

<b>A. DIE PLANUNG DER UNTERRICHTSREIHE</b>	<b>2</b>
<b>1. Begründung der Wahl des Themas</b>	<b>3</b>
1.1 Darstellung der Rahmenbedingungen	4
<b>2. Analyse der Lerngruppe und Lernsituation</b>	<b>5</b>
<b>3. Didaktische Analyse</b>	<b>8</b>
3.1 Sachanalyse	8
3.2 Didaktisches Potential der Unterrichtsreihe	10
<b>4. Methodische Analyse</b>	<b>15</b>
<b>5. Zentrale Lernziele</b>	<b>20</b>
<b>6. Geplanter Verlauf der Unterrichtsreihe</b>	<b>23</b>
<b>B. DIE DURCHFÜHRUNG DER UNTERRICHTSREIHE</b>	<b>28</b>
<b>2. Schwerpunktstunden</b>	<b>28</b>
2.1 Begründung der Wahl der Schwerpunktstunden	28
2.2 Darstellung der ersten Schwerpunktstunde:	29
2.2.1 Planung der Doppelstunde	29
2.2.2 Lernziele	32
2.2.3 Durchführung	32
2.2.4 Reflexion der Stunde	35
2.2 Darstellung der zweiten Schwerpunktstunde:	37
2.3.1 Didaktische Überlegungen	37
<b>C. DIE GESAMTREFLEXION DER UNTERRICHTSREIHE</b>	<b>38</b>

## **A. Die Planung der Unterrichtsreihe**

Die Gliederung der Arbeit orientiert sich an den Hinweisen zur Anfertigung der Pädagogischen Prüfungsarbeit vom 26.04.99. Im Kapitel A werden die wesentlichen Aspekte, die in der Planung der Unterrichtsreihe Eingang gefunden haben, erläutert: Bei der Begründung der Wahl des Themas werden neben den Rahmenbedingungen vor allem die spezifischen Voraussetzungen der Lerngruppe berücksichtigt, an die sich die didaktischen und methodischen Überlegungen anschließen. Dabei wird nach einer kurzen fachwissenschaftlichen Darstellung der Problematik des Waldsterbens das didaktische Potential des Unterrichtsgegenstandes aufgezeigt und in Bezug auf die Lerngruppenbedingungen reduziert. Die sich daraus ergebenden didaktischen Schwerpunkte der Reihe werden im Hinblick auf die Unterrichtsziele näher erklärt. Die methodischen Überlegungen schließen unter Bezugnahme auf die Analyse der Lerngruppe und der Didaktik das Kapitel zur Planung der Unterrichtsreihe ab.

Der tatsächliche Ablauf der Unterrichtsstunden wird im Kapitel B behandelt. Eine tabellarische Übersicht informiert über den inhaltlichen Aufbau der Einzelstunden und die jeweiligen Leitziele. Die hier bereits gekennzeichneten Schwerpunktstunden werden anschließend ausführlich beschrieben. Unter der spezifischen Schwerpunktsetzung werden die Planung und der Verlauf dieser Stunden nicht nur detailliert dargestellt, sondern auch im Hinblick auf den weiteren Verlauf der Reihe ausgewertet.

Die Zusammenschau der in den ersten beiden Kapiteln getroffenen Aussagen zur Planung und Durchführung der Reihe erfolgt in Kapitel C. Hier werden die Erwartungen und Ergebnisse zum Verlauf der Stunden sowie zum Lernfortschritt der SchülerInnen<sup>1</sup> verglichen und unter Abwägung von Alternativen kritisch reflektiert.

Im Anhang befindet sich das im Unterricht verwendete Material, wie z.B. Fotokopien, Zeitungsartikel, Arbeits- und Informationsblätter sowie Handlungsprodukte der SchülerInnen. Eine Auswahl von Fotos soll die Erlebnisse und direkten Erfahrungen der SchülerInnen mit dem Unterrichtsgegenstand während der verschiedenen Phasen des Unterrichtsgeschehens verdeutlichen.

---

<sup>1</sup>die im Folgenden verwendete Bezeichnung „die SchülerInnen“ schließt auch alle Schüler mit ein.

## 1. Begründung der Wahl des Themas

Der Biologieunterricht hat in der gymnasialen Oberstufe das Ziel, den Schülerinnen und Schülern fachlichen Kenntnisse in der Biologie zu vermitteln und ihnen einen affektiv-emotionalen Zugang zur Natur zu eröffnen (vgl. Kursstrukturpläne der gymnasialen Oberstufe, S. 3, 1994). Sie sollen ökologisches Denken lernen und sollen auch in ihrer Bereitschaft gestärkt werden, Verantwortung für die Natur im individuellen und gesellschaftlichen Bereich zu übernehmen. Dieses Ziele lassen sich meines Erachtens am ehesten durch *problem- und handlungsorientierten Unterricht*, der gestützt wird durch schülerorientiertes selbständiges Lernen an einem exemplarisch ausgewählten Phänomen erreichen. Mit der Thematik des *Waldsterben* habe ich ein solches Phänomen aufgegriffen, das wiederum als verbindlicher Inhalt der Ökologie in den (KSP) aufgeführt ist. (Vgl. S. 26).

Somit ist der Leitgedanke bei der Themenwahl geknüpft an ein Unterrichtskonzept, das sich an den Herausforderungen der Gegenwart sowie den offenen Fragen der Zukunft orientiert; das den Blick auf Probleme lenkt, die eine vielschichtige Dimension haben, so dass interdisziplinäres Lernen und Handeln möglich wird; das an den Einstellungen und Orientierungen der Betroffenen, hier den SchülerInnen anknüpft; das zu sozialem Handeln befähigt und das schließlich die Notwendigkeit und die Funktion wissenschaftlichen Arbeitens aufzeigt. SchülerInnen werden innerhalb des tradierten Systems kaum in die Lage versetzt aus den thematisch reduzierten und methodisch abstrakten Einzelwissenschaften einen Zusammenhang herzustellen. Der Zusammenhang aber gerade erweist den Inbegriff als Ganzheit, als System. Da die schwerwiegenden Problem unserer Zeit alle systemische Probleme sind, ist es umso dringender systemische Ansätze auch im Schulalltag zu verfolgen. Dieser systemische Ansatz bildet die Basis der Unterrichtsreihe „*Problem- und handlungsorientierte Umwelterziehung am Beispiel Waldsterben*“. Denn im systemischen Ansatz sehe ich gleichsam die Chance auf Handeln in kaum absehbaren Zeiträumen vorzubereiten ohne in Ohnmacht bzw. Verzweiflung bzw. Null-Bock-Haltung oder Selbstgefälligkeit zu verfallen, aktiv und kreativ, geduldig und ausdauernd an Problemlösungen zu arbeiten. Insofern stellt die Unterrichtsreihe gleichsam ein Versuch dar, dem ganzheitlich-vernetzenden, also ökologischen Denken gerecht zu werden.

## 1.1 Darstellung der Rahmenbedingungen

Die Unterrichtsreihe - *Problem- und handlungsorientierte Umwelterziehung am Beispiel „Waldsterben“*- bildete den Abschluss der Halbjahresthematik - *Ökosystem Wald-*, die ihre Einbindung im Inhaltsbereich *Ökologie* der Jahrgangsstufe 12/13 der Hessischen Kursstrukturpläne (KSP) der gymnasialen Oberstufe findet. Laut Biologie - Fachkonferenzbeschluss vom 30.09.96 wird am Schuldorf-Bergstraße der Inhaltsbereich *Ökologie* im ersten Halbjahr der Jahrgangsstufe 12 durchgeführt.

Der Unterricht findet im Leistungskurs der Jahrgangsstufe 12 in fünf Wochenstunden<sup>2</sup> statt, die sich montags und mittwochs in Doppelstunden und donnerstags in eine Einzelstunde gliedern. Der Biologiekursraum ist kein explizit eingerichteter Fachraum, indem spezielle Strom- und Wasseranschlüsse für Mikroskopier- und Experimentierübungen vorgesehen sind, was natürlich oftmals organisatorische Anstrengungen erfordert. Diese sind jedoch durch die geringe Kursteilnehmerzahl und die direkt angrenzende Biologie-Sammlung zu bewältigen. Von Vorteil erweist sich die nicht fest installierte Bestuhlung, die flexible Sozial- und Arbeitsformen zulässt und den gegenseitigen Blickkontakt gewährleistet und somit die Interaktionen der Schüler fördert.

Natürlich stellt die winterliche Jahreszeit für die Thematik Waldsterben im Hinblick auf Waldexkursionen nicht die optimale Voraussetzung dar. Wie sich allerdings in Absprache und Planung mit dem Förster herausstellte, ist eine Waldschadens- Exkursion in dem lokal geschädigten Wald auch im Winter durchführbar.

Die bei der Themenbegründung aufgeführten Leitgedanken wurde durch die bisherige Didaktik und Methodik des Unterrichts im ersten Halbjahr in dem Biologieleistungskurs meiner Tutorin Frau Sommer gelegt. Hier haben die SchülerInnen, eingebunden in biologischer Wissensvermittlung, eine engagierte Umwelterziehung erfahren. Diese hat die Aufarbeitung und Vermittlung der am Problem beteiligten Zusammenhänge in ihrer Komplexität zugelassen und strebte gleichzeitig ein mögliche Lösung des Problems an. Dies drückte sich aus neben innerschulischem Unterricht, vor allem in verschiedenen gemeinsamen außerschulischen Lernorten im angrenzenden Naturschutzgebiet von Seeheim-Jugenheim, dem „Moos-Kiefernwald<sup>3</sup>“. Mehrere Schülergruppen,

---

<sup>2</sup>vgl. : Kursstrukturpläne für die Oberstufe

<sup>3</sup>die SchülerInnen haben hier in Zusammenarbeit mit dem Förster Hr. Schlote Brombeerhecken gerodet, um Neuanpflanzungen von Kiefern vornehmen zu können. Die Bepflanzung führten die SchülerInnen dann oftmals in ihrer Freizeit durch. Weiterhin wurden bei einer Waldexkursion in diesem Gebiet an verschiedenen Stellen Bodenproben entnommen, die die Schüler später im Unterricht analysieren und auswerten konnten

unter anderem dieser Leistungskurs 12, haben sich an Pflegeaktionen beteiligt. Ihr Sinn ist es, auf einer Fläche von rund 88 Hektar den lokal typischen Kiefernwald, seine Begleitflora und die Fauna zu erhalten. Auch hier ist der Unterricht nicht „Umweltkunde“, sondern auf die Erhaltung der natürlichen Umwelt in der eigenen Gemeinde gerichtetes „Umwelthandeln“.

