 Übung dahinter haben wäre vielleicht gut. Aber es war cool sich mit dem Thema auseinander zu

244 setzen, weil man gar nicht daran denkt, obwohl es allgegenwärtig ist. Schwierigkeiten mit der
245 Methode hatten wir nicht, sie waren eigentlich diszipliniert und ruhig, halt eher unmotiviert. Man
246 muss bei der Methode nur aufpassen, dass man nicht zu viel macht. Also nicht zu viel vorgibt. Ich
247 finde das muss man üben. Unsere Betreuungslehrerin war das auch nicht so gewohnt, dass sie da
248 selber machen und wir nur im Hintergrund sind.

249 I: Gibt es noch irgendeine Episode wo du denkst etwas hat besonders gut geklappt? (...) Oder etwas
250 nicht so geklappt hat wie es geplant war?

251 S: (...) Eigentlich nicht.

252 I: Okay, dann sind wir grundsätzlich fertig – Danke

Interview GR 5

1 I: Vielleicht kannst du damit anfangen zu erzählen wo ihr wart und was ihr durchgeführt habt.

2 S: Wir waren an einer HLW in Wiener Neustadt. Abwechselnd 9-12 Kinder, 15. bis 16. Wir hatten 3
3 Doppelstunden. Da hatten wir geplant ein kleines Brainstorming. Was fällt ihnen ein und dass wir
4 dann an das was an der Tafel steht anschließen und versuchen was wir vorher schon an wichtigen
5 Punkten festgelegt haben die dann zu erarbeiten.

6 I: Welche Punkte waren das?

7 S: Brainstorming, grob durchbesprochen, Kernfragen mit ihnen erarbeitet. Wie es sich dann ergeben
8 hat haben wir sie in Gruppen eingeteilt von 2-3 Personen. Sie dann auch selbst arbeiten lassen. Die
9 Lehrerin hat mir Bücher zur Verfügung gestellt und sie hatten Computer in den Räumen.

10 I: Du hast gemeint du hast dir was zusammengeschrieben, was genau war das?

11 S: Ganz allgemein. Ich hab' Pollen an die Tafel geschrieben. Ich wollte, dass sie wissen was ist ein
12 Pollen, dass sie das schaffen das selber auch zu formulieren, nicht aus dem Buch eine Definition,
13 sondern wirklich mit eigenen Worten, wozu dient er, wie wird er verbreitet, der Zusammenhang
14 Pollen und Honig, dass das geklärt wird. Dann Palynologie, generell die Forschungsfelder und
15 Anwendung. haben wir zusammen herausgearbeitet.

16 Am Anfang waren sie komplett überfordert, was ist Pollen? Honig und Pflanzen sind ihnen selbst
17 eingefallen. Wo genau man Pollen findet hatten sie nicht.

18 I: Was für einen Sinn bzw. was wolltet ihr erreichen mit der Aktivität?

19 S: Erst einmal selber sehen wie ihr Vorwissen ist - wenn sie keines haben, damit wir ihnen eine Basis
20 schaffen können. Ich muss sagen dieses selber erarbeiten hat lang gedauert, hab dann auch gesehen,
21 dass das nicht vorangeht und habe ihnen die Fragen zugeteilt in den Gruppen.

22 I: Wie war die Aufgabenstellung: selbsttätig in der Gruppe etwas suchen?

23 S: Zu Beginn wollt ich, dass sie die Frage die ihnen am interessantesten vorkommt selbstständig
24 nachschauen, was nicht so gut funktioniert hat, es war fast anstrengend, dass sie komplett ohne
25 Vorwissen waren.

26 I: Sie haben das also selbsttätig gemacht - bis auf Fragen die sie hatten - das war auch nach der
27 Brainstorming-Einheit. Kannst du dich doch noch erinnern was genau die Aufgabenstellung war? Du
28 wirst wahrscheinlich gesagt haben: was interessiert euch am meisten?

29 S: Ich hab' nur gesagt, weil wir Ihnen gleich den Fall nennen wollten. Was könnte der Pollen mit
30 diesem Fall zu tun haben?

31 I: Ihr habt also schon vorgestellt...

32 S: Ja, weil es doch Interesse weckt wahrscheinlich.

33 I: Wie hast du den Fall vorgestellt?

34 S: Gleich im Anschluss an meine Vorstellung, woher ich bin, was ich mache hab ich sie gefragt wer
35 Palynologie kennt, da kam keine Rückmeldung, da hab ich dann eben weiter gefragt bezüglich Pollen,
36 was fällt euch da ein? Ich wollte eigentlich, dass jeder einzelne vorgeht, sind dann die Reihen
37 durchgegangen, es gibt keine falschen Antworten und wenn ihnen nichts einfällt, dann sollten sie
38 Striche machen dazu.

39 I: Was genau habt ihr am Fall beschrieben?

40 S: Es wurde ein Stofffetzen gefunden und am Tatort hat's eine bestimmte Pollenzusammensetzung
41 gegeben und man musste Übereinstimmungen finden.

42 I: Und ihr habt ihnen gesagt, dass Pollen gefunden wurde

43 S: nur haben wir nicht genau gesagt an welchem Kleidungsstück. Stofffetzen, Handschuh und ein
44 Taschentuch.

45 I: Mich würde interessieren zu ihrer Recherche, das war nach der Fallvorstellung und nach dem
46 Brainstorming.

47 Nach dem Brainstorming haben sie Forschungsfragen erstellt, also was sich selber für Fragen über
48 Pollen stellen haben wir erarbeitet. Die haben wir dann zu ihnen gesagt sie sollen sich aussuchen
49 welche sie machen wollen, natürlich aufgeteilt, dass nicht jeder dieselbe Frage macht und selbst
50 erarbeiten. 2-3 Personen.

51 I: Kannst du dich an einige Fragen erinnern?

52 S: Was ist Pollen, wo findet man den an der Pflanze. Das war am schwierigsten zu beantworten für
53 sie. Definition war schnell da, aber den Sinn dahinter, das hat ein bissl länger gedauert. Dann noch
54 Merkmale, was die Körpergröße damit zu tun hat, dann Zacken usw. und Form generell. Also Aufbau
55 des Pollens.

56 I: Welche Frage haben sie sich da gestellt?

57 S: Welche Merkmale haben die verschiedenen Formen des Pollens?

58 Wir haben das Tafelbild gehabt und das bin ich mit ihnen durchgegangen und welche Fragen stellen
59 sich euch da jetzt, die wir im Eigenstudium noch beantworten müssen? Da kam dann "wie sieht der
60 Pollen aus"?

61 Wie wird er verbreitet war eine Frage. Ein wenig musste ich nachhelfen, sie waren sehr träge, obwohl
62 sie brav waren, aber man musste sie teilweise anspornen. Die Anwendungsfelder es Pollens waren
63 auch Thema wobei ich da hinführen musste, ehrlicher weise.

64 I: Du hast das Forschungsfragen genannt. Wie würdest du „Forschungsfragen“ im forschenden
65 Lernen definieren?

66 S: Ja fragen die sie auch stellen müssen bevor sie mit der Arbeit beginnen können. Sonst können sie
67 sich nichts drunter vorstellen.

68 Wir haben viel zu viel eingeplant, danach wollt ich nämlich noch eine Einführung zum Mikroskop
69 machen und üben lassen mit den Pollen die wir vorbereitet hatten, die waren leicht. so weit bin ich
70 dann nicht mehr gekommen. Das war anhand eines Arbeitsblattes. Das hat ihnen gefallen und
71 konnten sie auch gut lösen.

72 I: Wie ging's dann in der zweiten Einheit weiter?

73 S: Da haben wir dann noch einmal den Fall erwähnt und eine Wiederholung. Hat mich dann
74 überrascht, dass sie gar nichts mehr gewusst haben. Pollen generell war nur mehr der Standardsatz
75 da und ein bissl was mit der Forensik.

76 I: Wie ging's weiter?

77 S: Wir hatten schon hergerichtet die Proben und haben sie gefragt wie sie den Fall lösen wollen. Wir
78 waren uns dann ein wenig uneinig, ich wollte erst dass sie sich einen Plan überlegen, meine Kollegin
79 gleich in die Sache starten, da waren wir uns uneinig.

