

Inhalt:

1. Einleitung und Problemstellung	1
2. Zur Praxis des bilingualen Unterrichts	2
3. Zur Theorie des Bilingualen Sachfachunterrichts	3
3.1 Überlegungen zur Bedeutung des bilingualen Sachfachs Chemie	5
3.2 Überlegungen zur Bedeutung des BiliSFU Chemie aus Sicht der Chemie	7
4. Planung der Unterrichtseinheit	10
4.1 Bemerkungen zu den Voraussetzungen der Lerngruppe	10
4.2 Sachanalyse	12
4.3 Lehrplanbezüge	17
4.4 Didaktische Überlegungen.....	18
4.5 Methodische Überlegungen und Besonderheiten der Gestaltung von BiliSFU 21	
4.7 Lernintentionen.....	25
5. Durchführung und Auswertung der Unterrichtseinheit	25
5.1 Untersuchungsschwerpunkte	25
5.2 Verlauf der Unterrichtssequenz und erste Anmerkungen zur Auswertung	26
5.2.1. Die organisatorische Vorbereitung.....	27
5.2.2 Verlauf der Unterrichtseinheit.....	27
5.2.3 Darstellung der vierten Stunde	32
5.2.4 Beschreibung der Exkursion.....	36
6. Abschließende Reflexion des Pilotprojektes einer bilingualen Unterrichtseinheit zum Thema Elektrochemie in einem Grundkurs Chemie der Jahrgangsstufe 13	39
7. Anhang	44

1. Einleitung und Problemstellung

In der vorliegenden Arbeit geht es um eine bilinguale Unterrichtseinheit zum Thema Elektrochemie in einem Grundkurs Chemie des 13. Jahrgangs.

Ich hatte an meiner Schule die Möglichkeit Erfahrungen im bilingualen „World Studies“ Unterricht zu sammeln, und erlebte dieses als sehr bereichernd, nicht zuletzt da die Schüler und Schülerinnen (SuS) hoch motiviert und mit viel Arbeitseinsatz und Leistung am Unterricht teilnahmen. Nachdem ich Erkundigungen auch über mein zweites Unterrichtsfach „Chemie“ im Zusammenhang mit bilingualem Unterricht eingeholt hatte, stellte ich fest, dass es im Bereich des bilingualen Chemieunterrichts noch kaum Unterrichtserfahrungen gibt. Aufgrund meiner ersten positiven Erfahrungen im „World Studies“ Unterricht erschien es mir jedoch sinnvoll eine Unterrichtseinheit in Chemie durchzuführen um zu überprüfen, ob sich dort auch positive Effekte des bilingualen Unterrichts ergeben.

Um diese persönlichen Zielsetzungen in einen größeren Zusammenhang einzuordnen, wird sich diese Arbeit zunächst mit der heutigen Praxis des bilingualen Unterrichts auseinandersetzen. Hier wird deutlich werden, dass die Praxis aufgrund von Forderungen der Gesellschaft nach einer erhöhten Kulturkompetenz, Fähigkeiten für eine globalisierte Welt und damit zusammenhängend verbesserter Fremdsprachenkenntnissen einem großen Boom ausgesetzt ist. Die Theorie des bilingualen Sachfachunterrichtes, die sich aus der immer umfangreicher werdenden Praxis entwickelt, soll in ihren bisherigen Grundzügen der Didaktik und der Methodik dargestellt werden. Das Sachfach Chemie hat dabei in der bisherigen Unterrichtspraxis fast keine Rolle gespielt, erfährt aber in der letzten Zeit deutlich mehr Beachtung. Auf diesen theoretischen Überlegungen basiert die Planung der bilingualen Unterrichtseinheit über die Elektrochemie in einem Grundkurs Chemie des 13. Jahrgangs. Daneben ist die Planung auf die Voraussetzungen der speziellen Lerngruppe, des Lehrplans sowie der chemischen Sachanalyse abzustimmen und dieses in die didaktischen und methodischen Überlegungen aufzunehmen. Nach der Durchführung wird die so konzeptionierte Unterrichtseinheit hinsichtlich verschiedener Gesichtspunkte ausgewertet: Es soll überprüft werden, welche Auswirkungen der bilinguale Chemieunterricht auf die Lernmotivation der SuS hat, wie die Lernenden mit dem neuen Medium der Sprache umgehen und wie sich dieses auf die Erarbeitung von neuen Sachverhalten auswirkt. Verfolgt werden wird auch,

ob, wann und warum die SuS von der Möglichkeit des Einsatzes der deutschen Sprache Gebrauch machen.

Ein abschließendes Fazit wird erste Antworten darüber bringen, wie sich bilinguale Chemieunterricht auf das Chemielernen auswirkt und was er für das Erreichen der Intentionen des bilingualen Unterrichts leistet.

2. Zur Praxis des bilingualen Unterrichts

Die Idee des bilingualen Unterrichts ist nicht neu, auch wenn ihr derzeitiger konjunktureller Aufschwung dies suggeriert (Bach 2000: 11). Seit den 60er Jahren gibt es bilinguale Schulen in Deutschland, wobei die verwendeten Unterrichtssprachen zum überwiegenden Teil Französisch und Englisch sind¹. Ursprung der Initiative zur Einrichtung bilingualer Schulen ist laut Bach die sprachenpolitische Forderung nach Europakompetenz durch Mehrsprachigkeit (vgl. Bach 1998:196).²

Der Wunsch des Kultusministerium Nordrhein Westfalen, in Zukunft „Mehrsprachigkeit als Normalfall“ (Bildungskommission NRW 1995:1) anzusehen, stellt sicher ein Fernzieltar, verdeutlicht aber den Kern der Bestrebungen nach mehr bilinguaem Unterricht in Deutschland. Damit soll zwei Phänomenen Rechnung getragen werden: der zunehmenden Internationalisierung der wirtschaftlichen und industriellen Aktivitäten und der Entwicklung Deutschlands hin zu einer Einwanderungsgesellschaft. Diese Entwicklung wird in absehbarer Zukunft zu einer immer stärker werdenden Vermischung verschiedener Kulturen innerhalb der Gesellschaft führen und so die Schulen vor ein verändertes Anforderungsprofil stellen. Da von Schülern und Schülerinnen (SuS) Flexibilität und Mobilität im europäischen Umland, vielleicht sogar im globalen Rahmen, erwartet wird, sollten die Schulen die Möglichkeit zur Vorbereitung hierauf anbieten.

Die Mehrsprachigkeit erscheint hierfür besonders wichtig, da sie hilft eine Kulturkompetenz (ursprünglich Europakompetenz) zu erlangen, die es ermöglicht sich souverän in und zwischen den Kulturen zu bewegen.

Erreicht werden soll sie, indem „in den bilingualen Bildungsgängen eine sprachliche Kompetenz erworben [wird], die weit über die Ergebnisse eines normalen fremdsprachlichen Unterrichts hinausgeht. Die SuS sollen neben einer umgangssprachlichen Geläufigkeit auch kompliziertere naturwissenschaftliche, wirtschaftliche, kulturelle und politische Sachverhalte und Zusammenhänge fremdsprachlich zu bewältigen lernen“ (Deputation HB 1994:3).

In der Literatur findet folgende drei Intentionen für bilingualen Unterricht (vgl. Breidbach 2000: 177):

- 1- die Förderung von interkulturellem Lernen (Kulturkompetenz),
- 2- die Erweiterung der Wettbewerbschancen auf globalisierten Arbeitsmärkten und
- 3- die Unterstützung des regulären Fremdsprachenunterrichts.

Eingefordert wird diese Art von Profil nicht nur von der Politik und der Schuladministration, sondern auch die Eltern wünschen vor allem im Zuge des sich immer verstärkenden Konkurrenzdrucks auf dem Arbeitsmarkt eine Vorbereitung ihrer Kinder auf die Herausforderungen der Globalisierung. Die Schulen sehen hierin auch eine Gelegenheit dem zunehmenden Konkurrenzkampf zwischen den Schulen zu begegnen und die eigene Attraktivität durch ein bilinguales Profil zu steigern³.

Zur Zeit sind viele unterschiedliche Organisationsformen von bilinguaem Unterricht in der Bundesrepublik sichtbar. Sie reichen von einzelnen flexiblen Modulangeboten⁴, über Schulen mit bilingualen Zweigen, bis hin zu vollständig bilingualen Schulen (Bludau 1996:210). Bei der überwiegenden Anzahl der Schulen mit bilingualen Angeboten findet man jedoch einen bilingualen Zweig, der parallel zum herkömmlichen Lehrangebot existiert. In einem solchen bilingualen Profil, hier am Beispiel Deutsch /Englisch, haben die SuS neben Englischunterricht⁵ *bilingualen Sachfachunterricht* (BiliSFU) (im schulischen Kontext auch häufig nur *bilingualer Unterricht*⁶ (BU) genannt) in Fächern wie Geschichte, Politik und Biologie (vgl. Schmid-Schönbein 1998:201).

3. Zur Theorie des Bilingualen Sachfachunterrichts

Obwohl es bilingualen Unterricht schon seit 30 Jahren gibt, befindet sich seine Theorie des BiliSFU noch in den ersten Schritten der Entwicklung⁷. Der bisher durchgeführte BiliSFU ist fast ausschließlich in der Schulpraxis entwickelt worden, so dass es nicht viele theoretische Grundlagen gibt.

In einem der wenigen Versuche der fachdidaktischen Begründung⁸ (Wolff 1997) wird deutlich, dass der BiliSFU ein besonderes Potenzial für das Fremdsprachenlernen darstellt. Dies lasse sich vor allem dann ausschöpfen, wenn die Authentizität sowohl der Lerninhalte als auch der Authentizität der Interaktion aufeinander abgestimmt würden (1997:58ff).

Authentische Lerninhalte sind solche, die der realen Wirklichkeit entsprechen und nicht (wie das heute in vielen fremdsprachlichen Lehrwerken noch immer der Fall ist) künstlich erzeugt werden. Nur wenn dem/der Lernenden klar ist, dass er/sie sich

auf Realitäten⁹ einlässt, ist er/sie bereit sich zu involvieren und sich mit dem Lerninhalt zu identifizieren (vgl. 58f). Entsprechend können er/sie „pseudo-reale“ Lerninhalte nicht ernst nehmen und nur oberflächlich behandeln (59).

Die hier explizite Forderung nach einem höheren Grad von Realität im Unterricht sollte von den meisten Sachfächern eingelöst werden können. Besonders für das Fach Chemie fordern die Curricula den Umgang mit Fakten und Prozessen der realen Lebenswirklichkeit.

Nicht nur der Authentizität, sondern auch der Komplexität der Lerninhalte muss, so Wolff eine große Bedeutung beigemessen werden, denn nur dann habe der Lernende eine Chance sein subjektives Wissen einzubringen. Diese komplexe Struktur der Lerninhalte kann besonders gut von den Sachfächern realisiert werden, da ihre Inhalte allein durch ihre wissenschaftspropädeutischen Merkmale als inhaltsreich und komplex einzustufen sind. Hier wird deutlich, dass die Lerngegenstände in einen Kontext eingeordnet werden, der deutlich weiter reicht als das Klassenzimmer.

Authentische Interaktion ergibt sich aus dem gemeinsamen Arbeiten an den dem Unterrichtsfach immanenten Problemen. So findet Wortschatzarbeit nahezu automatisch statt, wenn ein entsprechendes Sachfachproblem zu lösen ist und nicht allein zum Selbstzweck. Der forschende Umgang mit realen Lerngegenständen (z.B. bei Versuchen im Chemieunterricht) erfordert eine sprachliche Auseinandersetzung, die nicht, wie häufig im traditionellen Fremdsprachenunterricht simuliert ist (Wolff 1997: 60).

Wolff bleibt aber bei einer Sichtweise, die stark von der Fremdsprachendidaktik geprägt ist. Die Bedeutung BiliSFU aus Sicht der Sachfachdidaktik und auch die möglichen Interferenzen bleiben im Hintergrund.

Breidbach (2000:174) arbeitet heraus, dass auch in gängigen modernen Englischdidaktiken bei der Betrachtung von BiliSFU davon ausgegangen wird, dass die Arbeit an den Lehr- und Lernzielen fremdsprachlicherseits und sachfachlicherseits parallel laufe, aber dennoch getrennt voneinander und weitgehend interferenzfrei. Dass dies nicht der Fall ist wird beispielsweise bei Bonnet (1999:4ff) deutlich. Er beschreibt den Fall einer Schülerin im Chemieunterricht, „deren Verstehensproblem zunächst als eine „bloße“ Vokabellücke erscheint, sich aber bei genauerer Reflexion als ein Vexierspiel von sprachlichem und sachfachlichem Lernen erweist: Die sprachliche Realisierung der Interpretation einer experimentellen Beobachtung bleibt für die Schülerin in dem Maße unleistbar, wie ihr die

sachfachliche Konzeptualisierung des geforderten Begriffs („Reagenz“-„reagent“) unklar bleibt“ (Breidbach 2000:183).

Um eine Didaktik zu erstellen, die dem hier formulierten Anspruch erfüllt bedarf es weiterer Untersuchungen in den einzelnen Sachfächern, die sich mit den möglichen Interferenzen der zeitgleichen fremdsprachlichen und sachfachlichen Lernprozesse auseinandersetzen (182).

Im Bereich der Methodik des BiliSFU dominieren weitgehend die verschiedenen Fachmethodiken der jeweiligen Sachfächer, die nur angereichert werden mit einer „bewußten Reflexion des Zusammenhangs von Sprache und Wissen, von Sprache und Kognition“(Vollmer 1998:291).

Thürmann wagt eine vorläufige Zusammenfassung (2000:80f). Dabei macht er u.a. folgende Prämissen für den BiliSFU aus:

- „Eine Methodik des bilingualen Fachunterrichts muss gewährleisten, dass soviel unterrichtliche Lernzeit wie irgend möglich auf das eigentliche Anliegen des Fachunterrichtes verwendet werden kann und muss aus diesem Grund so intensiv wie möglich Transferleistungen aus anderen Fächern und Lernbereichen nutzen.“
- „Der bilinguale Fachunterricht ist darauf angewiesen, dass im Fremdsprachenunterricht die sprachlichen Voraussetzungen für die Koordinierung von Arbeit, für soziale Interaktion und sinnstiftende Verständigung so grundgelegt sind, dass sie sich in ihrer allgemeinen Form durch intensiven Gebrauch ohne systematische Hilfe immer weiter fachlich ausdifferenzieren können“.

Es könnten an dieser Stelle nun die einzelnen methodischen Elemente wie Visualisierung, Auswahl und Aufbereitung von Texten, Führung des Unterrichtsgesprächs, Wortschatzarbeit, Vermittlung von Arbeitstechniken etc., die typisch für den BiliSFU vorgestellt werden. Ich möchte hier jedoch auf die Betrachtung des Unterrichtsversuchs verweisen, wo die entsprechenden Methoden am Beispiel verdeutlicht werden sollen.

3.1 Überlegungen zur Bedeutung des bilingualen Sachfachs Chemie

Gemäß den obigen Ausführungen zur Theorie des Bilingualen Sachfachunterrichts gibt es noch keine eigenständige Didaktik oder Methodik speziell für das bilinguale Sachfach Chemie. Dies liegt u.a. begründet in der Tatsache, dass der naturwissenschaftliche Anteil an bilingualen Sachfächern zumeist auf Biologie beschränkt ist und somit bisher kein Bedarf an einer chemischen Perspektive bestand.

Aber woran liegt es, dass die Chemie bisher nicht in den Fächerkanon der bilingualen Sachfächer aufgenommen wurde?

Nach Mäsch und Klapper können interkulturelle Kompetenz, vertiefte Sprachkenntnis oder Erweiterung der Wettbewerbsfähigkeit auf dem globalen Arbeitsmarkt im bilingualen Chemieunterricht nicht vermittelt werden¹⁰. Letzterem widerspricht Breidbach, denn die Fähigkeit sich technisch-naturwissenschaftlich in einer Fremdsprache auszudrücken hat seiner Meinung nach für die o.g. erweiterte Wettbewerbsfähigkeit durchaus eine Bedeutung (2000:177). Auch die Möglichkeiten interkulturelle Kompetenz zu erwerben sind m.E. nicht so zu leugnen, wie Mäsch und Klapper dies tun. Beispielsweise läßt sich laut Bonnet (1999) interkulturelle Kompetenz schon bereits die Begegnung mit der „fremden Kultur der Wissenschaft der Chemie“ vermitteln. Er stellt fest, dass die Erfahrungen die SuS mit der Wissenschaft der Chemie machen vergleichbar mit denen sind, die man mit fremden Kulturen macht. Die SuS lernen eine neue Sprache (die Fachsprache „chemisch“) und versuchen sich neue Regelsysteme zu vergegenwärtigen.