An anderer Stelle wurde die direkte Kontaktaufnahme und Befragung verschiedener politischer Gremien gesucht. Wie dem Umweltberater der Gemeinde Seeheim-Jugenheim und dem Vorsitzenden der KAG<sup>4</sup> Biebesheim, um das Arbeiten umweltpolitischer Vertreter und die Ziele lokaler und regionaler Umweltpolitik kennen zu lernen. Dazu gehörte eine umfangreiche Besichtigung einer Messstation, die zu einem regionalen „Ökosystemaren Monitoring“<sup>5</sup> gehört.

Ein weiteres Beispiel für Umwelthandeln stellt die Einbeziehung der Schüler an regionalen Messverfahren verschiedener Luftschadstoffe<sup>6</sup> dar. Die SchülerInnen betreuen die aufgestellten Luftmessstationen rund um Seeheim-Jugenheim und leiten die Aufzeichnungen wöchentlich zur Analyse an die Universität Mainz weiter, welche die ermittelten Daten der Gemeinde weitergibt.

Diese genannten Rahmenbedingungen ermöglichen mir an dem eingeleiteten ökologischen Lern- und Arbeitsprozess der SchülerInnen weiterzuarbeiten und bilden die Basis für meine Unterrichtsreihe.

## 2. Analyse der Lerngruppe und Lernsituation

Die Lerngruppe ist mir seit Halbjahresbeginn 96/97 durch meine Unterrichtstätigkeit, in Form einer Doppelbesetzung mit Frau Sommer, sehr vertraut. Somit waren mir die Unterrichtsvorbereitungen des Halbjahres, die auf gemeinsame didaktischen und methodischen Überlegungen beruhen, bestens bekannt.

Der Biologieleistungskurs ist eine überschaubare Lerngruppe von 14 Schülerinnen und 4 Schülern. Trotz diesem geschlechtlichen Ungleichgewicht, kann man die Gruppe in ihrer Zusammensetzung zum derzeitigen Stand als homogen bezeichnen. In Bezug auf das Arbeits- und auch das Sozialverhalten anfänglich

---

<sup>4</sup>KAG ist eine kommunale Arbeitsgemeinschaft der SVA Biebesheim im Einwirkungsbereich der Sondermüllverbrennungsanlage Biebesheim. Sie besteht aus zehn Gemeinden und zwei Landkreisen, die es sich zur Aufgabe gemacht haben die zunehmende Grundbelastung des Raumes und eine Verbesserung der Gesamtimmissionssituation im Augenmerk zu nehmen.

<sup>5</sup>aus Bericht zur Arbeit der KAG 1996

<sup>6</sup> SchülerInnen betreuen das SAM-Messverfahren (d.h. sie wechseln wöchentlich die Messaufzeichnungen an den Luftmessgeräten aus. Es werden vor allem NO<sub>x</sub>- u. SO<sub>x</sub> -Werte im Seeheim-Jugenheimer Wald gemessen.

etwas inhomogene Gruppe hat sich im Verlauf des Schuljahres aufgrund der intensiven gemeinsamen projektbezogenen Arbeit und außerschulischer Aktivitäten<sup>7</sup> zu einer Gemeinschaft mit einem ausgesprochen guten Arbeitsklima entwickelt. Ebenso empfinde ich die Interaktions- und Kommunikationsformen in der Lerngruppe als gut. Hier sind die Jungen keinesfalls benachteiligt oder gehemmt, sondern erfahren eine vollständige Integration im Unterrichtsgeschehen.

Bei Gruppenarbeiten gestalten sich die Kleingruppen in ihrer Zusammensetzung selbstständig neu, dies führt sowohl zu gemischten als auch zu geschlechtsspezifischen Gruppen. Worin ich kein pädagogisches Problem sehe, da diese Konstellationen sehr ausgewogen sind. Einmal für ein Thema motiviert, finden sich die SchülerInnen recht schnell in die entsprechende Problemstellung ein, arbeiten, bevorzugt in Kleingruppen, selbstständig und produktiv am Thema und entwickeln bei entsprechender zeitlicher und methodische Offenheit oft erstaunliche Ideen und Vorschläge für den Unterricht. Die Motivation der SchülerInnen kann gesteigert werden durch den Einsatz von interessanten Methoden und Medien, wie z.B. Mikroskopieren, Experimentieren oder den Einsatz von aktuellen Zeitungsartikeln.

Hier macht sich die Leistungskurswahl der SchülerInnen deutlich bemerkbar, die bei der Mehrzahl der SchülerInnen sicherlich aufgrund von biologischem Interesse beruht. Dies äußert sich auch in ihrer Arbeitsdisziplin, die bisher noch nie zu großen Schwierigkeiten geführt hat, sondern eher bemerkenswert ist. So sind die SchülerInnen auch in ihrer Freizeit bereit, außerschulischen Arbeiten nachzugehen<sup>8</sup>.

Die Lernausgangsvoraussetzungen der SchülerInnen sowohl hinsichtlich der Methodenkompetenz, als auch in Bezug auf die biologischen Kenntnisse waren am Anfang des Halbjahres unterschiedlich. Aus diesem Grund war es im bisherigen Unterricht wichtig, zum einen durch Binnendifferenzierung in Kleingruppenarbeit eine ausreichende Basis für die gemeinsame Arbeit zu schaffen. Zum anderen im Hinblick auf die Abituranforderungen die Methodenkompetenz der SchülerInnen durch das Einüben von biologischen Arbeitsweisen, wie z.B. belebte Systeme beobachten, beschreiben und experimentell analysieren, Interpretation von Quellenmaterial (Statistiken, Diagramme, Sachtexte) und vor allem die Fähigkeit zur selbstständigen Informationserhebung im Gespräch mit Experten<sup>9</sup> stetig zu erweitern. Im Hinblick auf diese, dem Alter durchaus angemessene Lernanforderungen lassen sich drei Leistungsgruppen unterscheiden<sup>10</sup>.

---

<sup>7</sup> siehe beschriebenen Rahmenbedingungen

<sup>8</sup> vgl. Fußnote 5 (SAM-Messverfahren, Neuanpflanzung von Kiefern usw.)

<sup>9</sup> Umweltberater der Gemeinde Seeheim-Jugenheim, KAG -Mitarbeiter, Förster

<sup>10</sup> Nach PIAGET hat diese Altersgruppe die Stufe des „abstrakt-operativen Denkens“ erreicht.

- Zwei Schüler und vier Schülerinnen zeigen in ihren schriftlichen wie mündlichen Leistungen ein ausgesprochen hohes Abstraktionsniveau. Sie verfügen über die Fähigkeit, mühelos Sachverhalte zu erfassen, diese in einen komplexen Zusammenhang zu stellen und kritisch zu hinterfragen. Diese Gruppe zeichnet sich durch ein engagiertes Auftreten und kontinuierlich guter Mitarbeit mit wichtigen Impulsen für den Unterricht aus. S1 grenzt sich von der Gesamtgruppe dadurch ab, dass er durch seine Analysefähigkeit und seine Weitsichtigkeit bezüglich Problemstellungen und -lösungen besticht. Daneben leistet er Transferbeiträge, die das Unterrichtsgeschehen an entscheidenden Punkten weiterbringen. Hier gilt es für mich immer wieder ein Augenmerk darauf zu richten, dass fruchtbare längere Lern- bzw. Lösungsprozesse der gesamten Gruppe, nicht dadurch zerstört werden, dass sie zu schnell von S1 vorweggenommen werden.

- Sechs Schülerinnen und ein Schüler unterstützen die erst genannte Gruppe durch ihr Aufgeschlossenheit und ihre aktiven Auseinandersetzung mit Problemstellungen, die sie durch Anwendung ihrer fachlichen und methodischen Kenntnisse bewältigen. Allerdings zeigen sich hier noch einige Schwierigkeiten bei der Reflexion komplexer Sachverhalte. Besonders in der Diskussion von Themen mit biologischen und gesellschaftspolitischen Hintergrund verbunden mit der Auswertung von Statistiken und Diagrammen fallen ihre mündlichen Leistungen etwas ab. Hier gilt es die SchülerInnen in diesem Denken zu stärken und dies durch wiederkehrende Übungen zu festigen.

- Die übrigen vier Schülerinnen und ein Schüler sind eher ruhig und nehmen nur sporadisch am Unterrichtsgeschehen teil. Dennoch zeigen sie eine positive Arbeitsbereitschaft. In dieser Gruppe muss das Arbeiten am Thema noch wesentlich konkreter auf ein Beispiel bezogen sein. Die Intensität der mündlichen Mitarbeit ist dabei deutlich vom Thema abhängig, die schriftlichen Leistungen sind befriedigend bis ausreichend. Vor allem bei Reproduktionsaufgaben und einfachen Problemstellungen äußern sie sich und zeigen mir dadurch ihre Aufmerksamkeit am Unterrichtsgeschehen. Oftmals müssen sie durch direktes Ansprechen meinerseits „aus der Reserve“ gelockt werden. Hier versuche ich, gerade bei den Schülerinnen, ein gewisses Selbstvertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit im naturwissenschaftlichen Unterricht immer wieder zu stärken.