80 Das war dann nur ganz grob durchgeplant.

81 I: Was meinst du wäre besser gegangen, wenn sie vorher einen Plan erstellt hätten?

82 S: Da hat man etwas Nachhaltiges, da haben sie noch etwas auf Zetteln stehen, was zur Festigung
83 beiträgt, sie sind ja trotzdem eigentätig indem sie sich die Schritte überlegen, den Fall behandeln in
84 der letzten Einheit dann resümieren, was habe ich an meiner Planung geändert - das ist leider nicht
85 so gelaufen.

86 I: Außer, dass sie sich erinnern und eine Niederschrift haben hätte es den Schülerinnen und Schülern
87 beim Vorgang des Forschens auch was gebracht?

88 S: Finde schon, weil wenn man dann zu den Sachen hingeht vergisst man evtl. was man sich vorher
89 gedacht hat.

90 I: Hätte es ihnen vielleicht näher gebracht was ein Wissenschaftler macht?

91 S: Ich erinnere mich an das was Frau H. gesagt hat, es soll etwas Greifbares bleiben, was man
92 nachher auch noch hat.

93 I: Also sie sind dann direkt gestartet, d.h.?

94 S: Sie waren trotzdem ziemlich träge, sind aufgestanden, haben ein paar Sachen gegeben die man
95 brauchen kann, sind dann raus gegangen aus der Situation und haben sie machen lassen. Wasser,
96 Petrischalen, Pipetten, Deckgläser, Objektträger, dann zum Spaß noch ein kleines Gefäß mit Schnur,
97 wobei...das haben wir erst später gemacht.

98 Mikroskope hatten sie auch und die Proben.

99 I: Wie waren die Proben?

100 S: 3 weil wir nicht wussten wie viele wir nehmen sollen. Täter A, Täter B und eine Opfer-Probe. Die
101 haben wir selber präpariert.

102 I: Wie ging das dann?

103 S: Sie waren dann viel schneller als wir erwartet haben, deshalb wollt ich vorher, dass sie überlegen:
104 Wie muss ich auswerten und wie kann ich das dann präsentieren, der Polizei zum Beispiel. Wir
105 wollten sie nicht 300 Pollen auszählen lassen, weil sie dann evtl. rasch das Interesse verloren hätten.
106 Aber zumindest, dass ihnen bewusst ist, dass Palynologen zig tausende auszählen müssen; das war
107 ihnen nicht so bewusst. sie waren mit da sind 10 und da sind 10 und das wird schon passen. Die
108 meisten haben dann doch wunderschön präpariert. Sie hatten auch schnell das richtige Ergebnis und
109 dann wars für sie vorbei.

110 Sie sollten die Pollen rauszeichnen und was das besondere an den Formen ist, was es heißt, wenn
111 einer solche Formen hat und was, wenn er andere hat. Wir haben auch sehr markante genommen.

112 I: Sie haben's dann klar an der Form des Pollen erkannt.

113 S: JA die hat man klar unterscheiden können und der Runde war der übereinstimmende. Sie waren
 114 dann gut beim Mikroskopieren.

115 I: Sie haben dann ein Ergebnis gehabt...

116 S: Ursprünglich wollten wir, dass sie in der letzten Einheit noch arbeiten und kurz präsentieren -
 117 dadurch, dass sie aber schon fertig waren haben wir in der 3. Einheit es kurz besprechen und
 118 reflektieren und dann haben wir sie stattdessen noch Pollen im Honig finden lassen.

119 I: Haben sie trotzdem irgendwie ihre Ergebnisse präsentiert?

120 S: Wir sind dann durch die Gruppen gegangen und sollen uns ihre Erfahrungen sagen, wie es
 121 gegangen ist, was das Ergebnis ist. Obs leicht war schwer war. Mehr so ein Interview, Gespräch.
 122 Miteinander haben sie auch geredet also auch die Gruppen untereinander.

123 I: Gab's da eine Aufgabe für das untereinander reden?

124 S: Wir haben gesagt da ihr so schnell wart, (siehe oben)

125 I: Gab's auch Diskussionen?

126 S: Manche taten sich leichter, manche schwerer. Das waren fertige vom Reformhaus, Manche haben
 127 sich dann die Frage gestellt wieso find ich in dem einen Stück nichts gefunden und es war mehr so
 128 eine Diskussion darüber.

129 In der letzten Einheit haben wir ihnen verschiedene Arten von Honig hingestellt. Da haben wir eher
 130 ein Gespräch angeregt. Haben sie gefragt.

131 I: Gab's da eine Aufgabenstellung was sie machen sollen?

132 S: Sie sollten uns erklären was is der Zusammenhang Honig und Pollen.

133 I: Konnten sie da die Proben verwenden um das herauszufinden oder war das eher Denkarbeit?

134 S: zuerst Denkarbeit und dann haben sie die Proben nehmen können. Es ist aber alles viel schneller
 135 gegangen als wir geglaubt haben.

136 Wir haben ihnen alles hergerichtet, 3 verschiedene Sorten: Blütenhonig, Waldhonig damit sie
 137 vielleicht draufkommen warum dort weniger Pollen oder garkeiner ist und ein gerührter, der hat eine
 138 andere Farbe, damit sie auch da nachdenken.

139 Ein kleines Gefäß mit einer 'Schnur haben wir ihnen auch hingelegt, das war die Idee von der Fr. Prof.
 140 damit sie evtl. zentrifugieren können. Ohne dass wir ihnen was dazu gesagt haben, wir wollten dass
 141 sie selbst drauf kommen.

142 I: Was waren dann ihre Ansätze?

143 S: Sie haben gleich mit Wasser verdünnt, dabei haben sie festgestellt, dass Palynologen einen
 144 schweren Beruf haben, weil ihnen da erst bewusstgeworden ist, dass es eine anstrengende Arbeit ist
 145 so etwas auszählen zu müssen, weil es beim Honig sehr viel schwerer ist Pollen zu finden. Aufs
 146 Zentrifugieren sind sie erst spät gekommen. Da hat die Kollegin dann unauffällig vorgezeigt und dann
 147 haben sie's nachgemacht.

148 I: Gab's dann sowas wie ein Ergebnis? Haben sie etwas dargestellt?

149 S: Sie konnten die Pollen aufzeichnen und es waren Pollentafeln dabei damit sie bestimmen können.
 150 Und wir haben auch gesagt, wenn sie die Pollen auf den Tafeln nicht finden dann können sie im
 151 Internet suchen.

152 I: Sie hatten dann einzelne Pollenarten identifiziert?

153 S: und dabei haben sie sich die Frage gestellt warum Pollen so viele unterschiedliche Formen haben
 154 und das haben sie sich auch selbst erarbeitet, also wegen der Verbreitung z.B. Ganz am Ende haben
 155 wir einen Feedback-Bogen durchgegeben für uns.

156 I: Gab's dann am Ende noch eine Diskussion mit den Gruppen?

157 S: Nein, sie waren auch nicht motiviert und das war dann schwer.

158 I: Ich habe eine Liste an Fragen zu eurem Projekt, könntest du mir bitte sagen ob diese Aktivitäten
 159 stattgefunden haben und wenn ja, ob sie eher von euch angeleitet waren oder ob die SS Das
 160 selbstständig durchgeführt haben.

161 Das erste ist: Haben sie Forschungsfragen entwickelt, also z.B. Wie kommt der Pollen eigentlich in
 162 den Honig?

163 S: Am Anfang haben wir das zusammen entwickelt, also es waren leicht gestellte Fragen.

164 I: Forschungsfrage heißt auch: Sie haben selber eine Idee, die sie herausfinden wollen.

165 S: Anhand des Brainstormings haben sie sich die Frage gestellt wie könnte man den Fall lösen? Da
 166 sind sie auf die Fragen gekommen die zuvor geklärt werden müssen, damit man den Fall lösen kann.

167 I: Eher angeleitet oder selbstständig?

168 S: Teils, teils - Manches ging sofort, da sind sie alleine draufgekommen. Ich hab' ja selbst ein Konzept
 169 gehabt, welche ich von ihnen hören wollte, bei manchen musste ich ein bissl anleiten - auf die wären
 170 sie nicht gleich gekommen.

171 I: und woran hast du gesehen, dass sie selbstständig draufgekommen sind?

172 S: Manche Sachen sind einfach wirklich wie aus der Kanone geschossen gekommen.

173 I: Die nächste Frage ist: Eine Untersuchung entwickeln also z.B. ich vergleiche etwas mit einer
 174 Kontrollprobe oder ich habe Parameter die ich verändern kann. Ich überlege mir wie kann ich es am
 175 besten auswerten, also wenn ich da z.B. Pollen sehe, muss ich den jetzt zählen.