Es lassen sich aber auch Beispiele finden, die dem gängigen Verständnis von interkultureller Kompetenz, im Sinne eines differenzierten Wissens über die Zielkultur, entsprechen. So finden sich in englischen Lehrbüchern der Chemie (vgl. Burton u.a.1994). Beispiele über die britische Industrie, die Landwirtschaft und vorwiegend über Wissenschaftler aus dem englischsprachigen Raum.

Die alte Vermutung von einigen Sprachwissenschaftlern (z.B.Klapper 1996:135) der bilingualen Chemieunterricht könnte nicht zur Unterstützung des regulären Fremdsprachenunterrichts beitragen und damit einer der Intentionen des BiliSFU gerecht werden, wird heute von Maxis-Gehrke/Bonnet wiederlegt (2000). Der weiterhin erhobene Vorwurf, die im BiliSFU zu erwerbende Fachsprache sei weiter von der Alltagssprache entfernt (und somit dem Fremdsprachenlernen abträglich) als die Sprache der Sozialwissenschaften insofern zu entkräften, als dass die Rolle der Alltagssprache im Chemieunterricht seit geraumer Zeit von der Chemiedidaktik als immens wichtig angesehen wird. Ihr kommt beim Lernen eine zentrale Rolle zu, denn die Abstraktionen, auf die sich die Kritiker beziehen sind nur der letzte Schritt des Lernprozesses. „Am Anfang muss immer die Beschreibung von Beobachtungen und die Verbalisierung der eigenen subjektiven Theorien durch die Lerner/innen stehen. Diese beiden Schritte können aber nur mit einem hohen Anteil an Alltagssprache vollzogen werden“(2000:2)

(vgl. Ausführungen über Begriffsbildung, S. 10f).

Einer weiteren Kritik, der Chemieunterricht sei zu kontext-reduziert¹¹ kann mit Blick auf die neuere Chemiedidaktik entgegnet werden (vgl. Parchmann 2000), wenngleich sie in einem fachsystematischen deutschen Chemieunterricht durchaus einige Berechtigung hat. Im modernen kontextorientierten Chemieunterricht hingegen, findet man eine „Symbiose aus Lebenswelt, Alltags-, Umwelt- und Wissenschaftsbezügen und den für die schulische Bildung sinnvollen fachsystematischen Grundlagen“ (134). Dies bietet bei entsprechender Umsetzung im BiliSFU die Möglichkeit zu einer realen Auseinandersetzung, die -wenn sie geleitet ist von einem Interesse der SuS an solchen Themenstellungen¹²- ein bedeutendes Sprachlernpotenzial birgt.

Desweiteren ergibt sich im Chemieunterricht die Möglichkeit einer Kontextualisierung durch selbstständige Experimente und damit über zahlreiche Gelegenheiten für eine Handlungsorientierung, ein Miteinander von Tun und Sprechen¹³. Bonnet kommt in seiner abschließenden Reflexion eines Unterrichtsversuches in Chemie zu einem bestätigenden Ergebnis:

BiliSFU Chemie birgt ein enormes Potenzial an Handlungsorientierung aufgrund der dauernden Präsenz von Stoffen mit denen handelnd umgegangen wird und bettet das sprachliche Lernen in authentische Kommunikationsanlässe ein. Dies führt demzufolge zu Spracherwerb in vielfältigen Formen(1999:129). An dieser Stelle sieht Butzkamm ein Sprachlernpotenzial, das nur die naturwissenschaftlichen Fächer besitzen (1993:153).

3.2 Überlegungen zur Bedeutung des BiliSFU Chemie aus Sicht der Chemie

Wenn also eine Untersuchung aus Sicht der bilingualen Interessen zu einer so positiven Bilanz des Potenzials des BiliSFU Chemie kommt, ist es von großem Interesse zu erfahren, zu welchem Ergebnis eine sachfachdidaktische Betrachtung kommt.

Geht man davon aus, dass der Erfolg eines BiliSFU von der Konzeption des Unterrichtes abhängt und nur in einem kontext- und lernerorientierten (s.o.) Unterricht das optimale Sprachlernpotenzial erreichbar zu sein scheint, ist die Parallele zur Debatte um den Lernerfolg und die Lernmotivation¹⁴ im Chemieunterricht auffällig. Tatsächlich bleibt der Lernerfolg weit hinter den Erwartungen zurück¹⁵. Dieser mangelnde Lernerfolg wird maßgeblich auf mangelndes Interesse aufgrund fehlender Lernerorientierung zurückgeführt

(Stäudel/Kremer 1993: 152ff). Analog zu der bevorzugten lernerorientierten Ausrichtung des BiliSFU fordert Krapp diesbezüglich einen Unterricht, der einen Anwendungsbezug herstellt oder eine Anbindung an alltägliche Erfahrungen bietet, denn nur dadurch kann das fehlende Interesse geweckt werden (1996: 59). Dies geschieht, wenn SuS eigene lebensweltliche Erfahrungen mit ihnen zur Verfügung stehenden chemischen Kenntnissen erklären können. Damit kann voraussichtlich eine Ursache für fehlende Lernmotivation im Chemieunterricht -die mangelnde Erkenntnis: „Wofür lerne ich dies eigentlich?“- beseitigt werden (vgl. Pfeifer 1992: 159).

Ein weiterer Aspekt, der für die Betrachtung des BiliSFU Chemie auf Grund seiner ebenfalls sprachlichen Basis bedeutsam ist, ist die Funktion der Fachsprache und in diesem Zusammenhang die Begriffsbildung. Es stellt sich hier die Frage: „Schafft die Fremdsprache einen neuen Zugang zum fachlichen Gegenstand und seiner Begrifflichkeit oder behindert sie ihn?“ Die traditionelle Diskussion über die Bedeutung des Aushandelns von Begrifflichkeiten, die Wagenschein (1982) zu Beginn der 70er Jahre in Deutschland ausgelöst hat, ist hier von zentraler Bedeutung und soll daher kurz skizziert werden.

Im größeren Zusammenhang einer Hierarchisierung von Elementen des Chemieunterricht, ist die Frage zentral, ob der Weg zum Begriff oder der Begriff selbst das Ziel ist, das zu erreichen ist. Buck kennzeichnet zwei wesentliche Positionen zum einen den synoptischen zum anderen den definitorischen Chemieunterricht und vertritt wie Wagenschein die Auffassung, dass ein definitorischer Chemieunterricht, indem SuS nur Definitionen auswendig lernen, nicht zu einem vertieften Verständnis der Chemie führt (1993:134). Es sei aber genau diese Art von Merksatz-Didaktik, die in den meisten Klassenzimmern betrieben wird, wo SuS weder ihre eigene Wahrnehmung noch eigene Begriffsbildung zugestanden wird. Hinter dieser Tendenz verbirgt sich eine weitverbreitete Orientierung an fachwissenschaftlichen Vorgaben, die sich in der Auffassung von Becker u.a. in ihrem Standardwerk: „Die Gegenstände der Fachwissenschaft und im fachimmanenten Chemieunterricht sind prinzipiell nicht unterschiedlich, verlangen also gleiche Erkenntnistätigkeiten (1992:261)“ manifestiert. Die Vermittlung korrekter Benutzung des fachwissenschaftlichen Instrumentariums wird mit Nachdruck gefordert und bei aller Interdisziplinarität müsse „adäquate Anwendung soweit als möglich sicher gestellt“ sein (Demuth 1995:1).

Buck hingegen stellt dem den definatorischen einen synoptischen Unterricht gegenüber, in dem nicht nacheinander fachwissenschaftliche Begriffe eingeführt werden, sondern der von der Akzeptanz vielfältiger Zugänge zur Betrachtung eines Phänomens geprägt ist. Diese mögliche Mehrdimensionalität bringt seiner Meinung eine stärkere Verarbeitungstiefe mit sich, die den SuS eine gute Möglichkeit zur intensiven Auseinandersetzung bietet.

Hinzuweisen ist dabei jedoch darauf, dass der Verwendung von Fachsprachlichkeit keinesfalls ihre Bedeutung abgesprochen werden soll. Es geht vielmehr um die Bewusstmachung, dass ein Begriff und seine Bedeutung für sich genommen nur Worthülsen bleiben, wenn nicht eine den SuS verständliche Erklärung dahintersteht. Der Annäherung der SuS an einen Begriff sollte demnach mehr Bedeutung zugesprochen werden als bisher. Diese Auffassung wird auch bei Maaß deutlich, der das Füllen von Begriffen mit möglichst konkreten Inhalten als unbedingt erforderlich ansieht. Er weist darauf hin, dass bei jedem Prozess der Bildung neuer Konzepte die alten Begriffe auch unsicher werden und dass der/die Lerner/in, wird es ihm /ihr nicht ermöglicht, sich den neuen Konzepten möglichst konkret zu nähern, diese einfach ablehnt und zu seinem alten System zurückkehrt (Maaß 1995:67).

Anhand eines Bleiodidversuchs zeigt Buck, dass es zu diesem verstärkten Aushandeln, und damit dem Füllen von Begrifflichkeit mit Inhalt vor allem dann kommt, wenn Versuche gemacht werden, mit denen sich die SuS auseinandersetzen, ihre Alltagsvorstellungen anbringen können und wo gemeinsam mit der Lehrerin/dem Lehrer eine für alle verständliche Erklärung bzw. Begrifflichkeit ausgehandelt werden kann. Ein Versuch, der nur zur Einführung fachsystematischer Begrifflichkeiten gemacht wird ohne dass es die Möglichkeit zur intensiven Aushandlung dieser Begrifflichkeiten gibt, erfüllt höchst wahrscheinlich nicht den gleichen Anspruch (vgl. Buck 1993:134).

Wenn also dieser Prozess des begrifflichen Lernens ohnehin schon ein schwieriges Unterfangen ist, ist es eine weitere Frage, wie dieses in der Fremdsprache vor sich gehen soll. Dieses scheint zunächst schwieriger, denn im BiliSFU Chemie geht „es um das Erschließen neuer begrifflicher Regionen“ (Bonnet 1999:3). Dies bedeutet, dass nicht nur die Ausdrucksmittel erworben werden müssen, sondern auch, dass das Phänomen selbst noch nicht bekannt ist.¹⁶

Die fremde Sprache schafft jedoch auch einen neuen Zugang zum fachlichen Gegenstand“(3).¹⁷ So die Beobachtung Bonnets aus einem Unterrichtsversuch in

einer zwölften Klasse, die erst für diesen Versuch neu in den bilingualen Unterricht eingeführt wurde: Bei der Einführung der Begrifflichkeiten, die für ein Protokoll erforderlich sind, kam es zu einer Nachfrage zur Unterscheidung der Begriffe „observation/Beobachtung“ und „interpretation/Interpretation“. Es wurde schnell deutlich, dass es sich hier nicht um ein sprachliches sondern um ein inhaltliches Problem handelte. Die Schülerin konnte die neuen fremdsprachlichen Begriffe nicht aufnehmen, da ihr die Bedeutungen im deutschen (und dies nachdem sie diese seit der neunten Klasse verwendet!) nicht klar waren. Es konnte an dieser Stelle zu einer Aushandlung der Begrifflichkeit kommen, weil der Schülerin über das Medium der Fremdsprache erst bewusst wurde, dass an dieser Stelle eine Unklarheit vorlag. Genau hier identifiziert Bonnet die Chance der Verbindung des sprachlichen und des naturwissenschaftlichen Lernens. In der Fremdsprache kommt es eher, so ist seine These, zu einer Bewusstmachung begrifflicher Mängel. „Diese Feststellung [...] ist nun Voraussetzung dafür, dass die Schüler und Schülerinnen sich für die Arbeit an dem Begriff öffnen (6f)“. Dies führt seiner Meinung nach zwar zu einer Verlangsamung, aber auch zu einer Vertiefung des Erwerbs der naturwissenschaftlichen Kompetenz. Angesichts der Probleme der Vermittlung von Begrifflichkeiten im einsprachigen Chemieunterricht ist dieser Prozess meiner Ansicht nach eher ein Vor- als ein Nachteil des BiliSFU Chemie. Dem entsprechend schließt Bonnet seine Betrachtung mit der Feststellung, dass „während die Fremdsprache von der Handlungsorientierung und der Authentizität profitiert, [...] sich dem naturwissenschaftlichen Sachfach eine Möglichkeit zur Vertiefung und damit qualitativen Verbesserung der Begriffsbildung (erschließt)“(7).

4. Planung der Unterrichtseinheit

4.1 Bemerkungen zu den Voraussetzungen der Lerngruppe

Der Grundkurs Chemie im 13. Jahrgang des Gymnasiums Obervieland besteht aus drei Schülern und sieben Schülerinnen, die ich seit Anfang dieses Schuljahres eigenverantwortlich unterrichte.¹⁸ Eine gemeinsame Stufenreise nach Prag und die Tatsache, dass ich in dem Kurs schon seit Anfang des Referendariats immer wieder hospitiert und unterrichtet habe, führte dazu, dass ich die Schüler vor Beginn des Unterrichtsversuchs sehr gut kennen lernen konnte.

Das Leistungsvermögen der einzelnen SuS ist sehr unterschiedlich. So haben ein Schüler und eine Schülerin sehr fundierte Kenntnisse, verfügen über eine umfassende

Problemsicht und sind in der Lage, eigenständig differenzierte Lösungen zu entwickeln. Sie beteiligen sich häufig am Unterricht und müssen von mir teilweise zurückgehalten werden, um den anderen Kursmitgliedern die Zeit zu geben, selbstständig die Lösungen nachzuvollziehen. Zwei weitere Schülerinnen tragen ebenso häufig zum Unterricht bei, sind aber in ihren Lösungsansätzen nicht ebenso differenziert und vielfältig, dennoch haben sie fundierte Grundkenntnisse und tragen durch Transferleistungen zum Fortschreiten des Unterrichtes bei. Ein weiteres Mädchen und ein Junge sind immer aktiv, zeigen aber kleinere Ungenauigkeiten in den chemischen Grundkenntnissen und gelangen somit nicht immer zu den richtigen Lösungen. Mit Hilfestellungen meinerseits ist diesem Problem in der Regel erfolgreich zu begegnen. Ein Junge mit teilweise nur oberflächlichem chemischen Verständnis zeigt keinerlei Scheu immer wieder Ideen zu äußern, womit er zu einer Auseinandersetzung über den Unterrichtsgegenstand konstruktiv beiträgt. Neben diesen mündlich eigentlich immer Aktiven gibt es im Kurs drei sehr stille Schülerinnen, die auch auf meine Aufforderung hin nur selten zu Beiträgen zu bewegen sind (vgl. methodische Überlegungen). Unter diesen dreien gibt es ein Mädchen, dessen schriftliche Leistungen sich zwar immer im befriedigenden Bereich befinden, das sich aber auch bei Ansprache weigert, am Thema mündlich mitzuarbeiten. Zwei dieser Schülerinnen haben insgesamt, trotz großer Hilfestellung, massive Schwierigkeiten dem Unterrichtsgeschehen zu folgen.

Die Englischkenntnisse der SuS verlaufen in ihrer Abstufung in etwa parallel zu den jeweiligen Chemiekennnissen. So belegen die vier SuS einen Grundkurs Englisch, die sich bisher in Chemie am unteren Leistungsspektrum der Lerngruppe befinden. Die befragten Englischlehrer/innen versicherten mir jedoch unabhängig von den Noten, seien alle SuS des Chemiekurses im Englischunterricht bemüht und hätten für eine Kommunikation ausreichende Sprachkenntnisse. Zu dieser Einschätzung konnte ich durch eigene Hospitationen in den Englischkursen ebenfalls gelangen.

Die Atmosphäre in der Lerngruppe ist sehr kollegial und freundlich. Die Schüler sind es gewohnt, im Unterrichtsgespräch bei Unklarheiten sofort nachzufragen. Sie sind in der Lage, in einem fragend-entwickelnden Unterricht Lehrerinnenimpulse aufzunehmen und sie in Hypothesen, Erklärungen oder Versuchsvorschriften umzusetzen. Die geringe Größe der Lerngruppe führt m.E. dazu, dass es häufig während des Unterrichtsgesprächs zur selbstständigen Klärung von

Verständnisschwierigkeiten unter den SuS der gesamten Gruppe kommt, ohne dass ich eingreifen müsste.

Besonders großes Interesse am Unterrichtsgeschehen zeigen die SuS in handlungsorientierten Phasen. Es kommt auch hier zu einer konstruktiven Zusammenarbeit zwischen stärkeren und schwächeren SuS (vgl. Durchführung).

4.2 Sachanalyse

Die Sachanalyse wird sich im Folgenden nur exemplarisch auf einige chemische Aspekte der Elektrolyse beziehen und sich dabei explizit mit dem Unterschied zwischen einem galvanischen Element und einer Elektrolysezelle, sowie den technischen Anwendungen der Galvanisierung, der Chloralkali-Elektrolyse und der Aluminiumherstellung auseinandersetzen. Dabei sollen auch wirtschaftliche und ökologische Zusammenhänge aufgezeigt werden. Die Auswahl der Themen entspricht der Auswahl des Stoffes für den Unterrichtsversuch.