Es bleibt abzuwarten, inwieweit die Motivation und das Interesse am Ende eines Halbjahres ebenso erhalten ist wie am Anfang einer Thematik. Gerade der „Klausurenstress“ am Halbjahresende in der Jahrgangsstufe 12 könnte negative Auswirkungen auf das Arbeitsverhalten der SchülerInnen haben.

### 3. Didaktische Analyse

#### 3.1 Sachanalyse

Der Wald ist eine komplizierte Lebensgemeinschaft, die entscheidend von den Bodenverhältnissen, dem Klima sowie der Zusammensetzung der verschiedenen Pflanzenarten und ihrer genetischen Eigenschaften gesteuert wird. Dieses verflochtene System wird ebenso wie einzelne Bäume von Wissenschaftlern verschiedenster Fachrichtungen untersucht. Die Wissenschaftler erforschen jedoch jeweils nur Teilbereiche des Waldes oder des Baumes und kommen im wesentlichen aus ihrer Fachrichtung zu Erkenntnissen über die Ursachen des Waldsterbens. Einzelne Forschungsergebnisse klingen daher oft widersprüchlich. In der Öffentlichkeit besteht Unsicherheit, ob nun Schwefeldioxid, Ozon oder „Saurer Regen“ den Wald umbringt oder sogar eine allgemeine Wachstumsverbesserung festzustellen ist<sup>11</sup>.

Diese Widersprüche lösen sich meistens, wenn man den Wald als Ökosystem betrachtet und bedenkt, dass unterschiedliche, gleichzeitig wirkende Faktoren, wie Immissionen, Saurer Regen, Klima und Boden, Baum und Wald beeinflussen. Einigkeit besteht bei allen Wissenschaftlern, dass Luftverunreinigungen langfristig den Wald schädigen und schwächen können. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen, ein Gremium von Wissenschaftlern zur Beratung der Bundesregierung, stellt klipp und klar fest, „dass es diese neuartigen Waldschäden ohne Luftverunreinigungen nicht gäbe“<sup>12</sup>. Auch die Waldschadensforschung<sup>13</sup> hat nachgewiesen, dass die Luftverschmutzungsstoffe (Schwefel-, Stickstoffoxide, Schwermetalle) und ihre Umwandlungsprodukte (Säuren, Photooxidantien) maßgeblich an der Entstehung der „Neuartigen Waldschäden“ beteiligt sind. Die Luftverschmutzungsstoffe gelangen als Gase, Tröpfchen oder Partikelchen (Aerosole) in Form trockener oder nasser Niederschläge auf die oberirdischen Pflanzenteile. Die Emissionen setzen sich zum Teil untereinander oder mit dem Niederschlagswasser um, wobei Säuren (vor allem  $\text{HNO}_3$  u.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) und andere Schadstoffe entstehen, die sich in ihrer Wirkung kombinieren oder kumulieren.

Entscheidend ist jedoch die Tatsache, dass sich die ab Mitte der 80er Jahre aufgetretenen Waldschadenssymptome erheblich von bis dahin bekannten Waldkrankungen unterscheiden. Und zwar dadurch, dass sie nicht eindeutig einzel-

---

<sup>11</sup> $\text{NO}_2$  allein und in geringer Konzentration ist kein Pflanzenschadstoff, im Gegenteil, es kann als Stickstoffquelle genutzt werden und einen Düngeeffekt erzielen.

<sup>12</sup> BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTOR-SICHERHEIT, in: Initiative „Schritte zu einer nachhaltigen, umweltgerechten Entwicklung: Umweltziele und Handlungsschwerpunkte in Deutschland“, August 1996

<sup>13</sup>Vgl. HESSISCHES MINISTERIUM DES INNEREN UND FÜR LANDWIRTSCHAFT, FORSTEN UND NATURSCHUTZ, Waldschadensbericht '96



nen Schadfaktoren zugeordnet werden können<sup>14</sup>. Laut bundesweiten Erhebungen und Analysen<sup>15</sup> sind außerdem innerhalb weniger Jahre nahezu alle Baumarten in unterschiedlichsten Regionen davon betroffen. Zunächst war nur die Tanne betroffen, heute gibt es keine Baumart, die nicht unter der Luftverschmutzung leidet. Die Bäume verlieren vorzeitig ihre Nadeln bzw. Blätter, bekommen schütterere Kronen und sterben allmählich ab. Die Folgen sind neben Zuwachsverlusten und Holzentwertung (ökonomischer Aspekt), Ausbleiben der natürlichen Verjüngung; durch die Schwächung der Bäume steigt deren Anfälligkeit gegen Frost, Insekten- und Pilzbefall, die Bestände bekommen Lücken und können deshalb leichter vom Sturm geworfen<sup>16</sup> werden. Heute sterben Eichen im Rheintal. Als Ursache vermuten die Experten Pilz- oder Schädlingsbefall. In manchen europäischen Gebieten kommt es Das Absterben ganzer Wälder (wie beim Tropischen Regenwald) bedeutet eine ökologische Katastrophe, da es ohne Wald zu verstärkten Erosionen, Kleinklimaveränderungen und zu Störungen im Wasserhaushalt kommt. Zudem würden viele Tier- und Pflanzenarten aussterben<sup>17</sup>.

Verschiedene sich ergänzende Hypothesen, die ich dem Bericht von ...entnommen habe, erläutern das Wirkungsgefüge sehr deutlich

Die Immissionen werden vor allem durch die Blätter im Kronenbereich aus der Luft ausgekämmt und dadurch zusätzlich angereichert. Sie können über die Spaltöffnung in die Blätter gelangen, wo sie die Biomembranen (z.B. der Chloroplasten) und das Leitgewebe angreifen können. Schädigungen der Stoffproduktion (Einschränkung der Photosyntheseleistung) und Stoffleitung (Einschränkung der Wasser- und Mineralstoffversorgung) sind mögliche Folgen. Zusätzlich können Auswaschungsvorgänge (Leaching) die Nährstoffversorgung der Blätter beeinträchtigen. Als sichtbare Zeichen der Schädigung treten zunächst Chlorosen und im fortgeschrittenen Stadium Nekrosen auf. Die vorgeschädigten Blätter werden vielfach auch noch von Schwächeparasiten befallen. Im Endzustand sterben die Blätter schließlich ab. Diese Erklärungsmöglichkeit wird als „**Saure Regen-Hypothese**“ bezeichnet.

Bestimmte Wetterlagen können die Wirkung der Luftverschmutzungsstoffe verstärken. Bei Inversionswetterlagen<sup>18</sup> in den Hanglagen der Mittelgebirge reichern sich Schadstoffe an der Obergrenze der Mischungsschicht sehr stark an.

---

<sup>14</sup> vgl. ebenda, S. 19, .....

<sup>15</sup> Waldökosystemstudie 1996

<sup>16</sup> was immer wieder durch den Durchzug von starken Stürmen bis hin zu Orkanen aktuell ist

<sup>17</sup> vgl. Schutzgemeinschaft Deutscher Wald e.V.: Informationen zum Waldsterben durch Luftvergiftung

<sup>18</sup> Bei Inversionswetterlagen wird der vertikale Luftaustausch durch stabile Schichtung in der Höhe verhindert, und es kommt vor allem im Herbst zu den gefürchteten Nebel- und Smoklagen.

In den Tälern und Hanglagen treten besonders häufig Nebel auf. Kommt es zu einer sonnenbedingten Verdunstung an der Oberseite der Nebelschicht, so entsteht eine höhere Konzentration an Schadstoffen in den Nebeltröpfchen. Es ist davon auszugehen, dass die Erkrankungen der Wälder in den mittleren und höheren Lagen der Gebirge durch häufige Inversions- und Nebelwetterlagen begünstigt und verstärkt werden. Klimaextreme wie Trocken- und Frostperioden können die Waldschäden ebenso fördern wie strahlungsreiche Sommer, in denen durch Umwandlung von Luftschadstoffen besonders aggressive Photooxidantien (z.B. Ozon) entstehen.

Luftverschmutzungsstoffe wirken aber nicht nur oberirdisch, sondern auch über den Boden auf die Bäume ein. Besonders die sauren Niederschläge führen mit der Zeit zu einer Bodenversauerung. In versauerten Böden wird das Feinwurzelwachstum ebenso gestört wie die enge Lebensgemeinschaft bestimmter Pilze mit dem Feinwurzelsystem der Bäume (Mykorrhiza). Durch die geschilderten Veränderungen ist mit der Zeit eine Störung der Wasser- und Mineralstoffversorgung des Baumes zu erwarten. Neben den Säuren spielen die eingetragenen Schwermetalle eine Rolle. Durch die Niederschläge sind über Jahrzehnte große Mengen Schwermetalle (z.B. Blei und Cadmium) in die Böden gelangt und haben sich dort angereichert. Mit zunehmender Versauerung des Bodens werden die an die Bodenkolloide gebundenen Schwermetall-Ionen mobilisiert und damit pflanzenverfügbar gemacht. In den versauerten Böden wirken sich auch die freigesetzten Schwermetall-Ionen negativ auf das Wurzelwachstum aus. Über die Leitungsbahn können die Schwermetall-Ionen bis in die Blätter gelangen und dort zusätzlich Schäden hervorrufen. Da die Schwermetalle auch Wachstum und Zusammensetzung der Mikroorganismen im Boden beeinträchtigen, ist auch eine Störung des Nährstoffkreislaufes im Boden zu erwarten. Durch die geschilderten Vorgänge wird das Gesamtökosystem destabilisiert. Diese Erklärungsmöglichkeit bezeichnet man als „**Bodenversauerungshypothese**“.