176 S: Das hätte ich beim Versuch gerne gehabt, aber in der Kooperation mit der Kollegin war das dann
 177 nicht so, sie haben schon begonnen, aber übereilt sind sie mitten rein gehüpft. Die Auswertung
 178 haben sie sich nicht so überlegt. Hat auch nicht so funktioniert, da ist ihnen erst beim Honig
 179 klargeworden, dass man hätte zählen müssen, deshalb find ich gut, dass wir den auch noch gemacht
 180 haben.

181 I: Beobachtungen Anstellen, also eine Probe betrachten, etwas betrachten, analysieren.

182 S: Ja das haben sie schon gemacht, sowohl beim Pollen auf den Kleidungsstücken, als auch beim
 183 Honig. Zeichnungen haben sie auch gemacht.

184 I: Sind sie selbstständig draufgekommen, dass sie das auch zeichnen könnten?

185 S: Nein das war dann eher angeleitet.

186 I: Mussten Sie ihre Ergebnisse erklären oder darstellen? Also Ergebnisse umwandeln von einer
 187 Stricherl-Liste oder von mündlich formulierten Erkenntnissen in etwas Schriftliches oder (...)

188 S: Nein, das hat alles viel zu schnell funktioniert, wir haben auch nicht so die Praxis. Sie hatten ihre
 189 Zeichnungen, die hatten sie bei sich liegen und die haben sie uns dann erklärt.

190 I: Eine Transformation der Daten haben sie aber nicht gemacht?

191 S: Nein das haben wir auch gelassen, weil sie mikroskopieren spannender fanden. Ist das jetzt
 192 schlecht?

193 I: Nein, also grundsätzlich sind diese Dinge ja mehr oder weniger Indikatoren für authentisches
 194 forschendes Lernen, aber nicht jeder dieser Vorgänge muss immer automatisch in jedem Projekt
 195 vorkommen. Dazu kommt natürlich, dass man vielleicht zum ersten Mal mit AFL unterrichtet und das
 196 gar nicht so mit eingeplant hat...das wird vielleicht niemand so hinbekommen wie es die Theorie
 197 sagt. Ihr seid ja auch dort um mal auszuprobieren...was fällt uns leicht, was schwer und wo können
 198 wir noch an uns arbeiten.

199 die fünfte Frage wäre: Theorien entwickeln, Hypothesen formulieren...

200 S: Da muss ich an die Formen denken...das ist ihnen aufgefallen, das haben sie selbst in Verbindung
 201 gebracht mit der Verbreitung.

202 I: Konnten sie das dann irgendwie überprüfen, also warum hat dieser Pollen jene Form und der
 203 andere diese Form - also eine Forschungsfrage muss ja auch immer irgendwie so formuliert sein, dass
 204 man sie prüfen kann.

205 S: also am Anfang...also sie haben gleich gefunden, dass die unterschiedliche Formen haben und bei
 206 der Verbreitung haben sie gefunden, weil es dem Zweck der Verbreitung dient. Man musste sie ein
 207 wenig darauf hinweisen.

208 I: Gabs dann so etwas wie einen Vergleich mit anderen Forschungsergebnissen oder einen Versuch
 209 das irgendwie einzuordnen in die Literatur die sie vorher gelesen haben?

210 S: Nein, wir haben nicht noch mal die Literatur besprochen.

211 I: Also nicht zum Beispiel palynologische Gutachten verglichen mit ihren Ergebnissen oder so?

212 S: Na doch, da haben Sie ja im Internet den Bericht von der Martina Weber gleich gefunden und
 213 waren sofort neugierig.

214 I: Und das war vorher bei der Recherche. Nachher seid ihr aber nicht noch einmal hergegangen und
 215 habt es nicht eingeordnet oder verglichen, wie machen die das und wie haben wir das gemacht?

216 S: Nein, das haben wir nicht bedacht. Im Nachhinein wäre es eine gute Idee gewesen.

217 I: Aber die Recherche vorher war eher angeleitet?

218 S: Teils teils...sie brauchten ein bissl Hinleitung. Allein waren sie es glaub ich nicht gewohnt.

219 I: Gibts noch eine Episode wo du sagen würdest da hat irgendwas besonders gut geklappt, wo sie
 220 explizit etwas über Forschung gelernt haben?

221 S: Also extrem gut geklappt hat das mit dem Honig und cool war auch dass sie selbst auf die Idee
 222 gekommen sind mit dem Zentrifugieren - wir sind da nicht gleich von selbst drauf gekommen.

223 I: Was hat ihnen das über Forschung (...)

224 S: Ja generell also sie haben gehört Forensik, ur cool, das will ich auch mal machen, aber dass sie mit
 225 ganz viel Arbeit konfrontiert sind das haben sie nicht gedacht, dass sie dann vielleicht 300 Pollen
 226 auszählen müssen, dass sie das verstanden haben. Dass Wissenschaft halt auf Ergebnissen beruhen
 227 muss, auf eindeutigen und ausreichenden Ergebnissen. Auch bei dem Verbrechen war ihnen das
 228 nicht so bewusst. Erst beim Honig, weil da auch so viele verschiedene drin waren, da ist ihnen das
 229 bewusstgeworden, dass sie das auch eindeutig machen müssen.

230 I: Vielleicht auch was sie durch diese Aktivität gelernt haben, was sie alleine durch z.B. einen Text
 231 über palynologische Methoden nicht gelernt hätten?

232 S: dass sie sich evtl. bewusst werden was braucht man für ein Vorwissen um in so einem Feld zu
 233 arbeiten.

234 I: gibt es noch etwas was Du selbst über Wissenschaft gelernt hast während dem forschenden
 235 Lernen?

236 S: Generell forschendes Lernen. auch einmal umzusetzen...das habe ich noch nicht ausprobieren
 237 können und ich war auch mit der Thematik nicht so vertraut und musste mich selber reinlesen. Und
 238 generell das ausprobieren und auch die Reaktionen der SchülerInnen waren interessant.

239 I: hast du dich wohl gefühlt dabei so zu unterrichten?

240 S: Ja, nur ich würde ein Themengebiet nehmen, das mir mehr zusagt, wo man vielleicht im Mikroskop
 241 auch mehr sieht, vielleicht Teichschlamm untersuchen. Also Interesse und ein Gebiet wo ich mich
 242 selbst mehr auskenne. Im Seminar vielleicht ein bissl mehr Mikroskopieren, oder überhaupt eine
 243 Übung dahinter haben wäre vielleicht gut. Aber es war cool sich mit dem Thema auseinander zu
 244 setzen, weil man gar nicht daran denkt, obwohl es allgegenwärtig ist. Schwierigkeiten mit der
 245 Methode hatten wir nicht, sie waren eigentlich diszipliniert und ruhig, halt eher unmotiviert. Man
 246 muss bei der Methode nur aufpassen, dass man nicht zu viel macht. Also nicht zu viel vorgibt. Ich
 247 finde das muss man üben. Unsere Betreuungslehrerin war das auch nicht so gewohnt, dass sie da
 248 selber machen und wir nur im Hintergrund sind.

249 I: Gibt es noch irgendeine Episode wo du denkst etwas hat besonders gut geklappt? (...) Oder etwas
 250 nicht so geklappt hat wie es geplant war?

251 S: (...) Eigentlich nicht.

252 I: Okay, dann sind wir grundsätzlich fertig – Danke!

Interview LV-Leiterinnen

1 I: Meine Idee war jetzt mit euch, als jemand der eine gewisse Vorstellung hat, was auch die
 2 Studenten lernen sollen und dass man...

3 H: Es geht ja nicht nur um die Inhalte, sondern auch um die Methodik, das forschende Lernen...

4 I: Ja genau...Meine Idee war jetzt zu sammeln was ihr für wichtige Ideen habt um das dann zu
 5 vergleichen mit dem was die Studenten gebracht haben.

6 C: Im Bezug auf die Unterrichtseinheit zur Palynologie, wir haben ja auch lange daran entwickelt, das
 7 authentische forschende Lernen wie man das in den Unterricht bringt, also wenn wir jetzt in Bezug
 8 auf das sagt was sind die großen Fachlichen Iden sowohl auf der Seite der Palynologie als auch der
 9 Seite der Forschungsdisziplin. Wenn wir einfach mal sammeln...