„Taucht man zwei Elektroden in eine wässrige Elektrolytlösung und legt eine genügend große Gleichspannung von außen an, so findet eine Elektrolyse statt“(Elemente II 2000:168). Die Reaktionen, die bei der Elektrolyse stattfinden, sind wie die Reaktionen beim galvanischen Element Redoxreaktionen.

Die Reaktion in einem galvanischem Element läuft im Unterschied zu einer Elektrolyse, die **nur** dann abläuft wenn eine Spannung angelegt wird, von alleine ab. Die dort messbare Spannung entsteht durch unterschiedliche Elektrodenpotenziale zweier Halbzellen. Durch das Bestreben zum Ausgleich dieses Unterschiedes entsteht der Stromfluss.

Man kann also für die Elektrolyse festhalten, dass die Redoxvorgänge im Gegensatz zu den Redoxvorgängen im galvanischen Element nicht freiwillig ablaufen, sondern erzwungen werden (vgl. Riedel 1990: 340).

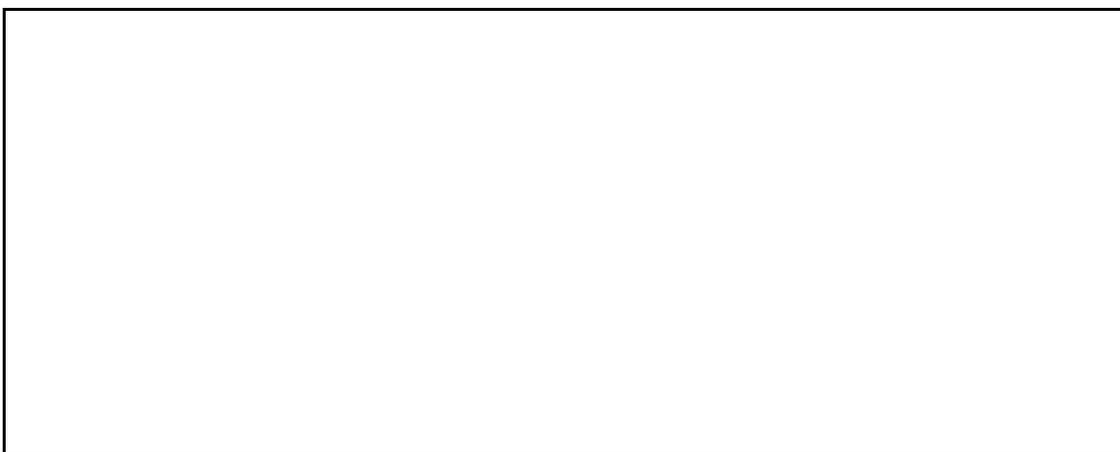


Abbildung 1: Eine Elektrolysezelle und ein galvanisches Element (Elemente II 2000:168)

In der Abbildung 1 ist zu erkennen, dass der Strom zwar sowohl in der Elektrolysezelle als auch im galvanischen Element immer von der Anode zur Kathode fließt, die Pole der Elektrolysezelle aber nicht denen des galvanischen Elements entsprechen. Dies ist so, da bei der Elektrolyse durch eine externe Spannungsquelle die der thermodynamischen Triebkraft des Systems entgegengesetzt ist, bewirkt wird, dass an der Kathode Kationen aus der Lösung reduziert werden und dort die höhere negative Ladung zu finden ist. An der positiven Elektrode, der Anode, findet die Oxidation statt. Elektrolysiert man also wie in Abbildung 1 eine Zinkbromidlösung an Graphitelektroden, so werden Zink-Ionen reduziert und Bromid-Ionen oxidiert.

Bei dem galvanischen Element, welches z.B. aus einer Zink- und einer Kupferelektrode bestehen kann, die in ihren jeweiligen Salzlösungen die Halbzellen des galvanischen Elementes bilden (vgl. Abbildung 1), entsteht die höhere negative Ladung an der Anode genannten Elektrode, wo der Elektronendruck¹⁹ groß (d.h. der Lösungsdruck größer als der Abscheidungsdruck²⁰), bzw. größer als bei der anderen Elektrode ist. Durch das Streben nach einem Potenzialausgleich kommt es an dem negativen Pol (der Anode) nicht zu einer Reduktion (in der obigen Abbildung des Zink-Ions), sondern der Strom (die Elektronen) fließt in Richtung Kathode.

Elektrolysereaktionen erfordern eine Mindestspannung, bei der die Redoxreaktion (die Zersetzung des Elektrolyts) abläuft, die *Zersetzungsspannung*. Sie berechnet sich zunächst theoretisch aus der Summe der Beträge der Abscheidungspotenziale, welche sich aus den Redoxpotenzialen der entsprechenden Redoxpaare ableiten (vgl. Riedel 1990: 341). Bei unterschiedlichen möglichen Redoxreaktionen findet die Reaktion statt, die die geringste Zersetzungsspannung hat. Daraufhin könnte man vermuten, dass bei der Elektrolyse einer wässrigen Zinkchloridlösung an Graphitelektroden eine Zersetzung des Wassers in Wasserstoff und Sauerstoff eintritt ($\text{H}_2/\text{H}_3\text{O}^+ \parallel \text{OH}/\text{O}_2$); deren Zersetzungsspannung ist geringer ($U_z = 1,23 \text{ V}$) als die für die Halbzelle $\text{Zn}/\text{Zn}^{2+} \parallel \text{Cl}/\text{Cl}$ ($U_z = 2,31 \text{ V}$). Es werden aber Zink und Chlor abgeschieden, obwohl ihre Zersetzungsspannung rechnerisch höher zu sein scheint. Dies liegt in der Überspannung begründet (vgl. Liening 1991:60f).

Die Überspannung ist von verschiedenen Faktoren abhängig, u.a. vom Material der Elektroden, der Oberflächenbeschaffenheit und der Stromdichte. Sie entspricht der

Differenz zwischen dem theoretischen und dem tatsächlichen Abscheidungspotenzial.

Mit dem Prinzip der Elektrolyse sind viele technische Anwendungen und Produkte aus dem täglichen Leben verknüpft. Ein sehr alltägliches Produkt, welches mit Hilfe der Elektrolyse hergestellt wurde, ist versilbertes Besteck, aber auch verchromte Radkappen und verzinkte Schrauben sowie vollverzinkte Autokarosserien werden entsprechend veredelt.

Hinter diesen Produkten steht die Galvanotechnik. Sie hat nicht nur die Aufgabe, Produkte glänzen zu lassen, viel mehr geht es meist darum, Metalle vor Korrosion zu schützen.

„Einige Wissenschaftler nehmen an, dass die Kunst des „galvanischen Vergoldens“ bereits den Parthern, die 141 v. Chr. bis etwa 600 n. Chr. im heutigen Irak herrschten, bekannt war“ (Glöckner, u.a. 1994:318). Die Galvanisierung heute verläuft folgendermaßen:

Nach einer guten Grundbehandlung des zu galvanisierenden Stoffes kann der Prozess beginnen. Das bedeutet, dass die Oberfläche frei von Säuren und Oxidschichten, glattpoliert und entfettet ist. Die Werkstücke werden dann in eine Elektrolytlösung des Überzugsmetalls getaucht und als Kathode geschaltet. Als Anode dient ein Stück des Überzugsmetalls, welches sich langsam auflöst und die Konzentration der Überzugsmetall-Ionen in der Lösung konstant hält.

Auf den ersten Blick erscheint diese Technik perfekt. Sie schützt und verschönt wichtige Gegenstände der Technik und des Alltages und macht es möglich, die teuren Edelmetalle durch Versilberung, oder Vergoldung in erheblichen Mengen einzusparen. Es muss aber erwähnt werden, dass durch diesen Prozess viel Energie verbraucht wird. Eine Größe, die aus der Sicht der Industrie einen erheblichen Kostenfaktor und aus ökologischer Perspektive einen großen Ressourcenverbrauch darstellt. In eine Öko-Bilanz müsste jedoch auch das Ressourcen-Einsparpotenzial mit einbezogen werden, welches die Technik birgt, da sie die Lebensdauer vieler Produkte erhöht, denn die Produkte erhalten durch die Galvanotechnik eine Schutzschicht und werden damit haltbarer.

Eine weitere technische Anwendung, die auch mit der Elektrolyse in wässriger Lösung arbeitet, ist die Chloralkali-Elektrolyse, bei der die wichtigen Grundchemikalien Chlor und Natronlauge hergestellt werden. Der Rohstoff, der hier benötigt wird, ist Natriumchlorid (Kochsalz)²¹.

Der Verwendungszweck der beiden hergestellten Chemikalien ist vielfältig. Die Natronlauge wird z.B. bei der auch in diesem Unterrichtsversuch betrachteten Aluminiumherstellung eingesetzt; als Beispiel für die Chlorverwendung ist die PVC-Herstellung zu nennen. Für den als Nebenprodukt anfallenden Wasserstoff gab es bisher keine ausreichenden Verwendungsmöglichkeiten, jedoch könnte sich dies bei positiver Entwicklung der Brennstoffzelle rasch ändern.

Die Chloralkali-Elektrolyse ist eine wässrige Elektrolyse einer NaCl-Lösung. Betrachtet man die Abscheidungspotenziale für die bei diesem Vorgang denkbaren Elektrodenreaktionen, so ist zu erwarten, dass sich Wasserstoff und Sauerstoff bilden.

Durch geschickte Wahl des Elektrodenmaterials ist es möglich, die Überspannung so einzustellen, dass sich beim Membranverfahren, wie gewünscht, bei ca. 90 °C der Elektrolytlösung Chlor und Wasserstoff sowie Hydroxid-Ionen bzw. beim Amalgamverfahren bei ca. 70°C der Elektrolytlösung Chlor und Amalgam Na(Hg) bilden.

Das im Amalgamverfahren an der Quecksilberkathode entstandene Amalgam wird in einem nachfolgenden Schritt mit Wasser zu Natronlauge, Wasserstoff und Quecksilber umgesetzt, so dass auch hier die gewünschte Natronlauge entsteht. Ein weiterer positiver Effekt ist hierbei die Regenerierung des Quecksilbers, welches wieder als Kathodenmaterial eingesetzt werden kann.

Das Amalgamverfahren wurde lange als perfektes Verfahren betrachtet. Es verwendet günstiges Ausgangsmaterial, alle Produkte sind sehr rein und können direkt verkauft werden und das Kathodenmaterial (Quecksilber) kann wieder aufbereitet werden. Vor allem dieser Kreislauf des Quecksilbers täuschte lange auch eine Umweltfreundlichkeit vor. Heute verliert dieses Verfahren aber zunehmend an Bedeutung, da festgestellt wurde, dass trotz allem Quecksilber aus dem Kreislauf entweicht und eine erhebliche Belastung für Mensch und Umwelt darstellt (Fullick 1994: 180ff).

Das oben erwähnte Membranverfahren erreicht somit immer mehr Bedeutung, denn es verwendet kein Quecksilber. Es besteht hauptsächlich aus zwei von einer Membran getrennten Kammern, in denen sich die Anode (meist aus Titan) bzw. die Kathode (meist Eisen) befindet²² (vgl. Chemie heute 1998: 194ff; Glöckner 1994: 329ff). Auch bei diesem quecksilberfreien Verfahren wird eine fast reine Natronlauge produziert²³, sowie Chlor und Wasserstoff. Nachteile gegenüber dem

Amalgamverfahren ergeben sich hier aus betriebswirtschaftlicher Sicht, denn die Membranen sind sehr teuer und haben nur eine geringe Lebensdauer.

Als nachteilig bei beiden Verfahren ist sicherlich der hohe Energiebedarf zu benennen, obwohl dieser im Vergleich zu anderen Elektrolysen wie z.B. der nachfolgenden Aluminiumelektrolyse noch gering ausfällt.

„Unedle Metalle wie z.B. Natrium, Magnesium und Aluminium lassen sich nicht durch Elektrolyse aus ihren Salzlösungen gewinnen, da am Minuspol nur das Wasser unter Wasserstoffentwicklung zersetzt wird. Da häufig auch andere Verfahren wie die Reduktion durch Kohlenstoff nicht zum Erfolg führen, bleibt nur die Elektrolyse wasserfreier geschmolzener Salze oder Oxide der entsprechenden Salze“ (Glöckner 1994:325).

Das Verfahren für Aluminium wurde von Charles Hall, einem Schüler von Sir Humphry Davy, entwickelt und ist heute noch die Basis für die Produktion von Aluminium. Er fand heraus, dass man bei einer Schmelze von Kryolith und Aluminiumoxid den Schmelzpunkt von 2000°C für reines Aluminiumoxid auf 850°C herabsetzen kann.

Heute wird mit Kohleanoden und Kohlekathoden gearbeitet. Aluminium entsteht an der Kathode, die sich meist am Boden der Elektrolysezelle befindet. Da das flüssige Aluminium schwerer ist als die Elektrolytschmelze und sich absetzt, kann es leicht abgesaugt werden.

Das benötigte wasserfreie Aluminiumoxid wird nach dem Bayer-Verfahren²⁴ aus Bauxit hergestellt. Dazu wird Bauxit gemahlen und mit heißer Natronlauge versetzt. Aluminiumhydroxid ($\text{Al}(\text{OH})_3$) löst sich dabei unter Bildung von Natriumaluminat ($\text{Na}^+[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$), während Verunreinigungen zusammen mit Eisen(III)-hydroxid ausfallen und abgefiltert werden. Die zurückbleibende Lösung wird mit Aluminiumhydroxidkristallen geimpft, um die Abscheidung von $\text{Al}(\text{OH})_3$ bei abkühlender Lösung noch zu beschleunigen. Aus diesem wird durch Erhitzen das Wasser in Wirbelschichtöfen abgetrennt, es wird „calciniert“ (Elemente II:188).

Die Aluminiumproduktion erfordert in noch größerem Maße Energie als z.B. die Chloralkali-Elektrolyse, sie ist demnach betriebswirtschaftlich extrem abhängig von den Stromkosten. Dies ist mit Abstand einer der wichtigsten Standortfaktoren. Weiterhin ist es von Nutzen, wenn die Herstellung in der Nähe einer Natronlauge-Produktion stattfindet und die Transportwege für das Bauxit günstig sind (z.B. Schiene oder Wasserwege).

4.3 Lehrplanbezüge

Bei der Betrachtung der Theorie des BiliSFU wurde deutlich, dass die Themenauswahl von den monolingualen Sachfachansprüchen bestimmt wird. Insofern wird hier nun eine Betrachtung des gewählten Unterrichtsthemas „Elektrolyse“ im Hinblick auf den bremischen Lehrplan Chemie der Stufe 13 sowie den neuen Fachrahmenplan Chemie aus dem Jahre 1998 vorgenommen. In dem Fachrahmenplan werden einige wesentliche didaktische und methodische Grundsätze postuliert, die auf diese Unterrichtseinheit angewendet werden können.

Es ergeben sich somit folgende Intentionen dieses Unterrichtsversuchs:

- Die SuS sollen in ihrem eigenständigen Erkenntnisprozess gefördert werden. Hierfür ist ihnen ausreichend Zeit zuzugestehen, welches durch exemplarisches Lernen bewerkstelligt werden kann.
- Es soll in besonderem Maße schülerorientiert gearbeitet werden, was immer wieder die Abstimmung der Lerninhalte mit den Erfahrungen, Interessen und Bedürfnissen der SuS erfordert.
- Fachübergreifendes Denken soll durch das in dieser Arbeit initiierte Zusammenspiel von Englisch und Sachfach, wie auch die behandelten Inhalte aus den Bereichen der Gemeinschaftskunde, der Physik, der Biologie, etc. besonders gefördert werden²⁵.
- Die SuS sollen durch die Verknüpfung von ökologischen und wirtschaftlichen Faktoren für die zukünftigen Probleme unserer Gesellschaft sensibilisiert werden.
- Durch eine Exkursion soll der Unterricht geöffnet werden.

(vgl. Fachrahmenplan 1998: 6 sowie didaktische / methodische Überlegungen)

Mit dem Thema der Elektrochemie wurde ein „klassisches“ Thema für den 13. Jahrgang gewählt, welches sich sowohl im alten Lehrplan als auch in den neuen bremischen Rahmenrichtlinien (1998: 13ff) befindet. Für diese am Ende des Semesterthemas liegende Unterrichtseinheit wurde speziell das Thema „Elektrolyse“ ausgewählt. Damit wurde es möglich, sowohl die Vorschläge des Lehrplans zur „Behandlung großtechnischer Elektrolyseverfahren“ wie z.B. Chloralkali-Elektrolyse, Aluminiumgewinnung, Galvanisieren als auch im Lehrplan geforderte fächerübergreifende Aspekte wie ökologische Betrachtungen und die Verbundwirtschaft in der Chemie aufzunehmen (vgl. didaktische Überlegungen).