### 3.2 Didaktisches Potential der Unterrichtsreihe

In der Konzeption des Biologieunterrichts für die gymnasiale Oberstufe wird als oberstes Ziel der Grundsatz formuliert, Schülern fachliche Kenntnisse in der Biologie zu vermitteln und ihnen einen affektiv-emotionalen Zugang zur Natur zu eröffnen. Dieser doppelte Zugang soll die Schüler befähigen, jetzt und später im privaten und öffentlichen Bereich auch in solchen Situationen engagiert, sachbezogen und verantwortungsbewusst zu entscheiden und zu handeln, in denen Verständnis und problemlösendes Denken in biologischen Fragen erforderlich sind<sup>19</sup>. Das Hessische Schulgesetz erteilt den Schulen einen Bil-

---

<sup>19</sup>vgl. KSP gymnasiale Oberstufe Biologie, 1994, S. 3

dungsauftrag in Bezug auf die Umwelterziehung und in dem Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 17.10.1980 wird bezüglich „Umwelt und Unterricht“<sup>20</sup> gefordert, dass Schule zur Lösung von Umweltproblemen beitragen soll. Dieser Ansatz wurde in den 80er Jahren sehr kritisch diskutiert, da die gesamtgesellschaftlichen Veränderungen im wesentlich höheren Maße von wirtschaftlichen und politischen Interessen bestimmt werden und allein durch Veränderung des Bewußtseins und Handelns des einzelnen die politische und ökonomische Öffentlichkeit nicht verändert wird.

Die Grundlage meiner didaktischen Überlegungen für eine Umwelterziehung ist dabei die Erkenntnis, dass es nicht darum gehen kann, SchülerInnen „fertige, objektive“ Wirklichkeiten vor Augen zu halten, sondern Unterricht muss ein doppelseitiges, also objektives (Quellenstudium, Analysen, etc.) und subjektives (Erfahrungen von Lehrern wie Schülern) Erschließen von Lebenswirklichkeiten ermöglichen, was bedeutet, dass die Belange und Bedürfnisse der SchülerInnen von Anfang an berücksichtigt werden müssen, wie es KLAFKI<sup>21</sup> in seiner „kritisch-konstruktiven Didaktik“ für die Unterrichtsplanung fordert. Dabei soll an den Wahrnehmungen und Vorerfahrungen der Schüler<sup>22</sup> zu einem bestimmten Ausschnitt ihrer Lebenswirklichkeit, nämlich an der öffentlichen Diskussion um die „neuartigen Waldschäden“ angeknüpft und dieses Phänomen „fragwürdig“<sup>23</sup> werden.

Der Ansatz der Umwelterziehung greift Aspekte einer Systemtheorie auf, die biologische Phänomene, wie das Waldsterben als systemimmanent begreifen. BOLSCO/EULEFELD/SEYBOLD fordern eine „problem- und handlungsorientierte Umwelterziehung“<sup>24</sup>. Will man diese Zielsetzungen von EULEFELD im Unterricht umsetzen, haben diese Konsequenzen für die Unterrichtsplanung und -durchführung, d.h. mit anderen Worten für den Lernprozess der SchülerInnen. Es reicht von daher nicht aus, im Unterricht einzelne Aspekte des Waldsterbens vorwiegend linear kausal aneinander zu reihen, sondern es müssen Wege gefunden werden, Ansätze des Systemgefüges verstehen zu lernen. Dies soll vor allem durch die originäre Begegnung mit der natürlichen und der kulturellen Umwelt erfolgen, um eine Auseinandersetzung mit ihr zu ermögli-

<sup>20</sup>Bolscho/Seybold: Umweltbildung und ökologisches Lernen. 1996. In: „Umwelt und Unterricht“ - Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 17.10.1980

<sup>21</sup>KLAFKI 1980, vgl. Kap. A. 1.

<sup>22</sup>Vgl. aufgeführte Aspekte in den Rahmenbedingungen (1.1)

<sup>23</sup>„Problemorientierung“ heißt in dem Zusammenhang, dass sich den Schülern ein Problem stellen soll, das sie selbstständig und selbsttätig, aber „mit bewusster Lernabsicht“ zu lösen versuchen. Vgl. ROTH(1963), in: MEYER,1994a, S. 183

<sup>24</sup>Sie formulieren den Lernprozess als „ökologisches und politisches Lernen sowie erlebnishafte Erfahrungen der Umwelt werden als aufeinander bezogene und sich gegenseitig bedingende Elemente für umweltgerechtes individuelles und gesellschaftliches Handeln gesehen. Ziel ist „ökologische Handlungskompetenz, verstanden als Bereitschaft und Kompetenz zum Handeln unter Berücksichtigung ökologischer Gesetzmäßigkeiten“.(vgl. EULEFELD 1979, S. 36)

chen<sup>25</sup>. Unter natürlicher Umwelt wird hier der Wald, insbesondere das lokale Waldsterben um Seeheim-Jugenheim, unter kultureller Umwelt die Industrie und Wirtschaft verstanden. Sieht man von wenigen Extremlagen ab (Fichtelgebirge), in denen das Baumsterben auch für den Sachkundigen offensichtlich ist, so erschließt sich für die SchülerInnen das Thema erst mit der Konfrontation der bereits geschädigten Bäume in direkter Umgebung. Häufig sind allerdings selbst einfache Symptome für eine Erkrankung eines Baumes nicht bekannt oder sie werden übersehen. Was natürlich gerade in der winterlichen Jahreszeit Januar/Februar im Hinblick auf die Laubbäume der Fall sein könnte.

Über die Industrie kann die Interdisziplinarität des Problems Waldsterben an den verschiedenen Ebenen deutlich werden, auf denen es diskutiert wurde und wird, z.B.

- Bundestags- und Bundesratsdebatten um die gesetzliche Bestimmungen zur Einführung des Katalysatorautos und einer Schadstoffabgabe (*politisch*),
- Stand der Katalysatortechnik in der deutschen und internationalen Automobilindustrie (*technisch*),
- Folgen der Einführung des Katalysatorautos für die Automobilindustrie oder die Folgen einer Schadstoffabgabe für Industrie- und Energieversorgungsunternehmen (*ökonomisch*),
- nationaler und internationaler Ebene - Agenda 21 (*politisch/wirtschaftlich*),

Diese Aussagen werden durch die Forderungen der *Agenda 21*<sup>26</sup> bestärkt und damit für die Umwelterziehung in der Schule unerlässlich.

Als Gegenstand des Unterrichts sollen die hierdurch gewonnenen Aspekte dann mit ihren Problemen durchschaubar und erklärbar gemacht werden. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse und Fähigkeiten sollen den SchülerInnen Hilfen für die eigene Lebensgestaltung und für eine verantwortliche Mitgestaltung ihrer Umwelt im Sinne der Umwelterziehung sein.<sup>27</sup>

---

<sup>25</sup>, wird u.a. im KSP Gymnasiale Oberstufe Biologie gefordert, 1994, S. 24

<sup>26</sup>Vom 3. bis 14. Juni 1992 fand in Rio de Janeiro die UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung (UNCED) statt, verkürzt auch „Erdgipfel“ genannt. Hier wurde ein „Pflichtenheft -die Agenda 21“ für das 21. Jahrhundert von 178 Staaten verabschiedet. Das Anliegen der Konferenz war es, „Wege aufzuzeigen, wie die Entwicklung der Menschheit in Übereinstimmung gebracht werden kann mit der begrenzten Tragfähigkeit es weltweiten Ökosystems. Die UNCED-Ergebnisse markieren den Beginn eines Prozesses, der die Umgestaltung nationaler Politiken in Industrie- und Entwicklungsländern in Richtung auf eine umweltverträgliche, **nachhaltige** Entwicklung zum Ziel hat“. Sei dieser Konferenz ist der Leitbegriff „für die Bewältigung der gemeinsamen Zukunft der Menschheit“ **Sustainable Development**.

<sup>27</sup>Dies gilt sowohl allgemein in Bezug auf die Entwicklung umweltpolitischer Wertmaßstäbe, als auch konkret bezogen auf das eigene Verhalten als potentielle Autofahrer

Diese, unter den Begriffen der „*Situationsorientierung*“, „*Problemorientierung*“, „*Handlungsorientierung*“ und der „*Interdisziplinarität*“<sup>28</sup> zusammengefassten didaktischen Grundsätze sollen in den von mir gemachten methodischen und organisatorischen Überlegungen die Basis für die *Umwelterziehung* der SchülerInnen zum Thema Waldsterben bilden.

Unter anderem wird auch im Hessischen Schulgesetz §2 Abs.(3) im Bildungs- und Erziehungsauftrag der Schule u.a. auf die oben aufgeführten Ziele verwiesen<sup>29</sup>.

Unterstützt wird dieser Ansatz auch durch die Aussagen von WAGENSCHNEIDER, er fordert, dass Bezüge zur gegenwärtigen und zukünftigen Realität der SchülerInnen hergestellt werden müssen, da sonst die Verbindungen von theoretisch erarbeitetem Wissen zu den entsprechenden realen Objekten und Gesetzmäßigkeiten (also der „Wirklichkeit“, um deren Erkundung es ja eigentlich geht) nicht mehr gegeben ist und es zu einer Anhäufung von leeren, bezugslosen Bildungsinhalten kommt<sup>30</sup>. Dies geht einher mit der Forderung der Didaktik nach Anschauungsmitteln zur Unterstützung von Lernprozessen, der Regel ihres Begründers Jan Amos COMENIUS (1630) folgend, „alles, soweit wie möglich, den Sinnen zugänglich zu machen“<sup>31</sup>.

Eine genaue Erarbeitung und Darstellung der komplizierten Stoffumwandlungen von anthropogenen Emissionen in der Luft, im Boden und in der Vegetation würde den gesteckten Umfang dieser Unterrichtsreihe und die lerngruppenspezifische Zielsetzung verfehlen. Insofern ist eine strukturelle Reduktion<sup>32</sup>, wie sie auch von STAECK gefordert wird, unumgänglich; vor allem bei der Kompliziertheit des Umfangs der Struktur von Waldschäden unerlässlich. Natürlich ist ein Augenmerk darauf zu richten, dass auf der einen Seite didaktische Reduktionen nicht zur Verfälschung wissenschaftlicher Tatbestände führen, andererseits ein problem- und handlungsorientierte Vorgehensweise nicht in uferloses Ausbreiten bzw. Ausdehnen der Unterrichtsinhalte führt und damit mehr Verwirrung als Klarheit bei den SchülerInnen schafft.