10 H: Also das jetzt nicht auf der Basis der LV sondern das was wir vorher bei mir in der Schule gemacht
 11 haben.

12 C: Genau das ist so zu sagen das Äquivalent dazu was die Studis gemacht haben, also dass man
 13 wirklich die Pally in den Unterricht bringt, fachliche Konzepte und zentrale forschende Konzepte
 14 identifizieren könnten. Sammeln wir einfach mal.

15 H: Sollen wir unterscheiden zwischen zentrale inhaltliche Aspekte und methodische.

16 C: Ja das versuchen wir, wir können ja mal sammeln und dann...

17 H: Zentral für das Inhaltliche ist eigentlich...das ist im Vorfeld, wenn man von der Pally redet für die
 18 sexuelle Fortpflanzung der Pflanzen. Pollen als sexuelle Vermehrungseinheit und da hängt viel dran,

19 warum Sex. von Bedeutung ist. Auch für Schüler, damit sie sehen dass Pflanzen auch Sexualität
 20 haben. Blütenökolog. Aspekte, wie ist der Bau eines Pollens, die Struktur und wie wirkt sich das auf
 21 die Übertragungsart aus und auf das Ankommen.

22 C: Wo finde ich ihn überhaupt auf der Pflanze, wo wird er gebildet

23 H: Blütenökologischen im Sinne von wo kommt der Pollen. Das Zweite: wie wird er _übertragen. Da
 24 nehmen wir auch die Rückschlüsse auf seine Struktur. Dann wenn wir bei der _Übertragung sind, ok
 25 der Wind hat keinen Vorteil, aber der macht's eben so, dafür hast du den Aspekt dass du irrsinnig
 26 viele Pollen brauchst während bei Tieren diese Ko-Evolution total spannend find ich, der bietet
 27 Nektar an, damit die _überhaupt hinfliegen und dabei halt den Pollen aufgebockt kriegen, aber den
 28 Pollen auch nutzen, also nicht nur als lästiges Anhängsel sondern auch als Nahrung für ihre
 29 Nachkommen, ist ja fast eigentlich schon genial, oder? Und in welchem Zeitraum sich sowas
 30 entwickeln kann.

31 C: Also genau, wir haben zwei Bestäubungsmechanismen, Wind und Tier und beim Tier ist dann noch
 32 mal konkret die Frage, wie funktioniert diese...Abhängigkeitsbeziehung, gegenseitige Nutzbeziehung.
 33 Aber das haben wir in der Einheit nicht...

34 H: Nein, aber in der Schule thematisierst das schon, warum fliegt das Insekt überhaupt dort hin. Das
 35 ist schon, wahrscheinlich durch Zufall...keine Ahnung. Dadurch hat die dann einen Vorteil. Aber das
 36 haben möglichst schnell viele Pflanzen dann auch gemacht. Ok beim Pollen was haben wir noch für
 37 fachliche Dinge...

38 C: Ja, dann gibt es das, dass der Pollen differenziert werden kann, je nach Aussehen.

39 H: Was schon auch wichtig ist: P zu produzieren ist ja sehr Energieaufwendig für die Pflanze und dann
 40 kommt schon der Rückschluss wieder für die Sex. Weil die hat schon einen evolutionären Vorteil.
 41 Warum soll sie so viel Pollen, Nektar produzieren, wenn sie sich vegetativ auch fortpflanzen könnte.
 42 Deshalb ist dieses Zentrale Thema...der Evolution spielt da schon stark hinein. Man muss es halt
 43 unterschiedlich verpacken, vielleicht nicht unbedingt in der Vierten, aber man sollte es doch
 44 ansprechen. Das ist ja unglaublich, ist ja beim Menschen auch unglaublich, die Spermienproduktion,
 45 300 Millionen bei einer Ejakulation, was das für eine Verschwendung ist und das hat man hier auch.
 46 Ok, was noch... Pollen...unterschiedliches Aussehen, Oberflächenstrukturen....

47 C: Deshalb kann man ihn bestimmen

48 H: Ja, aber interessant, wieso sich das eigentlich so unterschiedlich entwickelt obwohl die alle
 49 vielleicht...es muss eigentlich...ok...Gräser-Pollen hat keine Stacheln, aber dann gibt's ja auch die
 50 Luftsäcke bei den Fichten und dann gibt's gar keine Luftsäcke bei Gräser-Pollen, warum hat sich da so
 51 eine Vielfalt entwickelt.

52 C: Also in unserer Einheit haben wir den evolutionären Aspekt fast gar nicht reingebracht, weil's eine
 53 Vierte Klasse war?

54 H: Genau, bei einem Wahlpflichtfach würd' ich den Aspekt unbedingt reinbringen.

55 C: Aber in Bezug auf die Pally, weil wir immer gesagt haben aus dem großen Spektrum was jetzt
 56 biologisch am Pollen auffällig ist oder beforscht ist, was man weiß wählt man immer nur einen
 57 kleinen Teil aus der dann für diese palynologische Anwendung von Relevanz ist und ist jetzt an dem
 58 evolutiven Aspekt irgendwas von Relevanz für etwa die Honigpalynologie? oder für die forensische?

59 H: Naja schon, weil ja viele Blütenpflanzen die nicht von Insekten bestäubt werden spezielle
 60 Haftungsorgane haben...Kleber, zusätzlich Stacheln, da klebt er natürlich besser auf den Tieren oben.
 61 Dadurch ist er eben im Honig drin, weil er mit reinrutscht. Die saugen den Nektar aus, und der ist nur
 62 im Honigmagen...wieso kommt dann so viel Pollen hinein? Die spuckend das aus und die anderen
 63 _übernehmen das, der P kommt eigentlich als Dreck hinein. Das andere was sie an Pollen eintragen

64 kommt in separate Waben. Das ist eigentlich eine Verunreinigung.

65 I: Kann ja auch bei der Honiggewinnung hineinkommen, wenn die Waben aufgemacht werden...?

66 H: ist es nicht so, dass die Honigwaben getrennt sind...in einem eigenen Stock?

67 I: Gibt's da nicht in jeder Reihe einen Bereich Honigwaben und dann Pollen...?

68 H: Ich könnte es gar nicht sagen...ist eh wurscht.

69 I: Aber als Idee, es ist auf jeden Fall Verunreinigung, dass es drin ist im Honig.

70 H: Es kann ja auch einfach reinbröseln. Und Pollen ist ja überall wie die Pally sagt.

71 Hat schon mit dem Honig zu tun weil viel Pollen drin ist. Könnte man noch klären...beim Schleudern,
72 oder rieselts rein, oder die Biene unsauber arbeitet.

73 C: oder weil in der Pflanze schon Pollen im Nektar drin ist...

74 H: Trotzdem ist die Frage warum haben sich wirklich so verschiedenen Oberflächen herausgebildet
75 allein bei den Insektenbest. oder allein bei den Windbestäubten - könnten wir die Martina mal
76 fragen.

77 C: Hängt das nicht damit zusammen, dass sie artspezifisch nur befruchten können?

78 I: ist das dann nicht eher auf molekularer Ebene interessant?

79 H: Ja, Pollenschlauch...

80 C: Keimt der nicht immer aus? Also das Aussehen hängt ab von der Bestäubungsart und
81 Übertragungsart.

82 H: Manche haben schon so löchrige Öffnungen, manche Spalten, er muss auf jeden Fall auskeimen
83 und es gibt keine Schlüssel-Schloss-Passform.

84 C: Für uns ist jetzt zentral gewesen dass wir Pollen, dass Pollen je nach Art anders aussieht und auf
85 Gattungsniveau bestimmbar ist. Er ist also Zeuge von welcher Pflanze er abstammt. Sonst könnte die
86 Pally nicht so arbeiten.

87 H: Martina hat sogar gesagt sie kann auf Artniveau, aber der Palynologie genügt es auf
88 Gattungsniveau. Und dass er in seiner Kleinheit überall ist, auch wenn er von Insekten _übertragen
89 wird. Dadurch ist er im Zusammenhang mit dem Bestimmungsniveau aussagekräftig.

90 C: ER ist winzig klein, der Täter hat keine Ahnung und er ist kaum zerstörbar, nicht einmal
91 verbrennbar. Das ist für die forensische Pally entscheidend.