4.4 Didaktische Überlegungen

Elektrochemie insgesamt ist nach schulinterner Absprache für dieses Halbjahr vorgesehen. Das zentrale Thema dieser bilingualen Unterrichtseinheit aus dem Bereich der Elektrochemie ist die Elektrolyse. Sie schließt an das zuvor behandelte Thema des galvanischen Elements an, welches bereits in die wesentlichen Grundkenntnisse im Bereich der Elektrochemie eingeführt hat.

Für ein neuartiges Projekt wie diese bilinguale Einheit ist es sinnvoll sich einen thematisch geschlossenen Teilbereich herauszunehmen, um den SuS einen möglichst unbelasteten Einstieg zu ermöglichen. Das Thema Elektrolyse bietet dieses, denn es baut auf bisherige Erkenntnisse auf und führt so von der sicheren Basis des Bekannten hin zu neuen Inhalten (vgl. Sachanalyse).

Es ist möglich und angestrebt (vgl. Lehrplanbezüge) das Thema der Elektrolyse multiperspektivisch und insofern auch, wie von Wolff gefordert (vgl. zur Theorie des bilingualen Sachfachunterrichts), komplex anzugehen. Das bedeutet speziell im vorliegenden Fall neben der **chemischen auch eine geschichtliche, wirtschaftliche, ökologische, technische und alltägliche** Perspektive mit einzubeziehen. Gerade letztgenannte Sicht verdeutlicht, was bereits im Theorieteil dieser Arbeit angedeutet wurde: Der heutige moderne Chemieunterricht ist weit von dem Vorwurf einiger Sprachwissenschaftler entfernt, keine alltagssprachliche Ausrichtung zu haben. Selbst für den Laien ist ersichtlich, dass für die Bearbeitung der meisten der oben genannten Aspekte alltägliches Vokabular verwendet wird. Des Weiteren wird bei der Durchführung einer solchen Unterrichtseinheit die Authentizität der Lerninhalte gewährleistet, denn es geht um Lerninhalte, die – wie von Wolff gefordert (vgl. „Zur Theorie des bilingualen Sachfachunterrichts“) - der realen Wirklichkeit entsprechen, wie von Wolff gefordert. Durch Versuche und eine Exkursion sollen zudem möglichst viele handlungsorientierte²⁶ Elemente eingebracht werden, was insbesondere aus chemiedidaktischer Sicht als sinnvoll angesehen wird. Experimente im allgemeinen werden dort als konkrete Erfahrungen betrachtet, die den Erkenntnisprozess vereinfachen. Eine Besonderheit stellen SuS Experimente dar, in denen die Lernenden die Chemie im Sinne des Wortes selbst „begreifen“ und durch „[d]iese Eigentätigkeit [...]unmittelbar am Prozess der Erkenntnisgewinnung teilnehmen“ können (Pfeifer 1992: 292). Eingebettet in den entsprechenden Kontext, erleichtert somit die konkrete Erfahrung den Erkenntnisprozess (292).

An dieser Stelle ist auch ein erhöhtes Sprachlernpotenzial, ein angestrebtes Ziel des bilingualen Unterrichts, zu erkennen: Die Durchführung von Experimenten erfordert

konkrete Handlungen, die eine authentische sprachliche Interaktion über das Tun hervorrufen. Die Authentizität der Sprechansätze erhöht die Lernmotivation und damit das Sprachlernpotenzial (vgl. Wolff 1997: 60).

Es ist anzunehmen, dass die SuS im Bereich der Elektrolyse schon Vorerfahrungen aus dem Unterricht (z.B. Hoffmann'scher Elektrolyse-Apparat) oder aber aus dem Alltag haben (z.B. verchromte, versilberte oder verzinkte Gegenstände). Einige SuS werden sogar den Begriff Galvanisierung oder zumindestens Begriffe wie Verzinken oder Verchromen kennen. Wenn gleich diese Begriffe vermutlich jedoch nicht mit konkretem Inhalt gefüllt sind, kann und soll an dieses vorläufige Wissen angeknüpft werden.

Es ist Ziel der Unterrichtssequenz, in das Netz von vorhandenen Begriffen zum Thema Elektrolyse die neu zu erwerbenden Erkenntnisse einzubinden um aktives, d.h. anwendbares, vielfach verknüpftes Wissen zu schaffen. Dieses lässt sich nur erwerben, indem jedes lernende Individuum neue Erkenntnisse für sich mit bestehendem Wissen verknüpft, d.h. in einen eigenen schon vorhandenen Kontext einbinden kann. Es ist also notwendig immer wieder zu versuchen die verschiedenen Vorstellungen und Erfahrungen der SuS aufzunehmen, denn sonst verbleiben wichtige Teile der Naturwissenschaften nur auf der Ebene des Unterrichts. Die Gedankenkonzepte der SuS zum Thema „Elektrolyse“ könnten dann nicht berücksichtigt und in ein gemeinsames Beziehungsgeflecht eingebunden werden (vgl. Marks 1999: 18). Diese Überlegungen stimmen zudem mit den Gedanken der bilingualen Didaktik überein, denn auch hier werden komplexe Lerninhalte gefordert, welche die Lerner möglichst kontextorientiert ansprechen und das Sprachlernpotenzial dadurch erhöhen sollen (vgl. Praxis und Theorie des bilingualen Unterrichts).

Aus obigen Überlegungen folgt, dass eine Planung des Unterrichtes zunächst nur grob erfolgen kann, da sie flexibel auf SuS-Bedürfnisse reagieren können muss. Ich möchte dieses Prozessorientierung nennen. Das bedeutet beispielsweise, dass trotz vorheriger Hospitationen im Englischunterricht nicht sicher vorhergesagt werden kann, wie die SuS mit dem Chemieunterricht in der Fremdsprache umgehen werden. Demnach kann ich mich in der Planung diesbezüglich nur auf die allgemeine Annahme im BiliSFU stützen, dass der Unterricht zeitintensiver ist (vgl. Lerngruppe). Letztendlich muss während der Unterrichtseinheit- idealerweise auch

mit den SuS gemeinsam - entschieden werden, welches Tempo und welche Intensität sinnvoll ist.

Bei der Festlegung der Leistungskontrolle sowie der Bewertung der mündlichen Leistung sollen die SuS mit einbezogen werden, da es sich nicht um einen bilingualen Kurs handelt. Aus schulrechtlichen Gründen müssen sich die SuS überhaupt einverstanden erklären, ein solches Projekt durchzuführen.

Für die didaktische Planung dieser Unterrichtseinheit wurden die entsprechenden deutschen und englischen Schulbücher sowie fachliche Spezialliteratur zum Themenbereich Elektrochemie herangezogen²⁷. Hieraus ergibt sich eine Vielzahl an möglichen Unterrichtsinhalten²⁸, die aber noch nach bilingualen (s.o.) und organisatorischen Gesichtspunkten wie Zeitökonomie, Exkursion, Elternsprechtag, Klausuren und Schuljahresende redigiert werden muss.

Durch die breite Ausrichtung (vgl. didaktische Überlegungen.) dieses Oberthemas auf fächerübergreifende Aspekte muss auf der chemischen Seite reduziert werden. So kann nicht auf Mathematisierungen und Quantifizierungen, die üblicherweise auch in den Bereich der Elektrolyse gehören, eingegangen werden. Von der Reduktion sind auch die Rechnungen mit den Faraday'schen Gesetzmäßigkeiten betroffen, die in den deutschen Schulbüchern für die Oberstufe zu finden sind. Interessant ist hier, dass die englischen Lehrwerke auf Berechnungen in diesem Bereich verzichten.²⁹ Dieses ist m.E. aus chemiedidaktischer,³⁰ vor allem aber aus der bilingualen Sicht sinnvoll und notwendig, da es den SuS sprachlich sehr schwer fällt sich auf abstrakte Lerngegenstände einzulassen (vgl. „Theorie Überlegungen zur Bedeutung des bilingualen Sachfachs Chemie“ sowie Klapper 1996:135). An dieser Stelle ist in besonderem Maße dem Umstand Rechnung zu tragen, dass die SuS zum ersten Mal mit einem ihnen gänzlich neuartigen Projekt umgehen .

Die Planung der Unterrichtsinhalte ist hauptsächlich an chemischen Inhalten orientiert. Bei der Einführung in die bilinguale Phase werde ich jedoch eine Doppelstunde darauf verwenden, ein gewisses Grundvokabular bereit zu stellen, das die SuS sich anhand einer Wiederholung des Gelernten erarbeiten können. In den folgenden Stunden wird die Wortschatzarbeit entsprechend der Praxis aus mir bekannten bilingualen Kursen parallel zur Problemerarbeitung erfolgen.

Aus obigen Überlegungen kristallisierten sich folgende vier Bereiche heraus, an denen exemplarisch die gewünschten Erkenntnisse erarbeitet werden sollen:

1. Sprachliche Einführung

2. Galvanisierung
3. Chloralkalielektrolyse
4. Aluminiumherstellung

Nach Einbeziehung der organisatorischen und inhaltlichen Vorgaben sowie der didaktischen Überlegungen ergibt sich abschließend folgender Verlauf:

Stunde	Datum	Unterrichtsinhalt
1.	14.11.2000	Gemeinsamer Einstieg: „Erwartungen“ an den Unterrichtsversuch
2.+3.	17.11.2000	Englischer Wortschatz „Elektrochemie“
4.	21.11.2000	Einführung in die Elektrolyse am Thema „Galvanisierung“ (alltäglich, chemisch ³¹)
5.+6.	24.11.2000	Elektrolyse vs. Galvanisches Element, Galvanisierung II (chemisch, ökonomisch, ökologisch)
7.	28.11.2000	Chloralkali- Elektrolyse I (chemisch, technisch)
Elternsprechtag	01.12.2000	
8.	05.12.2000	Chloralkali- Elektrolyse II (ökonomisch, ökologisch, technisch)
9.+10.	08.12.2000	Aluminiumherstellung I (chemisch, technisch)
11.		Aluminiumherstellung II (ökonomisch, ökologisch)
Exkursion	15.12.2000	Aluminium Produktion Stade (chemisch, technisch, ökonomisch, ökologisch)
12.	18.12.2000	Aluminiumherstellung III (technisch, ökonomisch, ökologisch)
13.	09.01.2000	Auswertung: „Resümee“ des Unterrichtsversuchs

4.5 Methodische Überlegungen und Besonderheiten der Gestaltung von BiliSFU

Die methodischen Prinzipien, die dieser Einheit zugrunde liegen, entsprechen denen, die in meinem Unterricht im allgemein Grundlage sind. D.h. es soll versucht werden, möglichst die selbstständige Arbeit der SuS in Form von theoretischer und experimenteller Kleingruppenarbeit zu fördern. Abgewechselt werden solche Phasen mit gemeinsamen Unterrichtsgesprächen, die der Sicherung und Vertiefung der eigenständigen Phasen dienen.

Im Rahmen dieser Arbeit kann nicht näher auf diese Prinzipien eingegangen werden. An entsprechender Stelle werden im Durchführungs- und Auswertungsteil ggf. notwendige detaillierte Beschreibungen sowie Bezüge zur Literatur angegeben.

Das Besondere an dieser Unterrichtseinheit ist sowohl im didaktischen als auch im methodischen Sinne der Einsatz der englischen Sprache.

Im Folgenden werde ich mich also gezielt mit den Besonderheiten des BiliSFU auseinandersetzen.

Eine methodische Form, die besonders wichtig für einen bilingualen Chemieunterricht ist, ist das Experiment. Sowohl Demonstrations- wie Schülerexperimente sollen durchgeführt werden. Wenngleich SuS-Experimente nach Butzkamm durch das Miteinander von Tun und Sprechen das größere Sprachlernpotenzial als die erstgenannten bergen, sind gewisse Versuche, wie z.B. die aus Sicherheitsgründen nur als Demonstrationsexperiment durchzuführende Chloralkali-Elektrolyse, durch die Beobachtungsmöglichkeiten mit mehreren Sinnen erfahrbar und tragen somit auch zu einer besseren Verankerung des sowohl der neuen sprachlichen als auch chemischen Kenntnisse bei (vgl. 3.1).

Neben Experimenten werden Texte eine wesentliche Grundlage des Unterrichts sein. Anhand dieser sollen sich die SuS bestimmte Sachverhalte erarbeiten. Diese werden eventuelle Lehrerinnenvorträge ersetzen, die sicherlich u.U. weniger zeitaufwendig wären, aber dem Verwenden der Fremdsprache nicht angemessen sind. Es muss nämlich berücksichtigt werden, dass die Lerngruppe zuvor noch nicht mit Englisch als Arbeitssprache im Sachfach konfrontiert worden ist. Informationen einem Vortrag zu entnehmen und diese quasi zeitgleich in Form von Notizen festzuhalten ist sehr schwierig, vor allem vor dem Hintergrund, dass diese „listening skills“ im fremdsprachlichen Unterricht sehr wenig geübt werden. Textgrundlagen bieten weiterhin die Möglichkeit neue Vokabeln im Zusammenhang einzuführen, unterstützt durch zweisprachige Vokabellisten einiger entscheidender Begriffe (Krechel 1999:4). Die Formulierungen in den Texten können auch von schwächeren SuS als Ausdruckshilfen verwendet werden und schaffen damit einen gewissen Ausgleich zwischen den verschiedenen Sprachfähigkeiten der Gruppe. Die Entlastung ist zwingend notwendig, denn die Texte entstammen Schulbüchern, die für muttersprachliche SuS konzipiert wurden und sind somit nicht auf den Kenntnisstand von Fremdsprachlern abgestimmt.

Es gibt noch weitere Stützmaßnahmen, die einer Überforderung der SuS mit authentischen Texten entgegen wirken können. So kann mit Hilfe von Gruppierungen der Vokabeln an der Tafel („clustering“) am Anfang einer Unterrichtseinheit sprachliches Vorwissen reaktiviert und Schlüsselbegriffe der Elektrochemie herausgearbeitet werden. Basis hierfür ist ein Text, dessen Inhalt bekannt sein sollte. Diese Reaktivierung kann anschließend in einem folgenden Unterrichtsgespräch weiter vertieft werden. Zudem können Erschließungsfragen an

den Text dessen zentrale Aussagen hervortreten lassen und so den Zugang zum sowie den Umgang mit dem Text vereinfachen.

Ferner wird grundsätzlich während der gesamten Unterrichtsphase ein zweisprachiges Speziallexikon der Chemie bereitgestellt, mit dem die SuS sowohl in den selbstständigen als auch in den gemeinsamen Phasen arbeiten können (vgl. Krechel 1999:4). Zusätzlich ist den SuS der Gebrauch von eigenen Lexika erlaubt bzw. sogar erwünscht. Dieses ist eine weitere Hilfe zur Texterschließung. Die Verwendung von Lexika ist darüber hinaus auch im Zusammenhang der Textproduktion wie z.B. beim Protokoll schreiben von Bedeutung.³²

Der dritte häufig auf Experimente oder Texte aufbauende Bereich in der bilingualen Methodik, der hier betrachtet werden soll, ist der Diskurs im Klassenzimmer.

Hier gelten ähnliche Stützmaßnahmen wie bei der Texterschließung. So sollen z.B. Redemittel zur Durchführung von Experimenten (materials, experimental-setup, procedure, observation, interpretation) zur Verfügung gestellt werden (Krechel 1999: 5). Weiterhin wird vor allem bei ungeübten bilingualen Lernern gefordert, Visualisierungen zur Unterstützung von Unterrichtsgesprächen einzusetzen. Hierzu zählt auch das Festhalten von Unterrichtsergebnissen an der Tafel bzw. mit Hilfe des OH-Projektors. Dieses erleichtert den SuS die Sicherung der Ergebnisse, denn wie bei dem Vergleich „Text vs. Lehrerinnenvortrag“ gilt, dass selbstständiges Protokollieren für Anfänger im BiliSFU ein hoher Schwierigkeitsgrad ist, der meiner Meinung nach vermieden werden soll.

Für den Diskurs im BiliSFU ist die Rolle der Muttersprache wesentlich. Wie der Begriff „bilingual“ schon aussagt, geht es um zwei Sprachen. Es gibt an dieser Stelle viele Auffassungen, so dass ich mich auf die von mir angewendeten Grundsätze beschränke:

Als Lehrperson halte ich es für angemessen in der Fremdsprache zu kommunizieren sowie das Unterrichtsmaterial mit entsprechenden Stützmaßnahmen auf Englisch zur Verfügung zu stellen. Da die rezeptiven Fähigkeiten bei den SuS laut Butzkamm prinzipiell größer sind als die produktiven, ist anzunehmen, dass dies den SuS keine größeren Schwierigkeiten bereiten wird (2000: 103). Sollten dennoch wichtige Schlüsselbegriffe unklar sein, sollen die SuS jederzeit nachfragen und entweder Übersetzungen oder englische Wiederholungen einfordern können. Dieses muss ihnen vor der Unterrichtseinheit deutlich sein.