Nach WAGENSCHNEIDER bedarf es innerhalb der heutigen Stofffülle einer „Beschränkung auf das Wesentliche“<sup>33</sup>, durch die Auswahl von Auswahlprinzipien. Dies soll zur Bildung von aufeinander aufbauenden Plateaus führen, auf denen das Wissen der SchülerInnen verdichtet ist. Zwischen diesen Stufen komprimierten Wissens „leiten dann luftigere Bögen schneller fort“<sup>34</sup>. Das „*Exemplarische Verfahren*“ von WAGENSCHNEIDER sucht „das Einzelne....“ als

<sup>28</sup>HKM 1995, S. 7 ff. vgl. Kap. A3

<sup>29</sup>Hess. KULTUSMINISTER: Hessisches Schulgesetz § 2 (3) 1994, S. 1-10 - 1-11

<sup>30</sup>Vgl. WAGENSCHNEIDER, 1995, S. 41 ff.

<sup>31</sup>JANK/MEYER; 1994, S. 346

<sup>32</sup>STAECK, 1987, S. 250-252

<sup>33</sup>WAGENSCHNEIDER, 1975, S. 10ff.

<sup>34</sup>ebenda, S. 11

„ Spiegel des Ganzen“<sup>35</sup> zu vermitteln. HAUBRICH nimmt an anderer Stelle dazu Stellung, „die exemplarische Methode verlangt deshalb eine Arbeit, die zu Einsichten in eine besondere Problemsituation führt, die aber modellhaft und gleichzeitig erschließend ist. Anhand des besonderen Inhalts gewinnt der Lernende über das „Elementare“ Zugang zu Grundprinzipien, Gesetzen, Regeln, Grundeinsichten, Grunderfahrungen, Methoden und Arbeitsweisen, also zum „Fundamentalen“ im Sinne Klafkis“<sup>36</sup>.

Die notwendige didaktische Reduktion äußert sich in der exemplarischen Untersuchung der Immission und Deposition von SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> bei Pflanzen. Begründet wird sie dadurch, dass

- „Saurer Regen“ als mögliche Ursache des Waldsterbens von den SchülerInnen bereits bekannt sind (genauere Informationen darüber jedoch fehlen dürften)
- die Schüler bei der Betreuung der SAM-Messstationen Immissionswerte von SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> messen
- NO<sub>x</sub>-Deposition nicht nur den Effekt der Schädigung sondern auch der Düngung hat und somit einen wesentlichen Parameter der „Neuen Waldschäden“ darstellt
- die hohen Stickoxidemissionen hauptsächlich durch den Straßenverkehr bei Verbrennung von Benzin auftreten und somit der Mensch als Hauptverursacher klar erkannt werden kann
- Der Interessenskonflikt zwischen Ökonomie und Ökologie hier über die Automobilindustrie aufgezeigt werden kann
- die Schüler durch eigene Handlungsstrategien zur Verminderung von NO<sub>x</sub> beitragen können.

Natürlich ist die wesentliche Grundlage für diese Erarbeitung und das Verständnis der Aufnahmewege der Schadstoffe bei Pflanzen, die Kenntnis über die anatomisch-physiologischen Grundlagen der Wurzel, des Sprosses und des Blattes im Zusammenhang mit dem Wasser- und Nährsalztransport (osmotische H<sub>2</sub>O-Aufnahme, Wurzeldruck und Transpirationssog) bzw. Assimilattransport. Hierbei muss insbesondere die Spaltöffnung, als Regulator des Gas- und Wasseraustausches in Abhängigkeit von den Parametern CO<sub>2</sub>-Gehalt, Licht, Temperatur, und H<sub>2</sub>O-Gehalt behandelt werden.

Die Abhängigkeit zwischen den aufgeführten Parameter und dem Schädigungsumfang an den Pflanzen können die SchülerInnen über die Durchführung eigener Experimente, d.h. mit den ihnen zur Verfügung stehenden Möglichkeiten, versuchen nachzuvollziehen. Dabei kann vor allem die Wirkung von SO<sub>2</sub>- und NO<sub>x</sub>-Immissionen und Deposition Untersuchungsgegenstand sein. Bei der Auswertung können die SchülerInnen, die in den außerschulischen

---

<sup>35</sup>ebenda, S. 12

<sup>36</sup>HAUBRICH, 1988, S. 108

Veranstaltungen (Waldschadensexkursion) und im Unterricht erworbenen Kenntnisse auf die Versuchsergebnisse übertragen lernen. Dies beinhaltet sowohl Reorganisation und Transferleistung der SchülerInnen und unterstützt den Prozess der Selbständigkeit und der Übernahme von Verantwortung.

Insgesamt können die Schüler durch diese exemplarische Untersuchung im eigenen Experiment die Komplexität des Ursachen-Wirkungsgefüges des Waldsterbens veranschaulicht bekommen. Sie gewinnen somit einen Einblick in ökologische Zusammenhänge und lernen die Wirkung von Störungen kennen, die hauptsächlich durch den Menschen verursacht werden.

In diesem umweltzieherischen Ansatz liegt das Aufzeigen von Handlungsorientierung bzw. Entwicklung von Handlungsmöglichkeiten, die zu Veränderungen führen können.

Desweiteren kann durch „ökologisches Arbeiten“ Lernprozesse in Gang gesetzt werden, die von realen, alltagsbezogenen Problemen ausgehen und mit den Techniken der Fachwissenschaften bearbeitet werden können. Daneben wird das Prinzip des „forschenden Lernens“ verfolgt, welches die Motivation der SchülerInnen steigert.

#### 4. Methodische Analyse

Da es sich bei der Thematik „Waldsterben“, wie in der didaktischen Analyse aufgezeigt, um ein sehr komplexes, aktuelles, auf den Lebensbereich der Schüler bezogenes Problem handelt, das wissenschaftlich noch nicht vollständig geklärt ist, bedarf es einer Methode, welche die Aufarbeitung und Vermittlung der am Problem beteiligten Zusammenhänge in ihrer Komplexität zulässt und die gleichzeitig (wenn auch nur in Ansätzen) eine mögliche Lösung des Problems anstrebt. Die Methode, welche diese Bedingungen optimal in sich vereinigen und den oben aufgeführten didaktischen Prinzipien (Schülerorientierung, Handlungsorientierung, Problemorientierung) in jeder Hinsicht entsprechen würde, ist meiner Meinung nach die *Projektplanung*. Eine Umsetzungsmöglichkeit, die auch von verschiedenen Fachdidaktikern bzw. -methodikern aufgezeigt wird<sup>37</sup>. Dieses Lernen wird der Komplexität von Problemfeldern und -fragen gerecht und fördert die Übernahme von Verantwortung hinsichtlich der Planung und der Lösungsstrategien<sup>38</sup>. Ebenso führt die damit verbundene Handlungsorientierung<sup>39</sup> zu einem, von den Schülern selbst geplanten und er-

---

<sup>37</sup>Vgl. Staeck, L.; Eschenhagen u.a.; Meyer, H

<sup>38</sup>vgl.

<sup>39</sup>„Handlungsorientierter Unterricht ist ein ganzheitlicher und schüleraktiver Unterricht, in dem die zwischen Lehrer und den Schülern vereinbarten Handlungsprodukte die Organisation der

stellten und somit sinnvollen Endprodukt<sup>40</sup>. Diese Methode verweist unter anderem darauf, dass keine Disziplin für sich allein eine sinnvolle Bearbeitung oder gar Lösungen zu leisten vermag<sup>41</sup>. Somit würde ganzheitliches, fächerübergreifendes Lernen ermöglicht und den SchülerInnen den Zugang zum „Denken in Zusammenhängen bzw. Wirkungsnetzen“, (wie dies beim Waldsterben von Nöten ist) erleichtert werden. D.h. es genügt nicht, dass Schüler und Lehrer ihren Unterricht darauf konzentrieren, z.B. Luftverschmutzungsdaten zu interpretieren, Verursacher zu nennen, den CO<sub>2</sub>-Anstieg zu erklären oder über den riesigen Energieverbrauch der Industrieländer zu diskutieren. Das Reden über Umweltprobleme, Bearbeiten von Zahlen sind lediglich Tätigkeiten zum Erwerb reproduzierbaren Wissens.

In Anlehnung an diese Überlegungen entwickelte sich aus organisatorischen und zeitlichen Aspekten ein Alternative zum Projekt. Eine Umsetzung die eingebunden in den Wochenstundenplan der SchülerInnen, auf den aufgezeigten didaktischen und methodischen Prinzipien „Problemorientierung“, „Handlungsorientierung“ und „Schülerorientierung“ basiert und sich in der Erarbeitung an die Vorgehensweisen eines Projektes anlehnt.

Meine didaktisch-methodischen Überlegungen entstanden hier in Anlehnung an Seybold 1987<sup>42</sup>, die ich im folgenden erläutern möchte:

- *Handlungsorientierung*
  - „Ganzheitlichkeit“ – der Unterricht soll versuchen den „ganzen Schüler“ mit allen Sinnen anzusprechen. Die Methoden sollen so sein, dass sie „sinnhaftes“Lernen ermöglichen
  - Der Unterricht soll schüleraktiv sein, da Selbsttätigkeit die Voraussetzung für Selbstständigkeit ist.
  - Die subjektiven Schülerinteressen sollen möglichst als Ausgangspunkt des Unterrichts genommen werden.
  - SchülerInnen werden an der Planung, Durchführung und Auswertung des Unterrichts beteiligt.
  - Öffnung der Schule nach innen und außen. Außerschulische Lernorte werden mit einbezogen. Methoden werden ausgewählt, die Forschungs- und Arbeitsprozesse ermöglichen (wie die naturwissenschaftliche-experimentelle „Erkenntnismethode“, sozialwissenschaftliche Erhebungen)

---

Unterrichtsprozesses leiten, so dass Kopf- und Handarbeit der Schüler in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander gebracht werden können“ MEYER,H. (1994, S. 402)

<sup>40</sup>End- bzw. Handlungsprodukt ist zu verstehen als ein „veröffentlichungsfähiges materielles und geistiges Ergebnis des Unterrichts“ /Vgl. JANK/MEYER 1994, S. 355f.)