92 H: du kannst ihn nicht einmal verbrennen. Ganz wichtig für Forensik.

93 C: das ist evolutionär wichtig, weil natürlich das Erbgut geschützt werden muss andererseits eben für
94 die Forensik. Der Nachweis ist immer möglich.

95 H: Pollen und seine Beziehung zu den ? Wenn man die Bestäubungsbiologie mit rein nimmt... Aber
96 das was wir noch haben ist Honigentstehung, Sortenreinheit.

97 H: Bienen sind blütenstet und bevorzugen eine Art von Pflanze. Warum hat sich das entwickelt?

98 I: Wenn's andererseits nicht zu den gleichen fliegen bringen sie den falschen Pollen und es entwickelt
99 sich nichts.

100 H: Aber welchen Vorteil haben die Bienen davon? Manchmal ist das Sonnenblumenfeld dahinter und
101 die haben sich ganz was anderes gesucht.

102 C: Bei der Honigerzeugung fallen noch die Imkervereinigungsstandards rein, die man der
 103 Imkerverordnung entnehmen kann und was man als lupenrein bezeichnen kann, da gibt's
 104 physikalische und chemische Kriterien, eines davon ist der Prozentsatz der Pollen von verschiedenen
 105 Sorten, wenn es dann um Bezeichnung geht.

106 H: Speziell bei sehr teuren Sorten ist das wichtig, der Neuseeländische Manuka Honig z.B., wo es
 107 auch um medizinische Aspekte geht und ums Geldverdienen. Da ist die Bestimmung auf Artniveau
 108 wichtig, weil's da viel Betrugspotential gibt.

109 C: das geht in Richtung welche Arten der Verfälschungen kennt man denn bei Honig und da sind die 2
 110 großen Arten eben die Sorte zu fälschen, das macht in manchen Fällen besonders viel Profit, wie bei
 111 dem Manuka Honig der extrem teuer verkauft werden kann aber extrem leicht gefaked durch eine
 112 andere Pflanze gefaked werden kann. Dann gibts noch die Herkunftsbestimmungen, z.b. der große
 113 Skandal dass Honig von der EU nicht mehr importiert worden ist weil China die Bienen mit
 114 Antibiotika behandelt haben, dann hat eben China ihre Honige über Indien verkauft und in der EU ist
 115 es als indischer Honig angekommen, da hat man mit den Pollen zeigen können dass es nicht aus
 116 Indien kommt.

117 H: wie erfinderisch die Menschen sind...

118 C: Die Antibiotika Behandlung war natürlich wegen dem Bienensterben. bezüglich der Palynologie
 119 muss man natürlich auch einige Ideen festhalten, das eine ist dass das zentrale Instrument mit dem
 120 sie arbeiten das Pollen Profil ist, wo man einer Probe, ob jetzt im forensischen oder Honig Bereich ist
 121 man einmal auszählt welche und wie viele Pollen da drinnen sind, damit man zuverlässige Aussagen
 122 über das sample treffen zu können. um das jetzt interpretieren zu können muss ich die ganze, also
 123 relativ viel von der Pflanzen Ökologie wissen, also z.b. welche Pollen kommen denn überhaupt in
 124 diese Proben und das ist unterschiedlich, je nachdem welche Proben. Im Honig findet man natürlich
 125 in erster Linie tierbestäubte arten und weniger von windbestäubten. in forensischen proben ist es
 126 unterschiedlich, da findet man große Anteile von windbestäubten und weniger von tierbestäubten,
 127 eher nur von denen in der Umgebung, die zufällig reinfallen. Ich muss da ein großes Wissen darüber
 128 haben wie sich diese Probe zusammensetzt und sie dann auf Basis dessen auch Schlüsse ziehen
 129 können. was heißt das jetzt wenn da etwas Unwahrscheinliches in der Probe ist. das ist großer Dreh-
 130 und Angelpunkt der Palynologie, das Pollen Profil. wie wird es technisch erstellt zum einen, da haben
 131 wir auch unsere big ideas, das andere ist welche Schlüsse kann ich ziehen?

132 I: Kann man in dem Zusammenhang nicht noch vorher die Idee aufschreiben, dass für Standorte
 133 bestimmte Profile charakteristisch sind?

134 C: ja, das sind diese bestimmten Pollen Profile, die für Standorte charakteristisch sind, aber auch
 135 jahreszeitenabhängig, das macht sich die Forensik zu Nutze, um zu prüfen ob ein Täter am Ort war.

136 H: bei heuproben können sie ziemlich genau feststellen aus welchem Ort im Waldviertel das Heu
 137 stammt, obwohl dort viel heu angebaut wird.

138 C: da fällt dann wieder das Wissen der Ökologen rein, die wissen welche Pflanzen zusammen
 139 vorkommen, das braucht man für die Herkunftsbestimmung des Honigs, ist es wahrscheinlich dass
 140 diese Mischung von pflanzen an einem Standort vorkommen.

141 H: trotzdem gibt's dann oft Ausreißer, wo die Zusammensetzung untypisch ist und das sind dann
 142 ganz wichtige Geschichten.

143 C: also mit dem besonderen arbeitet auch die Forensik. das ist ja auch so etwas zentrales an der Pally
 144 ist, dass was ich denn alles für botanisches, ökologisches wissen brauche um dieses Diagramm
 145 interpretieren zu können, was man bei der Martina Weber sieht, was die alles raussuchen kann, im
 146 Vergleich zu einem Laien kann, der vielleicht die bestimmbar Pollen raussuchen kann. also in
 147 dieser Interpretationsarbeit steckt das gesamte Expertenwissen eines Biologen drinnen, der da mit

148 einer gewissen - Unsicherheit behaftet ist es natürlich immer, weil die Übertragungsmechanismen
 149 nicht eindeutig vorhersehbar sind, aber sie kann dann gewissen Thesen aufstellen.

150 H: was ich noch spannend finde ist eigentlich wenn man sich damit befasst gibt die Palynologie
 151 extrem viel her, trotzdem ist es eigentlich so, dass es in der schule einfach nicht vorkommt, das
 152 erkennt man wenn man vergleicht, wie viele Lehrer sich anmelden für Vorträge darüber, weil sie sich
 153 denken das brauchen wir nicht, das kommt eh nicht vor, im Grunde kann man aber viel aufhängen
 154 kann.

155

156 C: Vordergründig wird es als langweilig gesehen, erst wenn man sich beschäftigt, ist es nicht mehr
 157 langweilig. Zu den Skills, wie man Pollen Profile erstellt, was fällt uns da noch ein? da hatten wir noch
 158 auf den Honig zugeschnitten: Die großen Schritte die sie checken müssen: Wie isoliere ich Honig, wie
 159 mache ich den sichtbar?

160 H: ja, da merkt man z.B. wegen den Zuckerstrukturen sieht man nichts, aber sie kommen eigentlich
 161 immer drauf das im Wasser zu lösen.

162 C: Ja, das haben wir sie immer selbstständig machen lassen, da sind sie selbst draufgekommen immer
 163 und das Zweite ist dann eine zuverlässige Methode der Pollenbestimmung zu entwickeln. das ist der
 164 harte teil - also diese Entwicklung dorthin sich einzuschauen, dass ich das zuverlässig bestimmen
 165 kann.

166 H: Das wie man das macht, wie Wissenschaftler das machen, das muss man ihnen sagen, da
 167 kommen sie nicht selber drauf. gleichzeitig ist es so dass sie sich nicht vorstellen können, dass es da
 168 nichts Automatisches gibt, was selbstständig durchläuft. das kann ja nicht sein, dass man da so
 169 vorgeht. aber im Grunde muss man Zeile für Zeile abtasten. das kommt ihnen eigentlich
 170 unwissenschaftlich vor den Schülerinnen

171 C: Mühsam eigentlich.

172 H: Den Studenten auch aber! Es ist aber so, du suchst Zeile für Zeile und das mit so einem
 173 Millimeterpapier. laut Martina gibt's da aber nichts Besseres. Das ist natürlich der sich ziehende Teil.
 174 du musst dich einschauen und dass es halbwegs klar ist, dass das Pollenkorn auch richtig identifiziert
 175 wird. das ist aber auch die Lernchance, wo ist die Grenze der objektiven Wahrheit.