Den SuS ist die Wahl der Sprache freigestellt. Englisch soll jedoch Unterrichtssprache sein und als voll gültiges Kommunikationsmittel erlebt werden, d. h. über möglichst lange Strecken des Unterrichts genutzt werden. Dennoch ist es den SuS erlaubt ggf. auf das Deutsche zurückzugreifen. Sei es mit einzelnen Worten oder ganzen Sätzen, bewusst oder unbewusst. Dieses kann zum einen zur Sicherung der sachfachlichen Inhalte beitragen, zum anderen aber auch zu einem korrekten, möglichst präzisen sowie gedanklich ausgereiften Gebrauch der Fremdsprache“ (Butzkamm 2000: 97) führen, da sprachliche Begriffe häufiger eindeutig geklärt werden können als in Englisch-Englischen Erklärungen.

Interessant ist im Zusammenhang mit der Sprache auch der Umgang mit sprachlichen Fehlern im Unterrichtsgespräch sowie in schriftlichen Leistungskontrollen. Es stellt sich die Frage, ob die Lehrerin im Unterrichtsgespräch sprachlich inkorrekte Schüler- oder Schülerinnenbeiträge unterbrechen soll oder nicht. M. E. gilt es Gedankengänge nicht nur aufgrund sprachlicher Mängel zu unterbrechen, zumal im BiliSFU prinzipiell der korrekten Verwendung der Sprache wesentlich weniger Bedeutung als im Fremdsprachenunterricht³³ beigemessen wird, solange das Verständnis gesichert bleibt (vgl. Ernst 1995: 258ff).

Die Bewertung der mündlichen Leistungen wird ähnlich wie im deutschen Chemieunterricht aufgrund der Qualität und Quantität der Mitarbeit vorgenommen. Diese halte ich am Ende jeder Stunde für mich stichwortartig fest. Bewertet werden soll in diesem Zusammenhang jedoch auch die Arbeitseinstellung während der Stunde, d.h. das Verhalten in den Versuchsphasen, die Hilfsbereitschaft gegenüber anderen sowie das Bemühen um Verständnis des Unterrichtsgegenstandes. Schwächen im Englischen oder häufiges Verwenden des Deutschen sollte nicht negativ bewertet werden. Dies wurde mit den SuS gemeinsam besprochen, wobei ihr Einverständnis dafür eingeholt wurde.

In dieser Lerngruppe wurde abweichend zum normalen Schulalltag festgelegt keine bewertete sondern nur eine unbewertete Leistungskontrolle in Form einer testähnlichen Hausaufgabe durchzuführen. Diese Vereinbarung war Voraussetzung für das Einverständnis der SuS an der Teilnahme an diesem Projekt, da ihnen das Risiko einer dadurch verursachten schlechteren Zensur im Vorfeld verständlicherweise zu groß war. Wir einigten uns darauf, dass sie parallel zur Unterrichtseinheit eine Hausarbeit auf Deutsch zum Themengebiet der Batterien anfertigten. Da es für mich nicht absehbar war, wie die SuS mit dieser neuen Form

des Unterrichts zurecht kommen würden, musste meiner Meinung nach hier in der Planung auf die SuS-Interessen Rücksicht genommen werden.

Mit diesen didaktischen und methodischen Grundlagen der Unterrichtseinheit sollte auch die Lernmotivation gesteigert werden, denn als besonders motivierende Elemente³⁴ gelten der angestrebte Experimentalunterricht, die Verknüpfung von Chemie und Lebenswelt und die Abwechslung der Unterrichtsverfahren (z.B. bilingualer Unterricht) (vgl. Pfeiffer 1996:158ff).

4.7 Lernintentionen

Aus der Planung ergeben sich folgende Lernintentionen: Die SuS sollen

- die drei Themenbereiche der Elektrolyse aus verschiedenen Richtungen beschreiben können, d.h. aus chemischer, technischer, ökologischer und alltäglicher Sicht.
- sich in englischer Sprache über elektrochemische und damit zusammenhängende Sachverhalte äußern können.
- in der Lage sein diese Kenntnisse anzuwenden (z.B. auch durch kritisches Nachfragen bei der Exkursion).
- Textarbeit anhand von sachfachlich fremdsprachlichen Texten üben.
- in der Lage sein Versuche möglichst eigenständig zu planen.
- manuelle Fertigkeiten der Durchführung eigener Experimente erwerben.
- Experimente (in der Fremdsprache) beschreiben und interpretieren.
- kooperatives Arbeiten in allen Phasen des Unterrichtes trainieren.

5. Durchführung und Auswertung der Unterrichtseinheit

Da der Gegenstand der Untersuchung die speziellen bilingualen Effekte der Unterrichtssequenz sind, stehen diese auch im Zentrum der folgenden Darstellung der Durchführung und Auswertung der Unterrichtseinheit; andere pädagogisch reizvolle Effekte können nicht thematisiert werden.

5.1 Untersuchungsschwerpunkte

Entsprechend meiner Motivation für die Unterrichtseinheit - der Wunsch zu sehen, welche Auswirkungen bilingualer Sachfachunterricht Chemie auf den Unterricht hat

– ergaben sich folgende Untersuchungsschwerpunkte, die nun jeweils kurz erläutert werden.

Der Aspekt der „Lernmotivation“

Zunächst erschien es mir sinnvoll mich mit der Motivation der SuS für die Mitarbeit im Chemieunterricht auseinander zu setzen. Ich hatte eine große Lernmotivation der SuS bei meinen Erfahrungen im World Studies Kurs erlebt. Kollegen bestätigten meine Beobachtung, dass dies ein häufig auszumachendes Phänomen des bilingualen Zweiges sei. Nun wollte ich überprüfen, ob dies auch für den Chemieunterricht zutrifft. An dieser Stelle ist u. a. auf den Arbeitseinsatz der SuS sowie auf ihre diesbezüglichen Selbsteinschätzungen einzugehen.

Der Aspekt der „Erarbeitung“

In diesem Kontext ist die Frage zentral, ob die SuS in der Lage waren die chemischen Sachverhalte im fremdsprachlichen Code zu erarbeiten. Es gilt näher zu prüfen, ob die inhaltlichen und sprachlichen Lernziele erreicht wurden. Fragen, die in diesem Zusammenhang gestellt werden, sind:

Wie sind die Schüler mit dem Medium der neuen Sprache umgegangen?

Sind Auswirkungen auf die Begriffsbildung durch die Sprache zu erkennen?

Der Aspekt „Muttersprache“

In diesem Bereich ist die Bedeutung der Muttersprache während der Erarbeitungsphasen genauer zu beleuchten. Es wird untersucht, in welchen Unterrichtsphasen die Muttersprache bzw. für die Migranten das Deutsche eine Rolle spielt. Es soll geprüft werden, inwiefern die Verwendung des Deutschen fördernd oder hinderlich für den Unterrichtsprozess war.

5.2 Verlauf der Unterrichtssequenz und erste Anmerkungen zur Auswertung

Die Unterrichtssequenz dieser Arbeit umfasste dreizehn Schulstunden und eine halbtägige Exkursion.

Im Folgenden möchte ich die organisatorische Vorplanung und den Ablauf der einzelnen Stunden skizzieren; außerdem werde ich kennzeichnen wo und warum ggf. vom voraussichtlichen Verlauf abgewichen wurde³⁵. An einigen markanten Stellen ist aber auch Kritik zu üben und auf Verbesserungsmöglichkeiten hinzuweisen.

Exemplarisch sollen dann im folgenden Kapitel die vierte Stunde sowie die Exkursion detailliert analysiert werden, die vierte Stunde soll den Anfang der UE repräsentieren, während anhand der Exkursion gezeigt werden kann, welche Lernprozesse bis zu diesem Zeitpunkt stattgefunden haben.

5.2.1. Die organisatorische Vorbereitung

Die organisatorische Vorbereitung, unabhängig von den methodischen und didaktischen Vorüberlegungen, wies einige nennenswerte Besonderheiten auf. Zunächst erschien es mir sinnvoll ein solches neues Projekt in einer kleinen Lerngruppe durchzuführen, um möglichst viele Betreuungsmöglichkeiten anbieten zu können. Folglich bemühte ich mich um den Kurs des 13. Jahrganges, der nur zehn SuS umfasste. Da der vorherige Lehrer die Schule gerade verlassen hatte, sollte ich diese Gruppe schließlich sogar eigenverantwortlich übernehmen. Schwierigkeiten ergaben sich durch die Überlegungen des Oberstufenkoordinators, ob es im Sinne der SuS kurz vor dem Abitur zu rechtfertigen sei eine solche Einheit durchzuführen. Gemeinsam entschieden wir uns; dieses mit den SuS zu erörtern und uns ihr Einverständnis für das Vorhaben einzuholen. Nachdem sich jedoch herausgestellt hatte, dass keiner der SuS Chemie als Prüfungsfach wählen wollte, dadurch also keine Ängste bei den angehenden Abiturienten erzeugt wurden, erschien das Problem lösbar. Alle SuS willigten in das Projekt unter der Prämisse ein keine Klausur auf Englisch schreiben zu müssen.

Die zweite Schwierigkeit bestand in der Materialbeschaffung. Nur durch persönliche Kontakte war es möglich englische Schulbücher zu beschaffen³⁶. Dieses an Lernern mit Englisch als Muttersprache³⁷ orientierte Material musste zwar noch für die bremischen SuS didaktisch aufbereitet bearbeitet werden; es stellte jedoch eine sehr gute Basis für den Unterricht dar, weil es, wie von mir angestrebt, multiperspektivisch vorgeht (vgl. Fullick 1994, Ramsden 1994). Der einzige Nachteil bestand darin, dass diese Lehrwerke keine Versuchsvorschriften enthielten, diese also von mir erstellt werden bzw. mit den SuS gemeinsam entwickelt werden mussten.

5.2.2 *Verlauf der Unterrichtseinheit*

Die Einführungsphase der Unterrichtseinheit erstreckte sich über drei Stunden. Die erste wurde zur Einstimmung der SuS auf das Projekt verwendet. Sie bekamen die Aufgabe sich schriftlich zu ihren Erwartungen dem Projekt gegenüber zu äußern (vgl. Anhang). Dieses geschah noch in deutscher Sprache, zur englischen Sprache wurde erst in der folgenden Stunde übergewechselt. Im Anschluss wurden noch in der ersten Stunde Regeln für die folgende Einheit festgelegt, wobei ich die SuS deutlich darauf aufmerksam gemacht habe, dass bei Verständnisschwierigkeiten nachgefragt werden bzw. bei Schwierigkeiten im Ausdruck durchaus das Deutsche

zur Hilfe genommen werden kann und soll. Es galt klarzustellen, dass das Verständnis immer im Vordergrund stehen sollte. Die Resonanz hierauf war durchweg positiv, so dass alle SuS Neugierde und Lust auf das Projekt äußerten. Dennoch konnte ich vor allem bei den schwächeren SuS verstärkt Befürchtungen wie Angst vor Verständnis- oder vor Formulierungsschwierigkeiten feststellen, welche sich auch in ihren Erwartungen schriftlich niederschlugen (vgl. Anhang). Dies bestätigte mich in meiner Planung eine intensive sprachliche Einführung durchzuführen.

Hierfür sah ich eine Doppelstunde vor, in der sich die SuS sprachlich in das Thema einarbeiten konnten. Dieses geschah anhand eines englischsprachigen Textes, dessen Inhalte den SuS bekannt waren, so dass sie nicht mit zu viel Neuem überfordert und dadurch ihre Anfangsmotivation genommen wurden. Die neuen Begriffe wurden in Gruppen („Clustern“) an der Tafel zu den Themengebieten allgemeine Ausdrücke (to label, to occur...), allgemeine chemische Ausdrücke (beaker, hydrogen, equation, ...) und speziell elektrochemischen Ausdrücken (half-cell, voltage, current,...) sortiert. Damit konnte den SuS eine Vorstrukturierung gegeben werden, die das Lernen der englischen Ausdrücke erleichterte. Die Lernenden arbeiten konzentriert die Texte durch und waren auch in der Sammelphase, obwohl diese aufgrund einiger Wortklärungen sehr lange dauerte, bis zum Schluss aktiv am Unterrichtsgeschehen beteiligt. Möglicherweise ist dieses im deutschen Unterricht eher untypische Verhalten darauf zurückzuführen, dass die SuS es als eine Notwendigkeit sahen sich in einem Schnellkurs einige wichtige Vokabeln anzueignen (vgl. die Resümees im Anhang).

In der darauffolgenden Stunde wurde durch die Beschäftigung mit einer versilberten Gabel in die Elektrolyse eingeführt, welches den Anfang der Erarbeitungsphase der Unterrichtseinheit darstellte. Dieser Alltagsbezug diente zur Verknüpfung der ersten Erkenntnisse mit bestehenden Wissensstrukturen der SuS (vgl. didaktische Überlegungen). Die SuS lernten im SuS-Versuch die Versilberung als ein Verfahren der Galvanotechnik kennen (vgl. 5.2.3). Der so eingeführte Prozess der Elektrolyse wurde durch die Gegenüberstellung mit dem galvanischen Element in der folgenden Stunde weiter vertieft. Die unmittelbar im Anschluss an den Versuch formulierte Hypothese „In this reaction, more silver is deposited in the same amount of time, when an external electricity source is used and the standard potential of the galvanic cell is lower than the voltage of the electrolytic cell“ wurde nun wieder

aufgenommen. Die SuS hatten die Aufgabe ein diese Hypothese überprüfendes Experiment zu entwerfen, welchem die SuS mit nur wenigen Lehrerinnen-Impulsen eigenständig nachkamen. In ihren Überlegungen hierzu hielten sie fest, dass die angelegte Spannung höher sein müsse als die Zellspannung des galvanischen Elements. Bei der Durchführung des Experimentes, welches ursprünglich als Demonstrationsexperiment geplant war, zeigte sich der Vorteil einer so kleinen Gruppe. Je fünf SuS kümmerten sich um das jeweilige Vergleichsexperiment, die in der Nähe voneinander vor der Tafel aufgebaut wurden. Hier bewährte sich die hervorragende selbstständige Arbeitsweise der SuS, wobei darüber hinaus die Leistungsstärkeren den -schwächeren auch immer wieder die Vorgänge erklärten. Im Gegensatz zu den SuS Versuchen der vorherigen Stunde verliefen die Gespräche hier hauptsächlich auf Englisch, was sicherlich auch durch meine betreuende Nähe hervorgerufen wurde. In der gemeinsamen Auswertung stellten die SuS fest, dass das Ergebnis dieses Versuches die Hypothese bestätigte. Zur Sicherung der Ergebnisse dieses selbstentwickelten Versuches, musste ein umfangreiches Protokoll erstellt werden. Da ich in der vorherigen Stunde festgestellt hatte, dass den SuS dieses schwer fiel, wurde ausführlich an der Tafel ein gemeinsames Protokoll angefertigt, was jedoch deutlich mehr Zeit in Anspruch nahm, als ich geplant hatte. Die Fehlerbetrachtung, eine Zusammenfassung der Erkenntnisse über die Elektrolyse³⁸, die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit und der ökologischen Implikationen³⁹ des Verfahrens sowie weitere Beispiele der Galvanotechnik mussten folglich entgegen der Planung auf die folgende Stunde verschoben werden. Um aber sicher zu gewährleisten, dass der neue Begriff der Elektrolyse auch tatsächlich mit Inhalt gefüllt wurde, war ein intensives gemeinsames Erarbeiten des Protokolls sehr hilfreich. Schwierig ist hier zu entscheiden, ob dieser Prozess aufgrund von Sprachschwierigkeiten oder genereller Probleme mit dem Thema verlangsamt wurde, zumal auch Glöckner in diesem Zusammenhang von Problemen im deutschen Chemieunterricht berichtet (1994: 319). Diese Verschiebung führte dazu, dass erst in der achten Stunde mit der Bearbeitung einer weiteren Anwendung, mit der Chloralkali- Elektrolyse, begonnen werden konnte (vgl. Tabellarische Darstellung). Die Auseinandersetzung mit weiteren Anwendungen sollte zu einer vertieften Beschäftigung mit dem Lernstoff führen und den Unterrichtsabschnitt der Galvanotechnik beenden.