<sup>41</sup>Vgl. didaktische Ausführungen S. ....

<sup>42</sup>Vgl. BOLSCO/SEYBOLD, 1996, S. 84



- die Herstellung eines Handlungsproduktes zu verstehen als „veröffentlichungsfähiges materielles und geistiges Ergebnis des Unterrichts“<sup>43</sup>
- *Problemorientierung* bedeutet,
  - den gesellschaftlichen Hintergrund aufzuzeigen, Interessensgegensätze in Konflikten sichtbar zu machen (Ökonomie und Ökologie),
  - nicht nur Phänomene der Umweltzerstörung aufgezeigt, sondern durch systematische Analysen dieser Phänomene auf den Grund gegangen wird. D.h. es gilt Auswirkungen von Eingriffen auf Mensch, Tier und Pflanze festzustellen, Menschen als Verursacher zu erkennen,
  - zeitliche Entwicklungen und lokale Veränderungen zu erkennen, Schutzmaßnahmen zu treffen und umweltgerecht zu planen.
- *Situationsorientierung* bedeutet
  - Umweltsituationen unter Bezug auf den lokalen Umweltbereich zu unterrichten sind. Dies schließt lernen in und an der konkreten Erfahrungswelt der Schüler, die zur Situationsveränderung herausfordert mit ein.
  - Jetzige und zukünftige Probleme aufzugreifen

Der Biologieunterricht ist insofern „problemorientiert“, als er als Ausgangspunkt des Lernprozesses i.d.R. eine Problemsituation besitzt, von der aus das Thema des Unterrichts erschlossen werden kann und die erst im Verlauf des Unterrichts einer Lösung zugeführt wird. Die Schwierigkeit liegt dabei vor allem darin, eine Problemsituation zu finden, die zum einen möglichst viele Elemente der Sachstruktur eröffnet und zum anderen in Form eines möglichst motivierenden, d.h. neugierigerweckenden Unterrichtseinstieges präsentiert werden kann.

Diese oben aufgeführten Prinzipien implizieren immer auch eine gewisse „Offenheit“, die dadurch gewährleistet sein soll, dass Teilschritte zur Problemlösung zwar prophylaktisch von der L.<sup>44</sup> geplant werden, aber nicht als von L. absolut festgesetzt im Unterricht in Erscheinung treten müssen.

Nicht zuletzt sollen die SchülerInnen durch die Orientierung an diesem methodischen Prinzip eine Möglichkeit der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung kennenlernen und einüben.

Durch die Beteiligung der SchülerInnen an der Planung der Unterrichtsreihe werden nicht nur deren Interessen berücksichtigt, sondern auch Raum für *Mit-Organisation* und *Mit-Verantwortung* gegeben. Darüber hinaus lässt dieses Konzept sowohl entdeckendes Lernen, z.B. durch *Schülerexperimente* als auch

---

<sup>43</sup>BOLSCHO/ SEYBOLD, 1994 S. 147

<sup>44</sup> L. = Lehrerin

erfahrungsbezogenes Lernen, z.B. durch *originale Begegnung* mit dem Sachverhalt und mit Experten zu. Hier denke ich vor allem an eine *Waldschadens-exkursion* mit dem Förster oder eine Exkursion zu einem nahe gelegenen Autokonzern, wie der Adam Opel AG, um Handlungsstrategien zu beleuchten. Durch diese Art des Lernens erfährt der Unterricht eine außerschulische Öffnung zum „lebensnahen Leben“, bezieht gesellschaftliche als auch ökonomische und politische Aspekte mit ein. Somit bietet es den SchülerInnen die Möglichkeit mit ihrem erworbenen Kenntnissen, an gesellschaftspolitischen Diskussionen über das Waldsterben und dessen Ursachen und Auswirkungen teilzunehmen und den direkten Konflikt zwischen Ökologie und Ökonomie wahrzunehmen. STAECK macht hierzu folgende Aussage: „Der Schüler soll erkennen, dass Sorge für die Umwelt die Auseinandersetzung mit Interessengegensätzen einschließt und deshalb eine sorgfältige Abwägung von ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten notwendig ist“<sup>45</sup>.

Dieses Vorgehen halte ich deshalb für sinnvoll, da infolge der didaktischen Überlegungen ein Ziel der Unterrichtsreihe sein muss, bei den SchülerInnen eine Veränderung des Bewusstseins in Bezug auf ihre Umwelt einzuleiten, was schließlich zu einer Verhaltensänderung, bzw. zur Entwicklung von „kleinen Lösungen“ für den eigenen Umweltbereich z.B. umweltschonendes Autofahren, das Nutzen von Mitfahrgelegenheiten, ökologische Aspekte beim Autokauf (wie Katalysator, geringer Benzinverbrauch) führen kann.

Natürlich stellt sich hier die Frage, ob die in diesem Zusammenhang geplanten Exkursionen nicht durch entsprechendes Informations- und Anschauungsmaterial im Unterricht ersetzt werden können. Im Sinne der „Handlungsorientierung“<sup>46</sup> geht es jedoch nicht allein um das Erstellen eines konkreten, also sinnlich-fassbaren Produktes, wie beispielsweise eines Modells oder einer Wandzeitung, sondern um die Einbeziehung möglichst vieler Sinne bereits im Lern- und Arbeitsprozess, wie es im Erleben des Unterrichtsgegenstandes vor Ort gegeben ist. Mit dem Ziel der Entwicklung der Selbstständigkeit und der Selbsttätigkeit der Schüler sollten diesen, wenn es wie bei diesem Thema um ein Problem aus nächster Nähe geht, auch eigene Erfahrungen durch Gespräche mit Experten ermöglicht werden. Die dabei gewonnenen Ergebnisse sollten dann z.B. im Rahmen einer Ausstellung auch tatsächlich beachtet werden. Unterstützt wird diese Vorgehensweise auch durch die Aussagen des Hessischen

---

<sup>45</sup>STAECK, S. 163, 1987

<sup>46</sup>Ausgehend von den Ideen der Reformpädagogischen Bewegung Anfang des Jahrhunderts und getragen von der Forderung nach mehr Selbsttätigkeit der Schüler (GAUDIG, KERSCHENSTEINER), sowie der Einbeziehung von „Kopf, Herz und Hand“ im Lernen (PESTALOZZI und WAGENSCHEN) entwickelte sich die *Handlungsorientierung* als „methodisches Prinzip“ (GUDJONS). In der neueren Didaktik um das Ausmaß von Aktivitäts- und Produktivitätsanteilen innerhalb der handlungsorientierten Unterrichts betont BÖNSCH stärker als GUDJONS, dass das Denken als Ergebnis geistiger Operation auch als „Handeln“ angesehen werden muss. Vgl. GUDJONS 1989 und BÖNSCH 1996.

Kultusminister:„ Aus der originären Begegnung erwächst die Neugierde und Bereitschaft, sich mit den unterschiedlichen Lebensformen auseinander zu setzen und dabei eine gewisse Artenkenntnis zu erwerben“<sup>47</sup>.

Darüber hinaus sehe ich meine Aufgabe als Lehrerin Methoden und Sozialformen auszuwählen und vorzubereiten, die Denk- und Forschungs- bzw. Arbeitsprozesse ermöglichen. Insofern werden insbesondere die arbeitsteilige Gruppenarbeit und die Partnerarbeit, Arbeitsformen darstellen, die zum einen den SchülerInnen in dieser Jahrgangsstufe entsprechen<sup>48</sup> und auf das zukünftige Berufsleben vorbereiten können. Ob Studium oder Beruf es wird immer mehr Teamgeist und Kooperationsbereitschaft des Einzelnen verlangt, aber auch Toleranz und Konfliktfähigkeit sind zu lernen, um die Probleme der Gegenwart und der Zukunft meistern zu können. Hier kann Schule Bausteine legen und die gesellschaftliche Anforderungen einüben.

Daneben möchte ich vor allem die naturwissenschaftlich-experimentelle „Erkenntnismethode“ und die „sozialwissenschaftlichen Erhebungen“, die eine angewandte Methode der Kulturgeographie ist, in den Unterricht einbeziehen.

Das *naturwissenschaftliche experimentelle Verfahren* gehört zu den klassischen Methoden der Biologie, Physik und Chemie. Es wird benutzt als Methode des zielgerichteten Erforschens der Umwelt. Zum Experiment gehören eine Fülle von Teilmethoden, die jede für sich das selbständige Handeln der Schüler in Bereichen der Umweltbildung begünstigen. So z.B. das Formulieren von Hypothesen, (d.h. Überlegen sinnvoll erscheinender Antworten auf die gestellten Fragen), die Versuchsplanung (d.h. Überlegen sinnvoll erscheinender Wege zur Klärung der Frage) mit Aufbau des Versuches, Beobachten eines Phänomens (Kurzzeit- oder Langzeitbeobachtung), Klassifizieren von Beobachtungen, Interpretation von Daten, graphische Darstellung von Daten in Tabellen, Bildern oder Texten, Vergleichen von Versuchsergebnissen und der vorher aufgestellten Vermutung, das Formulieren von Ergebnissen bzw. eine Verallgemeinerung der Resultate, (d.h. Vergleich mit anderen Ergebnissen, evtl. Aufstellen von Regeln, Rückbezug auf die Ausgangssituation und Formulierung neuer Hypothesen.