176 C: Genau also das ist eine starke Limitation der Aussagekraft, die Zuverlässigkeit beim Bestimmen,
 177 das zweite ist was kann ich den auf Basis des Profils SICHER aussagen? Da gibt's auch Limitationen
 178 auf Basis anderer Unsicherheitsfaktoren. Dass ich oft nicht genau weiß wie der Pollen reinkommt
 179 oder nicht, welchen abstand zur probe - und da gibt's halt dann das botanische und ökologische
 180 wissen miteinzubeziehen. Das ist auch eine big idea, die Zuverlässigkeit der Aussage begründen zu
 181 können, die man jetzt zieht aus diesem Profil.

182 H: In die Diskussion zu gehen und in die Begründung. Das auch innerhalb der Klasse zu diskutieren,
 183 das ist schon super. auch diese Sachen zu diskutieren, wo wird es denn "haarig" und warum?
 184 gleichzeitig ist es aber auch, dass nicht einer bestimmt, sondern die ganze Klasse. der Vorteil darin,
 185 im Betrachten und in dem sie miteinander abgleichen relativiert sich vieles. Natürlich werden sich
 186 auch die Fehler summieren, aber gleichzeitig und da sind wir beim forschenden Lernen verschränkt
 187 mit dem Inhalt, aber da werden dann Themen thematisiert, die sonst nicht auftauchen. nicht so zack
 188 zack, das sind die fakten, lernt's das und das wird dann nicht einmal hinterfragt. Also da kommen die
 189 Schülerinnen dann selber drauf „aber vielleicht ist es gar nicht so“ - wenn du das dann zulässt hast du
 190 gleichzeitig eine große Chance.

191 C: Forensik heißt ja immer, die Schuhe sind ja die ideale Vergleichsprobe, weil sich das am Tatort
 192 ansammelt. schuhe werden oft verglichen mit der tatortprobe, da sagen sie dann oft: ja, der war ja
 193 zwischendurch was weiß ich wo überall noch, kann ich das dann überhaupt vergleichen? Da kommen

194 dann so automatische Reaktionen, Diskussionen wie zuverlässig solche Ergebnisse überhaupt sein,
 195 wie sicher kann so ein Vergleich überhaupt sein. Das ist ja auch ein wichtiges Nature of Science
 196 Konzept. dass ich zuverlässig und vernünftig auch diskutieren kann. Das haben die SS immer gefragt!

197 H: Das ist aber auch mit der Grund, warum sie dieses Forschungsprojekt eingereicht hat wo sie
 198 wirklich über längere Zeit, der hat sich über 150 Schuhe gekauft. Die Wohnung eines Studenten hat
 199 er jeden Tag mit unterschiedlichen Schuhen betreten, zu unterschiedlichen Tag- und Jahreszeiten und
 200 dann ist er einmal zusätzlich woanders hingegangen und dann hat man geschaut wie zuverlässig kann
 201 man das aussagen dass er tatsächlich in der Wohnung war. Da sind sie noch dabei. Sie müssen die
 202 Proben erst auswerten. Genau der selbe Grund warum die Schüler da auch Einwände haben, mein
 203 Gott da war er dann im botanischen Garten, kann man dann trotzdem noch sagen ob der im Raum
 204 war? Mit Hilfe des Profils kann man das aber. da sind zwar die anderen Pollen auch drauf, aber du
 205 hast auch die charakteristischen Pollen in einem bestimmten Verhältnis. Wenn er die Schuhe länger
 206 anhatte sind die Balken halt verhältnismäßig kleiner, aber sie sind trotzdem da. Ist natürlich toll zu
 207 erklären, genauso wie ihr unsicher wart, war das die Wissenschaft, deshalb gab's dieses
 208 Forschungsprojekt. Das taugt ihnen, weil sie ihre eigene Cleverness bestätigt bekommen. Also das
 209 forschende lernen als Methode hat also viele Möglichkeiten positive Motivation bei SchülerInnen
 210 auszulösen. wenn man sich damit beschäftigt, es ist aber natürlich eine Hürde auch für LL diese
 211 Methode zu machen, weil erstens: du musst halt selber das einmal kennenlernen, dann hast aber
 212 immer das Problem: es braucht so viel Zeit. Die Diskussionen mit den Schülerinnen bringen aber
 213 mehr und sparen dadurch aber wieder Zeit, Weils tieferes Verständnis bringt und eine ganz andere
 214 Motivation für den Gegenstand bringt. sie fühlen sich auch wertgeschätzt, wenn du da
 215 argumentierst. gleichzeitig ist das eine Herausforderung für den LL, da bin ich oft auf der Seite
 216 gestanden, wenn du da nicht im Hintergrund gewesen wärest und gesagt hättest du kannst noch
 217 dieses oder jenes machen, ich weiß nicht wie viele Schritte ich dann selber gemacht hätte. Aber
 218 wenn man das Glück hat und hinten sitzt und hospitiert und Tipps gibt dann bleibst du am Ball. aber
 219 als Lehrer in manchen Fällen haut man vielleicht den Hut drauf, weil man verunsichert ist. Auch du
 220 lernst immer mehr, am Anfang hast du fast zu wenig Ahnung.

221 C: ja, das ist eine große Herausforderung. Sind wir mit den big ideas fertig?

222 I: Naja, vielleicht sollten wir noch reinnehmen was die Palynologie als Wissenschaft über
 223 Wissenschaft allgemein aussagen und beibringen kann?

224 C: Da hab ich für mich jetzt schon mal: Die Arbeit mit so einem Diagramm, das fällt für mich in Nature
 225 of Science, auch dieses: Diagramme sind immer Abbildungen von einem bestimmten
 226 Realitätsausschnitt. dahingehend muss ich ziemlich genau wissen welchen Realitätsausschnitt bildet
 227 es denn ab um Schlüsse gelten zu lassen? Und das zweite ist der Umgang mit Fehlern, also das
 228 pollenbestimmen, da haben wir das thematisiert. sie würden diesem Ergebnis jetzt niemals
 229 vertrauen, die Aufgabe der Palynologie ist aber, eine zuverlässige Aussage zu treffen! Welche Schritte
 230 muss man denn machen damit ihr euer Urteil vertraut? Das ist so der positive Umgang mit Fehlern
 231 in der Wissenschaft um da immer zu sichereren Aussagen zu kommen, das ist ein wichtiger NOS
 232 Aspekt. Dann gibt's sicherlich diese typischen Arbeitsweisen der Biologie mit vergleichen,
 233 bestimmen.

234 H: Aber ist nicht auch das ein NOS Aspekt, dass sie eine Mindestzahl von Pollenkörnern auszählen
 235 damit das auch aussagekräftige Relevanz hat. oder zumindest nicht mehr schwimmt. eine gewisse
 236 Menge an Daten haben muss

237 C: Naja...ja, aber... wie benennt man das? das ist fast schon...die quantitative Empirie, wieviel
 238 minimal muss ich auszählen damit ich Aussagen übers gesamte Sample treffen kann

239 H: Bei Palynologie ist das halt wahrscheinlich anders als beim Spinnen Kip!

240 C: stimmt, das hängt aber davon ab, welche Aussagen will ich auf Basis dieser Zahl, dieser

241 quantitativen Ergebnisse treffen.

242 H: man muss aber auch argumentieren warum das in der Palynologie so viele sind und anderswo so
243 viele.

244 C: auf Basis von statistischen Berechnungen, bzw. Tests. Also sie arbeitet schon mit Beobachtung, mit
245 den Grund Methoden beobachten und vergleich natürlich, das ist so die zentrale Tätigkeit der Pally
246 ist das Pollen bestimmen und...

247 H: Und ohne Beobachtung kannst du gar nichts machen.

248 C: beobachten ist halt keine experimentelle vorgansweise, also ich klassifiziere nur - naja, wobei auch
249 in einem Experiment beobachte ich aber ich interveniere nicht, da ändere ich ja etwas in irgendeiner
250 Weise.

251 I: alles was auf Morphologie schaut, hat halt als Hauptmethode die Betrachtung und Beschreibung.

252 C: aber die Morphologen experimentieren auch manchmal, indem sie intervenieren...? Aber in dem
253 Fall ist es klar beobachten, ich interveniere nicht, dass sich das sample so oder so verändert, natürlich
254 ist das was der Dissertant macht, was wir vorher beschrieben haben ein Experiment.