Tabellarische Darstellung der tatsächlich durchgeführten Unterrichtseinheit

Stunde	Datum	Unterrichtsinhalt	Material
1.	14.11.2000	<ul style="list-style-type: none"> Information über das geplante Projekt SuS formulieren Erwartungen 	
2.+3.	17.11.2000	<ul style="list-style-type: none"> Redox reactions and electrode potentials 	Arbeitsbögen 1-6
4.	21.11.2000	<ul style="list-style-type: none"> Silverplating 	Silbergabel, Experimentieranleitung, Chemikalien, Geräte
		<ul style="list-style-type: none"> Hausaufgabe: Protokoll schreiben 	
5.+6.	24.11.2000	<ul style="list-style-type: none"> Galvanic silverplating vs. Electrolytic silverplating 	Arbeitsbogen 7, Chemikalien, Geräte
7.	28.12.2000	<ul style="list-style-type: none"> Applications of electroplating 	Arbeitsbogen 8
8.	05.12.2000	<ul style="list-style-type: none"> Electrolysis of brine, Historischer Exkurs: Faraday 	Arbeitsbogen 9
10.+11.	08.12.2000	<ul style="list-style-type: none"> Electrolysis of brine The chlor-alkali industry – The perfect process? (Abgabe der schriftlichen Leistungskontrolle „Batterien“) 	Chemikalien, Geräte, Informationsbogen
		<ul style="list-style-type: none"> Hausaufgabe: The BAYER-Process 	Arbeitsbogen 10+10a
12.	12.12.2000	<ul style="list-style-type: none"> The BAYER-Process Electrolysis of aluminium Historischer Exkurs: Hall 	Arbeitsbogen 11
		<ul style="list-style-type: none"> Hausaufgabe: Fragen für die Exkursion entwickeln 	Arbeitsbogen 11
	15.12.2000	<ul style="list-style-type: none"> Exkursion zu dem VAW-Aluminiumwerk in Stade 	
13.	18.12.2000	<ul style="list-style-type: none"> Auswertung der Exkursion Test als Hausaufgabe Rückgabe der schriftlichen Leistungskontrolle „Batterien“ 	Test
14.	09.01.2001	<ul style="list-style-type: none"> SuS formulieren ihr Resümee über das Unterrichtsprojekt 	

Anhand eines umfangreichen Arbeitsblattes mit entlastenden Vokabeln und die Auswertung unterstützenden Arbeitsaufträgen wurde in ein neuen Unterrichtsstunde das Amalgam-Verfahren erarbeitet. Ein Versuch, die schwächeren SuS bei der Reproduktion mit einzubeziehen, stieß auf Ablehnung.⁴⁰ Nachdem schließlich andere SuS den Prozess der Chlor- und Natronlauge-Herstellung dargestellt hatten und auf Basis ihrer Ausführungen ein Tafelbild erstellt worden ist, konnte zu einer multiperspektivischen Betrachtung dieses Vorganges aus ökologischer, ökonomischer und medizinischer Sicht übergegangen werden. Nun beteiligten sich auch die schwächeren SuS und äußerten sich z.B. über mögliche

Quecksilbervergiftungen und hohen Energieverbrauch. Zur Sicherung dieser Inhalte wurde in der nächsten Stunde mit Hilfe eines Informationsblatts die ökologischen und ökonomischen Betrachtungen noch einmal zusammen gefasst. Bei dieser Bestandsaufnahme kam es zu einer negativen Bewertung des Amalgamverfahrens. Die anschließende Suche nach Alternativen mündete in eine Betrachtung des alternativen Membranverfahrens, welches sich als Skizze auf dem Informationsblatt befand. Die SuS entwickelten hierauf aufbauend einen Versuchsaufbau, in dem das Membranverfahren mit schulischen Mitteln nachgestellt werden konnte.

Die SuS, besonders auch einer der schwächeren, hatten gute Ideen, die zudem - abgesehen von Sicherheitsmaßnahmen zum Auffangen des Chlors - einer von mir vorbereiteten Apparatur entsprachen. Der Versuch wurde als Demonstrationsexperiment im fahrbaren Abzug durchgeführt, wobei es für alle SuS möglich war sich um das Experiment herum zu stellen. Aufgabe war es dann ein Protokoll mit Material, Sicherheits- und Entsorgungsaspekten, einer Zeichnung der Apparatur, Durchführungsbeschreibung, Beobachtung und Ergebnissen in Kleingruppenarbeit zu verfassen. Diese Arbeit wurde mit Begeisterung und sehr gewissenhaft von allen SuS ausgeführt. Für die Einführung in die Aluminium-Herstellung, die Gegenstand der sich anschließenden Exkursion war, blieb aufgrund der Verzögerung am Anfang nur eine Schulstunde. Von daher beauftragte ich die SuS sich zu Hause anhand von zwei Arbeitsbögen die Aufbereitung des Aluminiumoxids für die Elektrolyse zu erarbeiten (vgl. das „Bayer-Verfahren“, Arbeitsbogen 10 +10a im Anhang). In der Stunde selbst wurde ein Fließschema an der Tafel für die einzelnen Schritte der Aufbereitung entwickelt und anhand einer Overheadfolie mit Hilfe eines Arbeitsblattes (vgl. Arbeitsblatt 11) der Prozess der Aluminium-Elektrolyse vorgestellt. Zu Hause sollten die SuS sich diesen Schnelldurchlauf noch einmal vergegenwärtigen und Fragen entwickeln, die während der Exkursion geklärt werden könnten. Diese Aufgabe stellte sich als sehr sinnvoll heraus, denn die SuS waren in der Lage, während der Exkursion vgl. (5.2.4) sowohl bei einem einführenden Vortrag und Film als auch während des Rundganges kompetente Fragen zu stellen.

In der letzten Stunde vor den Ferien gab es Gelegenheit nachbereitend weitere Fragen zu klären und die Eindrücke der Exkursion zu verarbeiten. Hier wurden noch einmal die Standortfaktoren in Stade in den Mittelpunkt gestellt, die dann auch Inhalt des Tests sein sollten. In dieser Stunde wurde noch einige Zeit für Notenbesprechung

und Rückgabe der parallel zur Unterrichtseinheit erarbeiteten Hausarbeiten als Leistungsnachweis verwendet, so dass ein gemeinsamer Rückblick auf die Unterrichtseinheit erst nach den Ferien erfolgen konnte. In dieser Stunde nach den Ferien, die eigentlich schon zum nächsten Halbjahr gehörte, händigten mir die SuS die über die unterrichtsfreie Zeit erstellten freiwilligen Tests aus (siehe Anhang). Nach einem kurzen mündlichen Gedankenaustausch fertigten sie schließlich schriftliche Resümees zur Auswertung an. Hier zeigten sich die SuS überwiegend enttäuscht, dass das Projekt zu Ende war, denn es hatte sie offenbar sehr angesprochen. Meines Erachtens wurde dieses auch durch die überdurchschnittliche Vor- und Nachbereitung der Stunden, die Bereitschaft zusätzlich eine parallel laufende Leistungskontrolle durchzuführen sowie durch die Stellungnahmen in den Resümees untermauert.

5.2.3 Darstellung der vierten Stunde

Nachdem in den ersten drei Stunden organisatorisch und sprachlich in die Unterrichtseinheit eingeführt wurden, kam es in der vierten Stunde zur ersten inhaltlichen Arbeit und damit auch zum ersten Mal zu bilinguaem Sachfachunterricht mit der Erarbeitung neuer Inhalte. In der folgenden Abhandlung sei anhand dieser Stunde eine Analyse aller Beobachtungsschwerpunkte durchgeführt.

Durchführung

Anhand der Eingangsfrage: „Wie stelle ich fest, ob eine Gabel versilbert ist?“ beschäftigten sich die SuS zunächst mit der Beschaffenheit eines Alltagsgegenstandes. Über Volumen und Dichte konnte nachgewiesen wurde, dass die vorliegende Gabel nicht zu 100% aus Silber bestand. In einem kurzen Gespräch untereinander machten sich die SuS nun Gedanken über die Art und Weise wie die Versilberung stattfinden könnte. Dabei äußerten die SuS zwei Hypothesen (Zitat1)⁴¹:

S 1⁴²: „You could melt the silver and dip the metal into it.“

S 2: „But this would be very uneven!“

S 3: You could take a hammer to make it even.“

S 4: „Or you can put a circuit on the thing and then the silverions could ähh...[Schülerin schaut in die Vokabelliste] deposit on it.“

L: „What do you mean by thing?“

S 4: „The base, steel or something“

(S=Schüler oder Schülerin, L=Lehrerin)

Anschließend wurde geklärt, dass eine geeignete Basis für die Versilberung gefunden werden muss, die die gewünschte Grundform sowie eine glatte Oberfläche hat und entsprechend gereinigt sein muss. Die SuS wurden weiter von mir darüber

informiert, dass man häufig eine Kohlelektrode neben der zu versilbernden Elektrode verwendet. Die Elektronen werden nicht wie bei dem galvanischen Element von der weniger edlen Elektrode geliefert, sondern von der Stromquelle.

Daran anschließend erfuhren die SuS von mir, dass man zur Herstellung von versilberten Gegenständen tatsächlich einen Stromkreis benötigt, man allerdings eine externe Spannungsquelle zusätzlich verwendet. Der zentrale Begriff der Elektrolyse wurde nun eingeführt und an der Tafel festgehalten, ohne ihn konkret zu definieren. Nach Aushändigung und Besprechung der Versuchsanleitung, der notwendigen Sicherheitsvorkehrungen und Entsorgungshinweise konnten die SuS im SuS-Versuch das Verfahren selbst ausprobieren. Die SuS experimentierten in drei Gruppen in ihren gewohnten Konstellationen, die sowohl hinsichtlich des Sprach- als auch des Leistungsniveaus heterogen waren. Dies führte zu verschiedenen Möglichkeiten von Lernprozessen zwischen den SuS.

Zur Dokumentation dieser Prozesse ein sprachliches Beispiel (Zitat 2):

[SuS stehen an der Waage und wiegen die Kupferplatte aus.]

- S2: „Write down the value!“
S5: „The volume? Versteh ich nicht“
S2: „Value! das heißt Wert!“
S5: „Ach so.“

Und ein sachfachliches Beispiel (Zitat 3):

- S5: „Wie stöpseln wir nun die Kabel?“
S2: „Der negative Pol muss an der Kupferelektrode sein!“
S5: „Wieso?“
S2: „Weil die Elektronen doch zu den Silber- Ionen müssen.“

Zum Abschluß der Versuchsphase bekamen die SuS die Hausaufgabe den Versuch zu protokollieren. Als Hilfe für die Auswertung skizzierte an dieser Stelle ein Schüler den Aufbau an der Tafel. Gemeinsam bestimmten die Lernenden die Fließrichtung der Elektronen.

Hier exemplarisch ein Auszug aus dem Gespräch (Zitat 4):

- S4: „The electrons are provided by the external electricity source. They flow towards the copper electrode and give the silver ions electrons. Die werden da reduziert.“
L: „They get reduced, yes that’s correct.“

Am Ende der Stunde wurde von mir die Frage in den Raum gestellt, ob dieses auch ohne Stromquelle funktioniert hätte. Bisherige Schülererkenntnisse konnten so wieder aktiviert werden, denn sie kannten derartige Ablagerungen bereits aus vorherigen Versuchen im Zusammenhang mit den galvanischen Elementen. Die so provozierte Problematisierung war dann Grundlage für eine Hypothesenbildung zu der Frage: „Warum verwendet die Industrie eine externe Stromquelle?“. Am Ende der vierten Stunde stand die Hypothese „In this reaction, more silver is deposited in

the same amount of time, when an external electricity source is used and the standard potential of the galvanic cell is lower than the voltage of the electrolytic cell.“ Sie wurde in der folgenden Stunde wieder aufgenommen, in dessen Zentrum ein praktisches Experiment zur Überprüfung derselben stand.

Analyse:

Zunächst ist festzustellen, dass diese Stunde nach Plan verlaufen ist (Ist das ‚ne wichtige Feststellung?? Soll immer alles nach Plan laufen??). Die SuS waren hoch motiviert, was sich durch eine intensive und konzentrierte Mitarbeit in allen Phasen niederschlug. Insbesondere die Motivation die fremde Sprache auszuprobieren war hoch, denn alle SuS verwendeten während der gemeinsamen Phasen das Englische, während in den Gruppenarbeitsphasen beide Sprachen verwendet wurden. Die beobachtete Auseinandersetzung um die ähnlichen Begriffe value/volume in der Gruppenarbeit zeigt m.E. das schon in der Literatur erwähnte Potenzial der „Sprachlernprozesse“ auf.

Im folgenden Abschnitt werde wird anhand einer chronologischen Betrachtung exemplarisch aufgezeigt, welche Erarbeitungsprozesse zu beobachten waren.

Am Anfang dieser Stunde hat – wie oben geschildert - ein alltagsbezogener Einstieg stattgefunden. Trotz des Umstandes, dass in diesem Abschnitt zum ersten Mal eine Unterhaltung auf Englisch über einen neuen Sachverhalt zu führen war, gelang es den SuS diese Aufgabe zu meistern, was ich auf folgendermaßen erkläre: Zum einen ermöglichte der Bezug zum Alltag es den SuS auf bekanntes Vokabular zurückzugreifen. Zum anderen standen ihnen die in der letzten Stunde neu erlernten Vokabeln in Form von Wortlisten zur Verfügung und konnten gleich zum ersten Formulieren von Zusammenhängen genutzt werden. Diese Phase diente auch dazu, vorhandenes Wissen zu reaktivieren und Vernetzungsmöglichkeiten für den neuen Unterrichtsstoff zu schaffen.

Nachdem sich die SuS in dieser Phase eine Vorstellung von der Beschaffenheit einer versilberten Gabel gemacht hatten, konnte daran eine Einführung in das entsprechende industriell relevante Verfahren erfolgen. Eine solche deduktive Einführung war notwendig, da die SuS noch über kein Vorwissen hinsichtlich der Elektrolyse verfügten. Das Elektrolyseverfahren sollte dann durch die selbsttätige Erprobung vertieft werden. Exemplarisch kann hier von einer SuS-Gruppe berichtet werden, in der eine solche vertiefte Auseinandersetzung stattgefunden hatte (vgl. Zitat 3). Einer Schülerin (S2) dieser Gruppe war schon in der Einführung das Prinzip

des Elektronenflusses der Elektrolyse klar geworden, sie konnte dieses Erkenntnis sowohl gleich richtig anwenden als auch an eine schwächere Schülerin (S5) weiter vermitteln. Interessant ist hier die einfache Sprachebene, die sie wählte, um ihrer Mitschülerin die Frage zu beantworten. Ihr ansonsten jedoch durchaus elaborierter Code zeigt sich in ihrer Bemerkung am Stundenende (vgl. Zitat 3). Dies hier stattfindende Wissensaustausch erfolgte auf deutsch. Ob die Probleme der schwächeren Schülerin (S5) aus der sprachlichen oder der chemischen Seite des Sachverhaltes resultierten, ist an dieser Stelle nicht eindeutig festzustellen. In ihrem Test zeigt sich auf jeden Fall, dass am Ende der UE dieser Sachverhalt von ihr zufriedenstellend beherrscht wurde (vgl. Test).

Zur Verankerung dieser ersten Erfahrungen mit Elektrolyse wurde am Ende der Stunde versucht einen Konflikt⁴³ auszulösen. Die SuS hatten als Ausgangspunkt zwei Systeme, das altbekannte des galvanischen Elementes und das neue der Elektrolyse. Da ich nicht davon ausging, dass die SuS sich schon tiefer mit dem Grund der Verwendung der Elektrolyse anstelle des galvanischen Elements auseinandergesetzt hatten, versuchte ich diese Auseinandersetzung zu provozieren. Mit der Erinnerung an ein Experiment, wo sich Kupfer in einem galvanischen Element an einer Eisenelektrode abgeschieden hatte, kam die von mir intendierte Verwunderung auf: „Wieso setzt man Strom ein, wenn es gar nicht nötig ist? Das ist doch betriebswirtschaftlich unsinnig!“

Die anschließende Hypothesenbildung: „In this reaction, more silver is deposited in the same amount of time, when an external electricity source is used and the standard potential of the galvanic cell is lower than the voltage of the electrolytic cell“ war der erste Teil der Erarbeitung des Begriffs der Elektrolyse, der in der nächsten Stunden fortgesetzt wurde.

Die von Pfeiffer (1996: 97) als für die Begriffsbildung für sinnvoll erachteten Denkoperationen des Vergleichens und Differenzierens sollten an dieser Stelle durch den Einstieg in den Vergleich Elektrolyse/galvanisches Element eingeleitet werden. Ich hielt diesen langsamen Einstieg für angemessen, um den SuS Zeit zu geben sich sowohl sprachlich als auch inhaltlich mit dem Begriff auseinander zu setzen (vgl. Didaktische Überlegungen). Das Festhalten einer Definition an der Tafel, welches am Ende eines Begriffsbildungsprozesses stehen sollte (98), erfolgte erst in der 7. Stunde, dort als Abschluss des Themengebietes Versilberung als Beispiel der Galvanisierung.