Die in der sozialwissenschaftlichen Erhebung verfolgten methodischen Ansätze sind *Befragung* und *Beobachtung*. Wobei ich mich gerade im Hinblick auf die SchülerInnen für den Einsatz von nicht *standardisierten Befragungen* entschieden habe<sup>49</sup>, d.h. einen Fragebogen mit offenen Antworten zu gestalten. Dies erachte ich für unterrichtsadäquat, zumal keine Vergleichbarkeit verschiedener Expertenantworten oder Meinungen zu beachten ist, da nur der Förster HR. Schlotte als Experte zur direkten Verfügung steht. Eine Gegenüberstellung ver-

---

<sup>47</sup>KSP Gymnasiale Oberstufe Biologie S. 24, 1994

<sup>48</sup> vgl. Lerngruppenanalyse

<sup>49</sup> Eine Standardisierung wird durch festgelegte Antwortvorgaben erreicht.

schiedenen Expertenaussagen wäre sicherlich eine Alternative gewesen, allerdings hätte dies einen erheblichen zeitlichen Mehraufwand bedeutet.

## 5. Zentrale Lernziele

Der Schwerpunkt dieser Unterrichtsreihe beruht auf dem Grundsatz, dass „zur Erfüllung des Bildungsauftrages, nämlich, ...die Schüler zu befähigen, ihr Leben selbstständig und verantwortungsvoll zu gestalten, in erster Linie Qualifikationen und nicht angehäuften Wissen die Grundlage bilden“<sup>50</sup>. Daraus ergeben sich die nachfolgend drei wesentliche **übergeordnete Leitziele** der Umwelterziehung, die aus den zu Anfang geschilderten Lernvoraussetzungen der SchülerInnen und den daraus resultierenden didaktischen und methodischen Überlegungen entstanden sind.

- Die Umwelterziehung zum Thema Waldsterben soll SchülerInnen die Auseinandersetzung mit der natürlichen und sozialen und kulturellen Umwelt erschließen.
- Umwelterziehung soll in der Schule die Fähigkeit zum Problemlösen in komplexen Systemen fördern.
  - verstehen lernen, dass lebende Systeme sehr komplex sind und deshalb zu ihrer Erfassung besondere „ganzheitliche“ Herangehensweisen erforderlich sind
  - durch exemplarische Erarbeitung, Ansätze eines komplexen Ursachen-Wirkungsgefüges am Beispiel Waldsterben verstehen lernen
  - lernen, Erkenntnisse und Methoden aus Nachbardisziplinen (der Chemie, Physik, Geographie, Politik und Gemeinschaftskunde) bei der Bearbeitung biologischer Fragestellungen zunehmend miteinzubeziehen
- Umwelterziehung soll in der Schule dazu beitragen, Schüler für die Beteiligung am politischen Leben zu befähigen.
  - dazu gehört das Durchschaubarmachen der mit dem Waldsterben zusammenhängenden Faktoren und Prozesse.
  - durch den Biologieunterricht Kenntnisse, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Verhaltensweisen erwerben, die es ihnen ermöglichen, biologisch bedeut-

---

<sup>50</sup> PAUL 1998a, S. 4

same Situationen denkend und handelnd zu bewältigen, sowie ihrem Alter entsprechend an der Gestaltung ihrer Umwelt mitzuwirken

- Verantwortung für die Natur im individuellen und gesellschaftlichen Bereich zu übernehmen

Eine Differenzierung der Lernziele (Haupt- und Feinlernziele) für die einzelnen Stunden der gesamten Unterrichtsreihe wird in der tabellarischen Verlaufsübersicht für die einzelnen Stunden konkretisiert und hier die **Hauptlernzielen** nochmals zusammenfassend aufgeführt:

Die SchülerInnen sollen:

*kognitive Lernziele:*

- lernen mit den ihnen zur Verfügung stehenden Möglichkeiten, Experimente durchzuführen, auszuwerten und zu hinterfragen und somit wissenschaftliches Arbeiten kennenzulernen.
- erkennen, dass Schwefeldioxid- und Stickoxidimmission schädigende Wirkungen auf die Anatomie und Stoffwechselphysiologie der Pflanzen haben
- erkennen, dass Stickoxiddeposition einen Düngereffekt bei Pflanzen auslösen (Wachstumsbeschleunigung)
- lernen, dass die Stickoxid- u. Schwefeldioxidimmission zur Bodenversauerung führt, welche zu einer Auswaschung der Nährstoffe beiträgt und zur Nitratbelastung des Grundwassers führt
- lernen ihre in und außerhalb der Schule erworbenen Kenntnisse mit ihren Versuchsergebnissen zu vergleichen
- einen Einblick in ökonomische Interessen und Zusammenhänge gewinnen

*instrumentelle Lernziele:*

- wichtige biologische Arbeitsweisen erlernen und einüben (wie Beschreiben, Beobachten, Ordnen, Vergleichen, Analysieren, Zusammenfassen und Verknüpfen von Erkenntnissen, Planen von Versuchen, Experimentieren - qualitativ und quantitativ, Interpretieren der Ergebnisse mit anschließender Modellbildung)<sup>51</sup>
- ihre Kenntnisse der biologischen Fachsprache erweitern und sie verwenden können

*affektive Lernziele:*

---

<sup>51</sup>die gegenständlich sein können, aber auch Denkmodelle sind im Sinne der aufgeführten Handlungsorientierung zulässig.

Im Anschluss an die Aufstellung der Lernziele stellt sich die Frage nach deren Überprüfbarkeit. Überprüft werden können nur Lernziele, die empirisch fassbar sind. Aufgrund der Verordnungen zum Hessischen Schulgesetz dürfen in einem Leistungskurs nur zwei schriftliche Leistungsnachweise im Halbjahr erfolgen. Am Ende dieser Unterrichtsreihe besteht von daher keine Möglichkeit mehr die Lernziele schriftlich zu erfassen. Als gültige Leistungsnachweise gelten aber auch die Mitarbeit im Unterricht, schriftliche Ausarbeitungen, Protokolle, Versuchsbeschreibungen und nicht zuletzt Reorganisation- und Transfervermögen der SchülerInnen. Zu den überprüfbaren Lernfortschritten zählen deshalb zunächst die Verhaltensweisen der SchülerInnen, die beobachtbar sind und aufgrund eines vorher festgelegten Bewertungsmaßstabes sowie der genauen Angabe der Bedingungen, unter denen das Verhalten erwartet wird, eindeutig bewertbar sind. Hierzu zählen beispielsweise die in der Phase der Erarbeitung verlangten „Operationen“ der SchülerInnen, wenn diese durch das aktive Zuhören, Fragen und Mitschreiben bei Exkursionen bzw. durch das Lesen, Interpretieren der bereitgestellten die für die Arbeitsgruppe nötigen Informationen auswerten, in der Gruppe besprechen und festhalten. Die Ergebnisse der Gruppenarbeit werden im Unterrichtsgespräch überprüft und durch Verschriftlichung (Tafelbild, OH-Folie) bzw. bildliche Umsetzung (Graphiken und Schaubilder) und nicht zuletzt durch die Zusammenführung der einzelnen Ergebnisse gesichert (Bsp. Bei Durchführung von Experimenten). Die von den SchülerInnen durch diese Operationen erreichten kognitiv-instrumentellen Lernziele haben folglich sowohl eine Inhalts- als auch eine Verhaltensdimension.

Ein wesentlicher Schwerpunkt der Lernkontrolle liegt in der letzten Phase der Reihe, hier sollen die einzelnen Glieder des Ursachen-Wirkungsgefüges selbstständig von den SchülerInnen in einer aussagekräftigen Darstellung, wie einem Schaubild oder Plakat zusammengeführt und verdeutlicht werden. Hier wird zum einen Reorganisation und zum anderen Transferleistung von den SchülerInnen erwartet, gleichzeitig kann hier ein Lernfortschritt der SchülerInnen ermittelt werden.

Doch wie sieht die Überprüfbarkeit der für die Unterrichtsreihe formulierten Leitziele aus?

Hier stößt die Kontrolle der Lernziele an ihre Grenzen, denn im Gegensatz zu den kognitiv-instrumentellen Lernergebnissen der SchülerInnen, kann sich soziale und affektive Kompetenz nicht überprüfen lassen. Dennoch ist es wichtig den Grad an erreichter sozialer und affektiver Verhaltenskompetenz bei SchülerInnen zu steigern und ist sicherlich mit Zunahme von fachlicher Kompetenz verknüpft. Gerade im Hinblick auf die Verhaltensanforderungen im politischen Alltag wie in der privaten und beruflichen Lebenswelt ist es wichtig, dass Schule neben der fachlichen Wissensvermittlung in gleichem Maß Kompeten-

zen im methodischen, sozialen, kommunikativen und affektiven Bereich ausbildet

Dies bedeutet nicht, dass Lernen hier nicht zielgerichtet erfolgen würde. Im Gegenteil begünstigt aktive, handlungsorientierte Auseinandersetzung mit dem Thema in Verbindung mit affektiv besetzten Erlebnissituationen (z.B. Wald- und Autoindustrie – Exkursionen) ein äußerst wirksames und vor allem nachhaltiges Lernen.