255 Was wir auch machen, wenn's einmal das gecheckt haben, also den Wert dieses Pollenprofils, also
256 was jetzt auf Basis von Pollen ausgesagt werden kann, dann ist es leicht für die Studierenden
257 gewesen das auf unterschiedliche Felder der Palynologie umzulegen. Da sieht man dann auch wie
258 sehr es sich um einen zentralen fachlichen Inhalt handelt. Wenn der verstanden wurde ist es ganz
259 leicht gewesen das auf die Paläobotanik, oder Lebensmittelkontrolle, Waldentwicklung,
260 Vegetationsentwicklung, Klimaveränderung - also die verschiedensten Anwendungsfelder die es gibt.
261 Es war ganz leicht die Logik dieser Forschungsdisziplinen zu verstehen. Das ist eben das zentralste, zu
262 verstehen, dass der Polle immer ein Zeuge ist, für Pflanzen, die dort gestanden sind.

263 H: Nämlich auch über Jahrhunderte, weil er auch über lange Zeit überleben kann. Sogar in den
264 Pyramiden

265 C: Oder den Mooren, überall wo keine Bakterien vorkommen überlebt er ewig.

266 H: oder in Pompeji, in Schutt, Asche und bei diesen Leichen hat man auch Pollen gefunden.

267 I: Wollen wir vielleicht noch kurz auf die Lehrziele der LV zu sprechen kommen.

268 H: Nature of Palynologie quasi

269 C: Es ist so ein Einsteigen in eine Disziplin der Biologie, also Palynologie und die Logik dieser Disziplin
270 verstehen. Wie kommt die Pally zu ihren Erkenntnissen, wie sichert sich dieses Wissen ab, aber auch
271 wodurch ist dieses Wissen unsicher. Dann alles das was die Schüler auch verstehen sollen, im Bezug
272 auf die Palynologie und auf NOS der Palynologie sollen sie auch verstehen, da bringen sie in der
273 Botanik oder Blütenökologie das wissen mit. Das Wissen der Anwendung der Palynologie bringen sie
274 nicht mit und das haben wir vermittelt, damit sie selber die SS dann einführen können war es uns
275 halt wichtig die big ideas die wir da jetzt gebracht haben schon auch über das forschende lernen das
276 wir mit ihnen gemacht haben rüberbringen. und im Bezug auf sonstige Lernziele ist überhaupt einmal
277 das forschende Lernen als Lehr-/Lernmethode einzuführen.

278 H: Mikroskopieren haben wir auch geschaut, dass sie sicher sind, also die Methode des Pollenproben
279 analysieren beherrschen

280 C: genau, beim FL waren die Schwerpunkte auf dem Thema was es heißt wenn SS selbstbestimmt
281 oder selbsttätig forschen. Da ist die Kernidee mal diese Aufgabenstellung an Schüler mal
282 aufzumachen, aber nicht...also einfach bewusst einen bewussten grad aufzumachen und diesen grad
283 dann aber auch anpassen an das Kompetenz Niveau der SS oder ihr eigenes Kompetenzniveau fürs

284 begleiten der Aufgabe. Also ein großer Punkt der von ihnen auch kommt, was auch ein Prozess war in
285 der LV in welche Richtung entwickeln sich da die Diskurse, da sind wir mehr reingegangen. Der
286 andere Schwerpunkt war das authentische Forschende Lernen, dass man sie in einer bestehenden
287 Praxis der biologischen Forschung orientiert. Dass man da auch nicht schludrig ist in der Anwendung
288 von Forschungsmethoden, was wir vermeiden wollten ist dieser „anything goes“ Ansatz des
289 forschenden Lernens. dass man irgendwie a Methode sich erfindet und dann zu Erkenntnis kommt,
290 sondern schon auch immer das, dass es gewissenhaft sein muss und kohärent mit dem biologischen
291 Wissen was ich habe. das ist der Vorteil am forschenden lernen dass ich nicht in so eine Situation
292 komme wo ich mich von der Biologie oder dem Gegenstand der Biologie entferne, das war uns auch
293 schon wichtig dass wir da nahe dran bleiben. Dennoch erkennt wo man den SchülerInnen Freiheiten
294 geben kann wo sie selbst etwas erfinden, ihre Ideen selbst reinbringen und Arbeitsweisen finden,
295 aber gleichzeitig das was die Palynologie tut gedanklich durchdringen. also das sie es auch verstehen,
296 nicht nur um ein nachmachen geht.

297 I: Wie würdest du sowas evaluieren, ob das hin gehaut hat?

298 C: in der letzten Einheit haben wir diesen Transfer gemacht, war zwar ein bisschen lustig angehaucht,
299 aber als LV Leiterin hab ich mir das angeschaut - ist jetzt keine wissenschaftliche Evaluation, aber -
300 welche Aspekte nehmen sie her und transferieren sie? da hat man schon gesehen bei einem Aspekt,
301 mit den Vögeln fällt der authentische Denk und Arbeitsweise einer wissenschaftlichen Disziplin
302 komplett raus, wobei bei der Verhaltensbeobachtung mit den Meerschweinchen hats die Bezüge
303 wieder gegeben zu den verschiedenen Methoden der Biologie. da hat man dann schon ein wenig
304 gesehen inwiefern wird überhaupt das Prinzip des authentischen forschenden lernen übertragen?
305 also transferaufgaben zeigen das schon. Die eine Einheit wo sie das authentische forschende lernen
306 der Palynologie selbst durchgemacht haben, haben wir beendet mit so einer Transfer Aufgabe wo
307 danach gesehen haben wie leicht es ihnen fällt diese zentrale Idee dieser Disziplin auf andere zu
308 übertragen und das war schon unglaublich. Da haben sie in kurzer Zeit einfach sehr schnell andere
309 palynologische Wissenschaftsdisziplinen einsteigen können. Und das andere mit dem FL da waren
310 wir eigentlich schon zufrieden, wo wir am Schluss noch einmal diese recht komplexe aber plakativ
311 einfache Definition des AFL hingelegt und haben sie gefragt und was ist jetzt euer Zugang dazu, wozu
312 würdet ihr aufgrund eurer Erfahrung Stellung beziehen? Und dann ist ganz klar von ihnen
313 gekommen sie hängen sich negativ an dem Begriff der Selbsttätigkeit auf und da gibt's viel Diskurs
314 dazu. Da gab es auch viel Wissen dazu von ihnen, die bei dir in der Schule waren die haben gleich
315 einmal gesagt okay, da müssen wir die Selbstbestimmtheit, die Selbstständigkeit zurück fahren, das
316 ist nicht der SS Gruppe angepasst und eher weniger diesen letzten Aspekt der Definition wo es um
317 die authentischen Denk und Arbeitsweisen geht, das hab ich dann in der Diskussion wieder
318 reingebracht und dass es da so ein Dilemma gibt, also man hat dann schon gesehen das selbstständig
319 -tätig forschen und Schüler da hineinzubringen das hat bei ihnen viel Niederschlag gebracht im Zuge
320 der LV, das andere, dass das authentische Denk und Arbeitsweisen der Bio sind das ist noch nicht so
321 in ihr Denken reingewandert. Das war für mich so eine Art Standortbestimmung, wo sie sind.

322 I: Ich glaube dass ich das mit meinen Interviews auch eher rauskriege tendenziell.

323 C: Das ist aber für mich einfach so, dass ich sag: gut, die sind zum ersten mal mit FL konfrontiert und
324 es ist auch interessant zu sehen, was beschäftigt sie am meisten. Das heißt für mich aber auch in
325 dem Thema haben wir ihnen relativ viel Input geben können, relativ viel Unterstützung und Ideen
326 angeboten, wie man darüber denken kann, wie kann man über Selbsttätigkeit der SS denken. Da
327 haben sie dann sicherlich am meisten mitgenommen und andere Diskurse kommen bei ihnen nicht
328 so auf.

329 H: Gleichzeitig haben sie natürlich auch war es etwas was sie selbst verunsichert hat. sie fangen jetzt
330 an LL zu sein und sollen SS möglichst frei und selbsttätig arbeiten lassen, wo dann im Hintergrund
331 auch noch, was ja ein Schutz ist, eine LL ist, die das vielleicht auch nicht gemacht hab, d.h. sie sind
332 doppelt verunsichert. Ich hab's noch nie gemacht und wurde auch noch nie so unterrichtet. deshalb

333 ist das schon etwas was sich ziemlich Start eingebrannt hat. so beim Mikroskopieren, das kennen sie
334 aus der Schule, ist bekannt.