Die Muttersprache bzw. für die drei migrierten SuS das Deutsche spielte die größte Rolle während der selbstständigen Phasen. Hier konnte mit der vertrauten Sprache erneut nachgefragt werden (vgl. Zitate 1 und 2) und es bestand dadurch die Möglichkeit zur Entspannung. Dennoch mischten sich englische Begriffe oder ganze englische Sätze in die Konversation. Dies Phänomen, von den Sprachwissenschaftlern „code-switching“ genannt, ist ein entspannter Umgang mit der neuen Sprache, der häufig bei engagierten Auseinandersetzungen mit dem Thema erfolgt. Dies ist fremdsprachlich kaum zu entlasten und für die inhaltliche Arbeit in dem Moment somit unerlässlich (Thürmann 2000: 86). Meines Erachtens baut das Akzeptieren von „code-switching“ die Angst vor Fehlern ab und führt zu einem angstfreien Gebrauch der Sprache, welches das Sprachlernen unterstützt.

„Code-switching“ zeigte sich darüber hinaus auch bei Gesprächen in der Gesamtgruppe (vgl. Zitat 3). Auch hier erschien es im Interesse des Sachfachlernens wichtiger zunächst den Inhalt zu sichern. Wortschatzarbeit konnte dann nach Abschluss des inhaltlichen Prozesses erfolgen. Obwohl die SuS an einigen Stellen auf die deutsche Sprache zurückgriffen, war es offensichtlich ihr Wunsch das Formulieren in der Fremdsprache zu versuchen.

5.2.4 Beschreibung der Exkursion

Die Exkursion bildet zusammen mit den Auswertungsstunden den Abschluss der Unterrichtseinheit. Die SuS haben an diesem Punkt schon einige Erfahrungen mit dem bilingualen Chemieunterricht gesammelt und es können nun die verschiedenen Untersuchungsschwerpunkte erneut überprüft und mögliche Veränderungen herausgestellt werden.

Durchführung

In der Stunde vor und in der Hausaufgabe zur Exkursion setzten sich die SuS vorbereitend mit dem Bayer-Verfahren zur Bauxitaufbereitung sowie der Aluminiumelektrolyse auseinander. Ausgestattet mit einem Fließschema der Bauxitaufbereitung und einer Skizze der Elektrolysezelle besichtigten wir am 15.12.2000 von 8.00 - 14.00 Uhr das Aluminiumwerk (VAW) in Stade und die auf dem gleichen Gelände liegende Bauxitaufbereitung (AOS). Mit der Ansprechpartnerin des Aluminiumwerks war abgesprochen, dass die Führung auf Englisch stattfinden sollte. Von einer jungen Verfahrens-Ingenieurin wurden wir zu Beginn des Besuchs in einem Vortragssaal in die speziellen technischen Voraussetzung der Aluminiumproduktion eingewiesen. Ein einführender englischer

Film, der in die drei Abschnitte Anodenproduktion, Bau der Elektrolysezelle, Probleme während der Produktion⁴⁴ geteilt war, wurde von unserer Betreuerin mehrfach unterbrochen, um den SuS Zeit für Nachfragen zu geben.

Des Weiteren wurden betriebswirtschaftliche Bedingungen der Produktion und diesbezügliche Besonderheiten des Standort Stade erläutert. Die Ingenieurin verdeutlichte, dass der Betrieb stark abhängig von den Strompreisen sei und stellte Bezüge zu gerade stattgefundenen politischen Gesprächen über die Energiepreise her.

Dieser erste Teil dauerte etwa eine Stunde. Daran anschließend wurden wir zu Fuß durch eine Halle der Anodenproduktion geführt. Die enormen Ausmaße des Gebäudes ließen die Größe einer technischen Umsetzung von Versuchen im Labormaßstab zum ersten mal spüren. Die Kohleanoden waren ca. 3x1,5x1,5 Meter und wurden gerade dem Brennofen entnommen. Die SuS konnten sich in die Nähe stellen und sich noch an ihnen wärmen. Von hier ging es weiter in eine Halle mit ca. 200 Elektrolysewannen. Es war uns möglich die glühende Elektrolytlösung zu sehen und dem Aufstechen einer verhärteten Elektrolytlösung bei zu wohnen.

Anschließend gelangten wir zur Aufbereitung des erzeugten Aluminiums, das hier für die Abnehmer wunschgemäß mit entsprechenden Zusätzen versehen wurde, wie z.B. Mangan oder Magnesium, um entsprechende Eigenschaften des Werkstoffes zu erhalten.

Abschließend fand eine Rundfahrt über das Gelände der Bauxitaufbereitung, welches zu einer anderen Firma (AOS) gehört, statt. Unsere Betreuerin begleitete die Fahrt mit englischen Kommentaren. Die SuS sahen u. a. die riesigen Röhren für den Natronlaugeaufschluss, die Behälter für das Filtern und die Türme für die Calcinierung. Auch hier bot sich den SuS die Gelegenheit, viele kompetente Fragen zu stellen. Mit einem Essen in der Kantine endete unser Besuch.

Analyse

Die besondere Lernsituation der Exkursion hatte einen sehr positiven Einfluss auf die Lernmotivation der SuS. Sichtbar wurde dies im Vorfeld der Exkursion unter anderem durch die im Kurs gezeigte Freude als ich ihnen mitgeteilt habe, dass die Exkursion stattfindet. Außerdem hatten alle SuS in der Vorbereitungsstunde auf die Exkursion sich mit dem schwierigen Text über das Bayer-Verfahren auseinandergesetzt und wir konnten in der Stunde einen umfangreichen Überblick

über die verschiedenen Verfahrensschritte vom Bauxit bis zum reinen Aluminium gewinnen.

Diese Bereitwilligkeit sich mit dem komplizierten Lernstoff auseinander zu setzen, wirkte sich auch positiv auf den Verlauf der Exkursion aus. Alle zehn SuS waren anwesend und die meisten hatten sich zu Hause auf die Exkursion vorbereitet, indem sie Fragen formuliert hatten.

Während der Exkursion herrschte eine produktive Atmosphäre; die vorab entwickelten, aber auch neuen Fragen wurden in den verschiedenen Phasen der Exkursion gestellt und ließen angeregte Gespräche z.B. über die Probleme bei der Elektrolyse entstehen.

So wurde gefragt, mit welchen anderen Betrieben hier im Umkreis zusammengearbeitet würde. Hier stellte sich heraus, dass die Natronlauge für die Bauxitaufbreitung direkt aus der Chloralkali-Elektrolyse von der DOW in unmittelbarer Nachbarschaft bezogen wird. Leider konnte die Ingenieurin den SuS nicht darstellen, mit welchem Verfahren die DOW arbeitet, eine Frage, die die SuS in Bezug auf die eigene Auseinandersetzung mit den Vor- und Nachteilen der Chloralkalielektrolyse gerne beantwortet gesehen hätten. Es zeigte sich, dass die Anwesenheit des Lerngegenstandes eine intensive Auseinandersetzung mit dem Lernstoff hervorrief.

Eine weiterer inhaltlicher Aspekt dieser Exkursion ergab sich durch die Beobachtung der Arbeiter. Dabei erhielten die SuS Eindrücke über eine ihnen völlig unbekanntere Arbeitswelt und setzten sich mit den Arbeitsbedingungen auseinander (z.B. Staubbelastungen).

Dass diese Eindrücke der Exkursion nachhaltig waren, zeigte sich in den Kommentaren der Resümees:

Zwei sehr gute Schülerinnen sagten

(S7): Einige Versuche und die Exkursion nach Stade haben den Unterricht aufregender gestaltet.

(S4): Die Fahrt nach Stade war sehr lehrreich und hat auch Spaß gemacht und Einblicke in bisher unbekanntere Arbeitsbereiche ermöglicht.

Aber auch eine schlechtere Schülerin bemerkte Wesentliches:

(S10): Aber auch der Ausflug nach Stade hat mir sehr gut gefallen. Auch wenn man dort nicht viel verstehen konnte, erlebte man den Chemieunterricht in der Realität viel intensiver und bereichernder als je zuvor.

Die schlechtere Schülerin hatte zwar vermutlich inhaltliche Verständnisschwierigkeiten, die sie demnach wahrscheinlich auch auf Deutsch gehabt hätte. Dennoch wurde ihr die Chemie zumindest näher gebracht.

Die Leistungen des Testes zeigen dem entsprechend auch, dass es allen möglich war, wesentliche Gedanken und Prozesse der Exkursion wiederzugeben und zu verarbeiten (vgl. Tests).

Unterstützt wurde dieser Lernprozess auch dadurch, dass die SuS die Erlebnisse bei dem Rundgang emotional sehr beeindruckend empfanden: Die brodelnde Aluminiumschmelze mit der Hitze, die sie ausstrahlte, wurde in der Nachbesprechung immer wieder als nachhaltiges Erlebnis geschildert (siehe auch Fotos im Anhang).

Es ist anzunehmen, dass es durch ein solches Zusammenspiel zwischen emotionalen Erlebnissen und Lernstoff zu einer vertieften Verankerung des Wissens kommt (vgl. Meyer 1987: 402).

Problematisch erwies sich die Lautstärke in den Hallen sowie eine Zerstreuung der Gruppe an manchen Punkten, welches einigen SuS das Zuhören erschwerte. In einer folgenden Exkursion wäre mehr darauf zu achten, dass die Informationen an ruhigen Orten, wo sich alle versammeln können, gegeben werden.

Die SuS bedienten sich – abgesehen von einigen eingestreuten deutschen Vokabeln (vgl. 5.2.3 „code-switching“) - fast ausschließlich des Englischen . Es zeigte sich, dass die meisten SuS in der Lage waren die erlernten Begriffe anzuwenden, ohne in „Spickzettel“ schauen zu müssen. In den Gesprächen untereinander dominierte das Deutsche, sobald aber gemeinsame Momente kamen (wenn man zusammen an einem Geräteteil stand), wurde wieder ins Englische gewechselt.⁴⁵ Ich halte diese deutschen Phasen für notwendig, da die SuS sich untereinander austauschen, Fragen klären und neue Fragen entwickeln können. Aber auch hier muss eingeräumt werden, dass zwei der vier schwächeren SuS keine Fragen direkt an die Ingenieurin gestellt, sondern sich ausschließlich über ihre Mitschüler und Mitschülerinnen, aber auch mich informiert haben. Für sie war die Sprache an dieser Stelle erschwerend, während die anderen SuS souverän und ohne Schwierigkeiten in der Fremdsprache agierten.

6. Abschließende Reflexion des Pilotprojektes einer bilingualen Unterrichtseinheit zum Thema Elektrochemie in einem Grundkurs Chemie der Jahrgangsstufe 13

Abschließend möchte ich nun zusammenfassend auf die verschiedenen Untersuchungsschwerpunkte eingehend und einen Ausblick wagen.

Bezüglich der Lernmotivation zeigen die Untersuchungen , dass diese bei den SuS während der gesamten Unterrichtseinheit verstärkt vorhanden war, welches sich

durch eine erhöhte Aufmerksamkeit, die ständige Unterrichtsvor- und Nachbereitung und die intensive Bearbeitung der testähnlichen, aber freiwilligen unbenoteten Hausaufgabe zeigte). Parallel zu diesen ohnehin erhöhten Aktivitäten erarbeiteten die SuS die vereinbarte schriftliche Leistungskontrolle in Form von schriftlichen Referaten über Batterien. Dass die Lernbereitschaft der SuS trotz der sich hieraus ergebenden Doppelbelastung, die aufgrund der besonderen Situation entstanden war, dennoch so hoch war, zeigt umso deutlicher, wie motiviert die SuS an dieses Projekt herangegangen sind.

Untersucht man die SuS-Erwartungen und ihre eigenen Resümees zum Verlauf der Unterrichtseinheit stellt man fest, dass sie mit Neugierde und Spannung an das Projekt herangegangen sind und dass diese beiden Haltungen auch bis zum Ende überdauert haben. Hervorzuheben ist, dass gerade auch die sowohl im sprachlichen als im inhaltlichen schwächeren SuS diese Neugierde äußerten und in den Resümees sehr differenziert über die eigenen Probleme mit der Unterrichtsform, aber auch über positive Erfahrungen berichteten. Der überwiegende Teil nannte hingegen keine nennenswerten Probleme. Die meisten SuS waren vielmehr überrascht, mehr als erwartet verstanden zu haben. Dennoch hatten zwei Schülerinnen (S9 und S10) das Gefühl, weniger als sonst verstanden zu haben, was sich in den Tests aber nicht bestätigte. Die Leistungen entsprachen vielmehr jenen des vorherigen Unterrichts (vgl. Anhang 2). Ein schwächerer Schüler (S1) war überdurchschnittlich beeindruckt vom Unterricht und schilderte seinen erhöhten Arbeitseinsatz. Damit einhergehend konnte eine Leistungssteigerung wahrgenommen werden: Trotz seiner sprachlichen Schwächen nahm er immer wieder aktiv und konstruktiv am Unterricht teil (siehe auch Zitat 1). Dies führte zu einer deutlichen Verbesserung seiner mündlichen Leistung. An dieser Stelle wird eine Verzahnung der Aspekte Lernmotivation und Erarbeitung deutlich, denn sein erhöhter Arbeitseifer führte zu einer verbesserten Erarbeitung der Sachverhalte.

Dieser Einzelfall verdeutlicht meine Erfahrung, dass alle SuS in der Lage waren sich den chemischen Lernstoff aus verschiedenen Perspektiven im fremdsprachlichen Code zu erarbeiten und ihn auch in der Fremdsprache zu beschreiben. Schwierigkeiten traten bei zwei SuS mit geringeren fremdsprachlichen Fähigkeiten auf (analog zur Eigenwahrnehmung der SuS). Ihre mündliche Aktivität nahm im Vergleich zum deutschen Unterricht ab. Dennoch ließ sich in den Ergebnissen ihrer

freiwilligen Tests eine Fähigkeit zur Umsetzung des Lernstoffes in englische Texte erkennen, die diese mündliche Schwäche keinesfalls mehr widerspiegeln.

Insgesamt sind aber nur die mündlichen Leistungen in die Bewertung der SuS während dieser Unterrichtseinheit eingegangen. Der freiwillige Test wurde aufgrund der Vereinbarungen mit den SuS nicht mit in die Bewertung einbezogen. Die sprachlichen Leistungen sind zwar von mir beobachtet worden, werden aber wie im BILISFU üblich ebenfalls nicht mit in die Bewertung aufgenommen.

Die intensiv durchgeführten Phasen der gemeinsamen Sicherung von Ergebnissen der Textarbeit haben ihre Rolle der Einführung von englischer Terminologie und der chemischen Fachsprache erfüllt. Den SuS ist klar geworden, dass viele naturwissenschaftliche Begriffe sehr ähnlich wie im Deutschen sind. Folglich waren sie von Anfang an mutig in der Übertragung von deutschen Begriffen ins Englische. Ihre Kreativität im Gebrauch der Fremdsprache sowie in der Verwendung neuer Vokabeln konnte also durch die bilinguale Unterrichtseinheit gefördert werden. An einigen Stellen zeigte sich zwar, dass eine weitere Vokabelentlastung der Texte noch machbar gewesen wäre, doch war es möglich diese lexikalischen Probleme spontan im Unterricht zu lösen.

Im Rahmen der Unterrichtseinheit wurden drei Versuche durchgeführt, zwei schüleraktiv und einer lehreraktiv gestaltet. Die SuS konnten hier zeigen, dass sie in der Lage waren eine englische Versuchsanleitung in einen SuS-Versuch umzusetzen und darauf aufbauend ein Folgeexperiment selbstständig zu entwickeln.

Bei allen Versuchen zeigten die Lernenden nach anfänglichen sprachlichen Schwierigkeiten die Fähigkeit Versuche genau zu beobachten und Phänomene in der Fremdsprache zu interpretieren.

Betrachtet man die Unterrichtsgespräche, die Experimente und die Textarbeit im Zusammenhang, so lässt sich erkennen, dass die Begriffsbildung wie z.B. „Elektrolyse“ in der englischen Sprache erfolgreich stattfinden konnte und durch die erhöhte Motivation noch intensiver als im deutschsprachigen Unterricht möglich war.

Der multiperspektivische Einblick in die Aluminiumherstellung, den die SuS anhand der Werksbesichtigung in Stade gewannen, war für meine Begriffe der Höhepunkt dieser Unterrichtseinheit. Hier konnten die SuS am realen Gegenstand chemische (die chemischen Vorgänge der Aluminiumherstellung waren sichtbar), technische (die Umsetzung eines Vorgangs, der ihnen nur im Labormaßstab bekannt war, in

einem technischen Maßstab), ökonomische (Standortfaktoren), ökologische (Energieverbrauch) und soziale (Arbeitsschutz) Aspekte erfahren und lernen. Durch die gute sprachliche und fachliche Vorbereitung war der Kurs in der Lage, während der Exkursion kritische Fragen zu stellen und hat somit nicht nur passiv, sondern aktiv an der Exkursion teilgenommen. Hier war es den Lernenden möglich die angeeignete fremdsprachliche Kompetenz in chemischen Zusammenhängen zu präsentieren.