335 I: was für sie auch noch ganz präsent ist, ist dass Inhalte vernachlässigt werden.

336 H: scheinbar

337 I: Ja, Lehrplangeschichten, da komme ich mit dem Stoff nicht weiter.

338 H: Aber das übernehmen sie direkt von ihren Lehrern.

339 C: Das haben sie auch in der LV überhaupt nicht thematisiert, ahaaaaa.

340 H: das habe sie sicher oft von ihren Lehrerinnen gehört, wobei im Wahlpflichtfach z.B. an sich gibt's
341 ja keinen Stoff. da entscheidest du ja selber, wenn du es aber in der 4. machst passt es aber auch
342 wunderbar rein.

343 C: Und grad bei diesem Modul, wo ich ja beim authentischen Forschenden Lernen eh so nah an der
344 Biologie dran bin, grad im Bezug so lass ich das nicht gerne stehen - da würde ich gerne
345 gegenargumentieren, weil wenn ich das so durchmache - was die SS für funktionales wissen über
346 Pollen und Verbreitungsmöglichkeiten und Bestäubung kennenlernen, das ist glaub ich nicht zu
347 unterschätzen und bleibt sicher auch gut hängen.

348 H: Ich glaube auch, das könnte man aber ändern. ein interessanter Aspekt wäre, wir haben das mit
349 einer anderen Klasse in einem anderen Kontext gemacht, wenn es um inhaltliche Geschichten geht
350 könnte man einen Test machen, ohne das Test zu nennen, wieviel bei denen hängengeblieben ist.
351 Das einzige was wirklich interessant ist, dass kein einziger von denen, die viel mit FL gemacht haben
352 eine VWA in Biologie geschrieben haben. Die meinten Mikroskopieren ist genug, die hatten das
353 Gefühl Mikroskopieren können wir jetzt.

354 I: Ich hätte das gerne dokumentiert im Nachhinein, also was hängengeblieben ist, was bei ihnen sich
355 entwickelt hat, bei mir läuft's eher über die PCK schiene, was ich so im Überblick habe deckt sich mit
356 den meisten und dass ist ja dann quasi auch eine Evaluierung der LV, ob die Ziele erfüllt sind und ich
357 mach eine Kombination aus Dokumentation und Evaluation.

358 C: was mich interessiert, du sagst: sie bringen diese ganzen core ideas zu Palynologie wie wir, wo ich
359 nämlich glaube wo ihre fehlende Expertise oder ihr Novizen sein wirklich durchkommt, aufzeigbar ist,
360 ist bei der Umsetzung im Unterricht. Ich würde mir hernehmen so eine Gruppe die viele dieser big
361 ideas hat und dann anschauen wie bringen sie es in den Unterricht, wie sind die Aufgabenstellungen.
362 da haben wir arg dran gekieft, wie kann man denen in 3 Doppelstunden diese core ideas vermitteln
363 und zusätzlich noch selbsttätig arbeiten zu lassen.

364 I: Darum hab ich mir den Zusatzschritt überlegt, mit den 6 Schritten um zu evaluieren ob sie die
365 durchgeführt haben und inwiefern sie angeleitet waren und die Gruppe zum Beispiel hat ganz viel
366 angeleitet, die hat sich nicht so getraut sich noch mehr zurückzunehmen.

367 C: Ah okay...mein Problem mit diesem Forschungszyklus ist, dass wir nie so gedacht haben in der
368 Vorbereitung. wir haben gedacht: welche Fach Inhalte muss ich wissen, damit ich überhaupt checken
369 kann warum Pollen im Honig ist, welche Fach Inhalte muss ich wissen damit ich ein Pollen Profil
370 interpretieren kann. Von dem sind wir ausgegangen. Weil Wissenschaft immer auf Basis von
371 theoretischen wissen im Blick auf die Empirie, was kann ich da für aussagen treffen. Wir haben
372 gewusst, okay, die SS haben Zugang zum Pollen, zur Empirie, dann müssen wir nur dafür sorgen, dass
373 sie zuverlässig auszählen. Aber diese Theorie im Hintergrund, die ich wissen muss um da überhaupt
374 zu Aussagen oder zu einer Probe zu kommen die ich untersuchen kann, wie bringen wir ihnen das
375 bei, der Hintergrund das ist der Hauptfokus.

376 I: ich glaub nicht dass es an dem scheitert, ich glaub dass sie ganz viel hintergrundwissen haben das

377 sie vermitteln können und wollen, sich aber nicht trauen den Schritt zurück zu machen.

378 C: wir haben uns ja relativ viel dazu überlegt, dass man nicht nur mit einem totalen Fachvortrag zu
 379 den Basics einsteigen, dann haben wir ja diese Profiles Aufgabe entwickelt. das ist so unsere Weisheit
 380 letzter Schluss. wir sind schon wieder einen Schritt weiter, aber doch, aber da sieht man immer wo
 381 wir überhaupt die Selbstständigkeit der SS fördern. Und mit welchen Methoden wir das lösen. Da
 382 hätte mich interessiert wie sie das in der Schule gemacht haben. Dass sie das eher angeleitet machen
 383 hätt ich mir auch gedacht. wo sie sich aber dann doch getraut haben offene Aufgaben zu stellen.
 384 hinsichtlich ob das authentische forschende lernen überhaupt sinnvolle lehr-lernmethode ist um in
 385 der Lehrerfortbildung Novizen zu unterrichten. Oder ob das vielleicht schon zu fordernd ist, ob es
 386 vielleicht doch Sinn macht einfacheres forschendes lernen zu machen

387 H: Warum nicht eher das anspruchsvollere, weil zu dem einfachen fallen sie eh eher automatisch
 388 zurück. Warum nicht das AFL, wenn sie nicht ganz drüber trauen fallen sie ins einfachere zurück

389 C: der Punkt ist der, warum ich das denke wenn du mit dem Schwierigen anfängst und sie trauen sich
 390 nicht aufmachen, dann weiß ich nicht, ob sie nicht beim einfachen für die Schüler aufmachen

391 I: was ich denke, dass man mit Novizen es schwieriger machen kann als mit erfahreneren LL die
 392 schon unterrichtet haben. Dass es jetzt weniger an den Aufgabenstellungen oder Inhalten scheitert,
 393 sondern eher das was sie sich zutrauen aufgrund ihrer Erfahrung, oder LehrerInnenbild.

394 H: Also ihr eigenes Bild als LehrerInnen.

395 I: Ja, aber auch von dem was sie von ihren Lehrerinnen und Lehrern kennen.

396 C: aber das, wenn du das über das zusatzding rauskriegst gut, ich denk auch dass man es über die
 397 konkreten Aufgabenstellungen im Unterricht rauskrieg, das würd mich sehr interessieren. die
 398 konkreten Unterrichtsentwürfe, Unterrichtsmaterial.

399 I: und das sagt aus ob sie ...

400 C: Wieviel Selbsttätigkeit sie den SS beim FL zutrauen, aber das sagt für mich auch aus, in wie fern sie
 401 die core ideas der Palynologie so weit gecheckt haben dass sie es den SS in der Aufgabenstellung
 402 richtig vermitteln. also aus einer Aufgabenstellung kann man das herauslesen, ob es verstanden
 403 wurde.

404 Oder ob die Aufgabenstellungen oder auch die Frontaleinheiten ob die auf die big ideas abzielen,
 405 oder ist das viel Drumherum, was vielleicht verwirrend ist.

406 H: Wieviele haben denn mit den SS Diagramme erstellt?

407 [...]

408 C: So wies Chinn und Minoltra es fordern, die Forderung ist dass die Aufgaben von der Wissenschaft
 409 abgeleitet sein, aber einfach genug sein, in den Wesenheiten müssen die Aufgaben übereinstimmen.
 410 auf welche Schwierigkeiten trifft man da?

411 I: Es zeigt ob sie die Fachinhalte durchdacht haben und wie sie die reinbringen, so kann man auch
 412 irgendwie schauen, wie sie sie reinbringen.

413 C: und die Frage ist dann ob sie es vermitteln können.

414 [...]

415 I: Ich bedanke mich, dass ihr euch die Zeit genommen habt!