Die SuS konnten also im Wesentlichen die intendierten inhaltlichen und manuellen Fähigkeiten erreichen. Hervorzuheben ist an dieser Stelle die soziale Zusammenarbeit zwischen den SuS, die in dieser Lerngruppe ohnehin schon sehr gut war, aber meines Erachtens im Rahmen dieser UE noch gesteigert werden konnte. Dies zeigte sich z.B. bei Formulierungsschwierigkeiten einzelner SuS, welche eine Lösung der Wortschatzprobleme der SuS untereinander auslösten. Diese Prozesse konnten vermutlich auch von dem sinnvollen Einsatz der Muttersprache unterstützt werden, der vor allem den schwächeren SuS die Möglichkeit zur Entspannung geben und ein Gefühl der Sicherheit vermitteln konnte.

Dennoch gibt es kritische Anmerkungen: So müsste man z.B. in einer erneuten Durchführung eines solchen Projektes versuchen die Ängste von Schwächeren bei der mündlichen Beteiligung noch stärker abzubauen. Mehr schüleraktive Phasen mit Präsentationen, die vorbereitet werden und wo die SuS sich nicht spontan äußern müssen, könnten dieses Problem vielleicht lösen.

Inhaltlich sollte man ggf. intensiver auf die Beschreibung der elektrolytischen Zelle eingehen, wenn wie in dieser Einheit wieder einige SuS Schwierigkeiten bei der Bezeichnung der Pole im Vergleich von der Elektrolysezelle zum galvanischen Element zeigen, da hier eventuell grundlegende Verständnisprobleme ursächlich sind. Es wäre aber hier voreilig und nicht plausibel dieses fehlende Verständnis mit dem Einsatz der Fremdsprache in Verbindung zu bringen. Es gälte dies in weiteren Unterrichtsversuchen zu überprüfen.

Schließlich wäre wünschenswert, eine Doppelbelastung durch parallel laufende Arbeitsaufträge zu vermeiden und eine schriftliche Leistungskontrolle der SuS durchzuführen. Die guten Leistungen in den freiwilligen Tests unterstützen meiner Meinung nach dieses Vorhaben.

Die aufgezeigten Verbesserungsmöglichkeiten können m. E. jedoch nicht die beachtlichen Leistungserfolge innerhalb des vorliegenden Projektes schmälern

sowie die positive Atmosphäre während der gesamten Unterrichtseinheit in der Lerngruppe überlagern. Zusammenfassend ist vielmehr hervorzuheben, dass diese Unterrichtseinheit für alle Beteiligten sehr zufriedenstellend bewertet werden konnte:

Über die verstärkte Motivierung der SuS stellt es dem allgemeinen Problem der Motivationslosigkeit im Chemieunterricht etwas entgegen.

Bei den fachlichen Leistungen konnte in diesem kurzen Zeitraum keine Verbesserung, aber auch keine Verschlechterung festgestellt werden. Dieses wäre ein möglicher Untersuchungsschwerpunkt für eine längerfristige Arbeit.

Die sprachlichen Kenntnisse konnten um einen umfangreichen Bereich im Wortschatz erweitert werden und es ist anzunehmen, dass die erhöhte Sprachpraxis sich auch positiv auf das Ausdrucksvermögen insgesamt ausgeübt hat (vgl. Test).

Ich komme daher abschließend zu dem Ergebnis, dass man bilinguale Unterrichtseinheiten zwar nicht zum Regelfall schulischer Praxis machen sollte, sie aber doch häufiger durchführen sollte. Denn die Erfahrungen aus dem vorliegenden Unterrichtsversuch lassen vermuten, dass die SuS, die an der dargestellten Einheit teilgenommen haben, in Zukunft sicher mit weniger Scheu an englischsprachige Sachzusammenhänge herangehen, mit denen sie voraussichtlich in einer globalisierten Welt zunehmend konfrontiert werden.

7. Anhang

- 7.1 Anmerkungen
- 7.2 Literatur
- 7.3 Erwartungen und abschließende Bewertung der Unterrichtssequenz aus Sicht der Schüler/innen
 - 7.3.1 Erwartungen vor der Unterrichtseinheit:
 - 7.3.2 Resümees nach der Unterrichtseinheit:
- 7.4 Informationen über die SuS vor der bilingualen Unterrichtseinheit:
- 7.5 Bilder der Exkursion
- 7.6 Arbeitsbögen und Tests

7.1 Anmerkungen:

¹ Zur kritischen Auseinandersetzung mit der Auswahl der Zielsprache bemerkt Ingrid Gogolin in ihrem Vortrag auf der ersten Bremer Tagung „Bilingualer Sachfachunterricht“ am 16./17. November 2000, dass bis heute die globalen Machtverhältnisse die Auswahl der Schulsprachen bestimmen und nicht die in der Schulumgebung tatsächlich gesprochenen wie z.B. Türkisch, Polnisch, oder Russisch).

² Von insgesamt nahezu 400 Schulen mit bilingualen Zügen, haben etwa 250 deutsch-englischen, gefolgt von ca. 80 Schulen deutsch-französischen Unterricht (KMK 1999). In Bremen gibt es z.B. 5 SI-Schulzentren und 4 SII-Schulzentren mit deutsch-englischem Profil.

Hier muss angemerkt werden, dass die überwiegenden Angebote sich im gymnasialen Bereich befinden und auch dort erfahrungsgemäß besonders die leistungsstärkeren SuS anzieht. Die Frage, ob das bilinguale Konzept auch in Haupt- und Realschulen sinnvoll praktiziert werden kann, bleibt in der Literatur offen.

³ Vgl. Andreas Bonnet 1997, S.1

⁴ Das Angebot von flexiblen bilingualen Modulen ist vor allem in der nordrhein-westfälischen Schullandschaft zu finden. Flexible bilinguale Module können u.a. in folgende Formen unterschieden werden: epochale Unterrichtsphasen, Arbeitsgemeinschaften und fächerübergreifende Projekte (vgl. Krechel 1999: 1ff).

⁵ Ich werde mich im folgenden nur auf die Zielsprache Englisch beziehen, da diese Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist.

⁶ Schmid-Schönbein verweist darauf, dass „dies [...]beim Laien mehr Verwirrung als Klarheit [erzeugt], weiß dieser doch, dass so mancher Fremdsprachenunterricht „zweisprachig“ verläuft und somit nichts Besonderes ist“ (1998:201).

⁷ Wolff schreibt sogar: „Sofern ich zu erkennen vermag unterliegt der Sachfachunterricht bisher noch keiner auf ihn zugeschnittenen Theorie des Lernens, und auch in der Didaktik ist man über erste experimentierende Versuch noch nicht hinaus“(1997:50).

⁸ Die lernpsychologischen Überlegungen, die in dem gleichen Aufsatz gemacht werden, sollen hier nicht näher betrachtet werden.

⁹ Mit Realitäten sind auch Romane gemeint, aber nicht künstlich erzeugte Sprechansätze.

¹⁰ vgl. die Stellungnahmen von Mäsch (1989:280ff), Klapper (1996: 135)

¹¹ Klapper wirft dem naturwissenschaftlichen Unterricht eine kontext-reduzierte Kommunikation vor, die keine zusätzlichen Informationen bereitstellt, sondern voraussetzt, dass der Leser oder Hörer selbst über die nötigen Kontexte verfügt. Ein Musterbeispiel dafür ist die wissenschaftliche Veröffentlichung (vgl. 1996:14).

¹² Vgl. Gräber, W. (1992): Untersuchungen zum Schülerinteresse an Chemie und Chemieunterricht, in Chemie in der Schule 39 Nr.7/8, 270-273

¹³ Hier wird auch deutlich welche Art von Handlungsorientierung in diesem Zusammenhang gemeint ist, denn es geht nicht um bloßes Handeln. „Handlungsorientierter Unterricht ist ein ganzheitlicher und schüleraktiver Unterricht [...], so dass Kopf- und Handarbeit in ein ausgewogenes Verhältnis zueinander gebracht werden können“ (Meyer 1987:402). Die auch in der Definition angesprochenen Handlungsprodukte sind sicherlich anzustreben, stehen aber nicht explizit im Vordergrund dieser Debatte!

¹⁴ Zur Motivation im Chemieunterricht äußert sich Graf (1999: 193ff) umfangreich. Er unterteilt die relevanten Einflussfaktoren in: Förderliche Rahmenbedingungen, non-verbales und verbales Lehrerverhalten, Bedingungen in der Person des Schülers und Faktoren der Unterrichtsgestaltung. In dieser Arbeit soll jedoch explizit nur auf die Faktoren der Unterrichtsgestaltung eingegangen werden (vergleiche hierzu auch Pfeiffer 1996:158ff).

¹⁵ Der mangelhafte Lernerfolg wurde gerade von der TIMMS Studie bestätigt.

¹⁶ Dies ist zwar auch in anderen bilingualen Fächern sowie im Englischunterricht möglich, Bonnet identifiziert jedoch eine Besonderheit der Situation des Chemieunterrichtes: „der Gegenstand des Chemieunterrichts ist stofflich anwesend und damit sinnlich erfahrbar“(1999:3) Daran zeigt sich nach Bonnet die Unterstützung des sprachlichen durch das fachliche Lernen.

¹⁷ Für diese Aussagen gibt es noch kein statistisch abgesichertes Ausgangsmaterial. Es besteht also noch Forschungsbedarf.

¹⁸ Formale Voraussetzungen:

- Der Unterricht findet dienstags in der 3. und freitags in der 1. und 2. Stunde statt.
- Der Unterrichtsraum und die Sammlung sind für das gewählte Thema „Elektrolyse“ ausreihendausgestattet.

¹⁹ Elektroden aus unterschiedlichen Metallen haben unterschiedliche Potenziale „Elektronendrucke“.

²⁰ Der Abscheidungsdruck ist die Tendenz eines Metalls sich abzuscheiden, während der Lösungsdruck die Tendenz eines Metalls in wässriger Lösung Ionen zu bilden ist (vgl. Stein 1984: 20ff).

²¹ Von den 10 Millionen Tonnen Natriumchlorid, die in Deutschland aus Steinsalz gewonnen werden, geht ein Großteil in die Chloralkali-Elektrolyse und einige andere Rohstoffproduktionen, nur 3% werden als Speisesalz verbraucht.

²² An Platinelektroden bilden sich aufgrund anderer Überpotenziale Wasserstoff und Sauerstoff, an Kohlelektroden jedoch analog zu dem Titan/Eisenelektroden-Paar Chlor, Wasserstoff und Hydroxid-Ionen (vgl Chemie heute 1998: 194ff; Glöckner 1994: 329ff).

²³ Als Vorstufe zum Membranverfahren diente das Diaphragmaverfahren, welches keine reine Natronlauge abwarf, sondern eine Zellenlauge, die aus Natriumchlorid und Natronlauge bestand, da das Diaphragma im Gegensatz zu den heutigen Membranen durchlässig war für Chlorid- und Hydroxid- Ionen (vgl. Elemente II 2000: 173).

²⁴ Encyclopedia Britannica 1989, 389f.

²⁵ Hier ist der Zusammenhang zwischen Kontextorientierung und fächerübergreifenden Denken hervorzuheben, denn in dem Moment, wo man den Unterrichtsinhalt in Kontexte einbindet, geht man meist über Fächergrenzen hinaus. Beide genannten Unterrichtsprinzipien unterstützen die Lernprozesse der SuS, da ihr neues Wissen vielfach verknüpft wird.

²⁶ Definition entsprechend der im Kapitel: „Bedeutung des BiliSFU Chemie aus Sicht der Chemie“

²⁷ In den Fachzeitschriften gibt es keine hier verwendbare Veröffentlichung. Die einzige umfangreiche Stellungnahme zur Stoffgliederung, die zwar die gleiche Grobgliederung des Halbjahres in Galvanische Zelle, Nernst'sche Gleichung und Elektrolyse aufweist, baut allerdings verstärkt auf Quantifizierungen auf, die hier unberücksichtigt bleiben sollen. (vgl. Peterseim 1995: 271ff und 363ff).

²⁸ Mögliche Unterrichtsinhalte finden sich in der folgenden Liste:: 1. Wortschatzarbeit zum Themenkomplex „Elektrochemie“ (vgl. Fullick 1994: 180ff) 2. Einführung in die Elektrolyse am Thema „Versilberung“ 3. Elektrolyse vs. Galvanisches Element 4. Chloralkali- Elektrolyse 5. Aluminiumherstellung (vgl. z.B. Elemente II 2000:168ff) 6. Bestimmung und Berechnung von Stoffmengen (Faraday) 7. Bestimmung und Vergleich von Zersetzungsspannungen – Überspannungen – Abscheidungspotentialen 8. Experimentelle Aufstellung von Stromspannungskurven“ (vgl. Stein 1984: 51ff).

²⁹ Es wäre interessant zu untersuchen, ob es im europäischen Vergleich unterschiedliche Auffassungen zur Notwendigkeit von Mathematisierungen im Chemieunterricht gibt.

³⁰ Mangelndes Interesse am Chemieunterricht hängt nach neueren didaktischen Erkenntnissen mit der fehlenden Kontextualisierung der Lerninhalte zusammen. Gewährleistet man diese, muss an anderer Stelle (in diesem Fall bei den Mathematisierungen) gekürzt werden. Dies soll im vorliegenden Unterrichtsversuch geschehen (vgl. Stäudel/Kremer 1993: 152ff).

³¹ Die Stichwörter ökonomisch, ökologisch, chemisch, technisch, alltäglich sollen kennzeichnen, welche Hauptausrichtung den Stunden zugewiesen wurde.

³² Dies ist nur ein Auszug der möglichen Stützmaßnahmen, die hier in dieser Einheit maßgeblich waren (vgl. Thürmann 2000, Helbig 1999, Butzkamm 2000, Krechel 1999...).

³³ im Fremdsprachenunterricht steht das Sprachlernen im Mittelpunkt.

³⁴ Pfeiffer grenzt diesen Teil der Motivation als sachbezogene Motivation von der Leistungsmotivation (z.B. Streben nach Erfolg) und der Motivation durch soziale Gegebenheiten (z.B. Geltungsbedürfnis) ab. In dieser Arbeit beziehe ich mich im Folgenden nur auf die sachbezogene Motivation, da diese durch die

Unterrichtsgestaltung geschaffen werden kann, um die es hier gehen soll (vgl. Pfeiffer 1996:158ff).

35 Vgl. Tabelle im Anhang über den tatsächlichen Verlauf und die verwendeten Materialien.

36 Literaturangaben zu den Schulbüchern befinden sich im Anhang.

37 Vielleicht kann man sogar sagen es ist ein „für Briten konzipiertes Material“, da die überwiegenden Fallbeispiele aus Großbritannien und den ehemaligen Kolonien stammen.

38 Vgl. hierzu auch Arbeitsblatt 7

39 Vgl. hierzu auch Arbeitsblatt 8

40 Bei einer Wiederholung des Unterrichtsversuches würde ich an dieser Stelle vorweg noch eine Frage zum ersten Teil des Textes (Arbeitsbogen 9), einer allgemeinen Beschreibung der Chloralkali-Industrie, stellen. Die Darstellung von mehr kontextorientierten Inhalten wäre hier sicher leichter gefallen.

41 Die Zitate sind aus dem Videoprotokoll transkribiert.

42 Die SuS sind hier aus Gründen der Anonymität nummeriert. Die Zahlen bleiben den entsprechenden SuS bei späteren Zitaten, bei den Tests und auch bei den formulierten Erwartungen und Resümees zugeordnet

43 vgl. Joerger, K.; Lernprozesse bei Schülern, Klett 1975, S.46ff. Joerger geht von einer besseren Verankerung der neuen Erkenntnisse aus, wenn sie an ein bei den SuS bestehendes System anknüpfen, welches aber erweitert werden muss. Die SuS müssen von ihrem Wissen über das Galvanische Element ausgehend begreifen, dass es auch möglich ist extern Elektronen einem System zuzuführen, ferner dass man damit den Prozess der Abscheidung beschleunigen kann. Ihr System muss also verändert werden.

44 Anodeneffekte, Auswechseln der Anoden, Überlaufen der Elektrolysewannen etc.

45 Lobend ist hier anzumerken, dass die Ingenieurin, die die Exkursion betreute, alles auf Englisch machte, obwohl dies nicht ihre Muttersprache war. Ferner hatte sie eigens für uns einen englischen Film besorgt.