## **6. Geplanter Verlauf der Unterrichtsreihe**

Ausgehend von der Problematisierung der Thematik über ein Zeitungsartikel erfolgt ein Brainstorming über das vorhandene Wissen, welches dann in Leitfragen münden. Die Herausarbeitung der Leitfragen und die vorläufige Eini-gung über Wahrnehmung von Exkursionen und über ein Handlungsprodukt ergeben einen „Arbeitsrahmen“ der Unterrichtsreihe (bei einem Projekt würde man von einem „Projektplan“ sprechen), wobei jederzeit notwendige Abweichungen und Ergänzungen möglich sein sollen. Die folgenden didaktischen Ebenen möchte ich in Bearbeitung der Thematik „Waldsterben“ in einer Grob-planung berücksichtigen:

### *I. Ebene der Informationsbeschaffung zur Bearbeitung der Leitfragen*

- Sichtung der vorhandenen und bereit gestellten Quellentexten, Brainstorming des vorhandenen Wissens
- Exkursionsplanung /Expertenbefragung
- Aufspüren von Zusammenhängen zur Bearbeitung von Fragen zu:
  - mögliche Ursachen des Waldsterbens,
  - Wirkungen des sauren Regens im Ökosystem Wald,
  - Evtl. Folgen des Waldsterbens für Boden, Klima und Wasserhaushalt

### *II. Ebene der Bearbeitung und Diskussion der Leitfragen*

#### *Problemorientierte Ebene*

- problemorientiert auf der Basis eigener systematischer Untersuchungen (Experimente) und Beobachtungen (Waldexkursion) und der Materialauswertung (z.B. Waldschadensbericht, Informationsmaterialien) soll den Phänomenen des Waldsterbens auf den Grund gegangen werden
- Miteinbeziehung der Expertenmeinungen
- Konflikt Ökonomie und Ökonomie anhand der Automobilindustrie aufzeigen

#### *Handlungsorientierte Ebene*

- Durchführung von Experimenten
- Expertenbefragung (Fragebogen)
- Arbeit am Produkt Bsp. einer Wandzeitung, Ergänzungen zu der Ausstellung „Initiative Wald“ vornehmen
- Darstellung eines Schaubildes des Systemgefüges „Waldsterben“
- Evtl. Einrichtung einer Mitfahrbörse an der Schule, Aufklärungsarbeit an der Schule leisten, Selbsthilfeaktionen starten

Diese aufgeführten Ebenen spiegeln sich in einer groben Verlaufsplanung wider. Diese bildet allerdings nur den äußeren Rahmen und lässt Abweichungen zu, da dieser durch die Miteinbeziehung der SchülerInnen bei der Planung, erst konkretisiert werden kann. Für die Exkursionen bedarf es allerdings einer Termin - Festlegung mit dem Förster und mit dem Technischen Zentrum der Adam Opel AG. Insofern war hier der Planungsspielraum durch die beiden Exkursionen festgelegt. Auch die Tatsache, dass ich über die Schutzgemeinschaft Deutscher Wald die Wanderausstellung „Initiative Wald“ für das Schuldorf organisiert hatte, die zum einen durch die Ergebnisse der Unterrichtsreihe und zum anderen über die Arbeit des Biologieleistungskurses zum Thema „Ökologische Lern- und Arbeitsprozesse zum Thema Wald“ ergänzt werden soll. Beginn der Ausstellung ist der „Tag der offenen Tür“ am Schuldorf sein, um hier allen Schülern und Besuchern und vor allem den Eltern die Thematik rund um den Wald näher zu bringen und einen Einblick in die Arbeitsweise des Kurses zu vermitteln.





### Tabellarische Grobplanung

Stunde	Phase / Thema / Inhalt	Hauptlernziele der Stunde Die SchülerInnen sollen
1. Doppelstunde Mi. 8.1.97	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung/</li> <li>- Problematisierung:</li> <li>- „Von einem Waldsterben kann keine Rede mehr sein – Bäume wachsen schneller“</li> <li>- Statistiken des Waldschadensberichtes als Vergleich hinzuziehen</li> <li>- Brainstorming (Vermutungen über Ursachen und Auswirkungen)</li> <li>- Entwicklung von Leitfragen</li> <li>- Problematisierung: Aufnahme und Transport der Wasseraufnahme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mit Hilfe des Waldschadensberichtes 1996 eine Gegenthese bilden und Vermutungen über die Ursachen und Auswirkungen auf die Bäume anstellen</li> <li>• Leitfragen als Bearbeitungsrahmen der Thematik entwickeln und lernen sich bei der Bearbeitung an den Leitfragen zu orientieren</li> <li>• Vermutungen anstellen, wie das Wasser vom Baum aufgenommen und transportiert wird</li> <li>• im Hinblick auf die Schadstoffaufnahme des Baumes die funktionelle Morphologie hinterfragen lernen</li> </ul>
2. Einzelstunde Do. 9.1.97	Wiederholung und Erarbeitung in arbeitsteiligen Gruppen Mikroskopieren von Querschnitten (Dauerpräparaten) von Laub- Nadelblatt, Spross, Wurzel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mit Hilfe von Informationstexten und dem Mikroskopieren von Dauerpräparaten die Anatomie von Laub- und Nadelblatt, Spross und Wurzel wiederholen (Inhalt aus Jahrgangstufe 11) und erarbeiten</li> </ul>
3. Doppelstunde Mo. 13.1.97	<p>Erarbeitung von Lösungen der Leitfragen z.B. Funktionelle Morphologie Transportwege (Diffusion und Osmotisches Prinzip; Gasaustausch)</p> <p>Evtl. Durchführung bzw. Ansetzen von Experimenten wie bsp. Begasung von Kresse, Herstellung von „Saurem Regen“ u.a.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Transportwege von Wasser und Mineralstoffe sowie der Assimilate nachvollziehen und erklären können</li> <li>• Überlegungen anstellen, um Ursachen von Schädigungen an der Pflanze überprüfen und nachweisen zu können</li> <li>• Methoden des wissenschaftlichen Arbeitens, in Form von Überprüfung durch Experimentieren, kennenlernen</li> <li>• üben Experimente nach Anleitung selbstständig aufzubauen und durchzuführen</li> </ul>
Exkursion mit Führung in den lokalen Wald Mi. 15.1.97	<p>Waldschadensexkursion unter Leitung von dem Förster Hr. Schlote</p> <p>Fragebogen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zunächst beobachten, die Schädigung an den Bäumen erkennen und beschreiben lernen</li> <li>• einen „Blick“ für die Schädigung durch fachkundige Hinweise bekommen</li> <li>• einen Einblick in die lokale Problematik</li> </ul>

		<p>des Waldsterbens erhalten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen mit Experten ins Gespräch zu kommen und Hintergründe zu erfragen</li> <li>• lernen über einen Fragebogen Informationen zu erheben</li> </ul>
4. Einzelstunde Do. 16.1.97	<p>Erarbeitung / Nachbesprechung der Exkursion Auswertung der Versuche in den jeweiligen Gruppen;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wichtige Expertenaussagen mit den im Unterricht erarbeiteten Lösungen vergleichen und gegebenenfalls ergänzen</li> <li>• bei der Auswertung der Versuche die Aussagen der Experten mit berücksichtigen</li> <li>• die Versuchsergebnisse graphisch darstellen und interpretieren lernen</li> </ul>
5. Doppelstunde Mo. 20.1.97	<p>Präsentation der Versuchsergebnisse Auswirkungen der Schadstoffe auf Blatt, Spross und Wurzel  Diskussion</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• den jeweils anderen Gruppen ihre Ergebnisse präsentieren und erläutern lernen</li> <li>• Auswirkungen für das Blatt anhand der Spaltöffnungsschädigung aufzeigen</li> <li>• die Bodenversauerung verstehen und die Aufnahme der Schadstoffe über die Wurzel erklären können</li> </ul>
Exkursion Mi. 22.1.97	<p>zu einem Vertreter der Automobilindustrie (Adam Opel AG)  Protokollerstellung</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sich mit Experten über Möglichkeiten der Schadstoffverringerung (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub>) informieren (Katalysatortechnik, 3-L-Auto, umweltschonendes Fahren)</li> <li>• die Interessen der Industrie und ökonomische Belange aufgezeigt bekommen und somit den Interessenskonflikt zwischen Ökologie und Ökonomie zu erfahren</li> <li>• lernen und üben ein Protokoll über eine Tagesexkursion anzufertigen</li> </ul>
7. Einzelstunde Do. 23.1.97	<p>Nachbesprechung der Exkursion / Wiederholung-Katalysatortechnik Erarbeitung und Diskussion über eigene Handlungsmöglichkeiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• über eigene Handlungsmöglichkeiten bzw. Verhaltensänderungen in Bezug auf Verringerung (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub>-Emission) nachdenken und aufzeigen</li> <li>• die Notwendigkeit erkennen umweltschonend Auto zu fahren bzw. Mitfahrgelegenheiten oder öffentliche Verkehrsmittel wahrzunehmen</li> </ul>
8. Doppelstunde Fr. 24.1.97	<p>Zusammenfassung und Dokumentation der Arbeitsergebnisse</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die eigenen Arbeitsergebnisse über Plakaterstellung lernen zu visualisieren und zu verdeutlichen</li> </ul>

Ausstellung Sa. 25.1.97	Präsentation in der Ausstellung „Ökologische Lern- und Arbeitsprozesse“ ergänzend zur Wanderausstellung „Initiative Wald“	• lernen die Öffentlichkeitsarbeit zu nutzen, um Probleme, Handlungsmöglichkeiten bzw. Lösungsansätze aufzuzeigen
----------------------------	---	---

## B. Die Durchführung der Unterrichtsreihe

Zwischen dem geplanten und dem tatsächlichen Verlauf der Unterrichtsreihe gibt es sowohl inhaltliche aber vor allem zeitliche Abweichungen. Die in diesem Umfang zwar nicht geplant aber durch die Prinzipien der „Schülerorientierung“ und „Problemorientierung“ und die Mitbeziehung der SchülerInnen an der Planung begründet wird, da sie eine gewisse Offenheit impliziert<sup>52</sup>. Anhand der folgenden Tabelle erhält man einen guten Überblick und anhand der geplanten Lernziele und der einzelnen Unterrichtsschritte lässt sich der Ablauf der Unterrichtsreihe gut nachvollziehen. Von daher werden nur die Schwerpunktstunden, die in der tabellarischen Übersicht grau unterlegt sind, ausführlich und mit didaktisch-methodischen Überlegungen im Detail beschrieben.

### 2. Schwerpunktstunden

#### 2.1 Begründung der Wahl der Schwerpunktstunden

Als Schwerpunktstunden für die Examensarbeit habe ich jeweils eine Stunde aus den thematischen Abschnitten „Einführung und Problematisierung“ und „Ergebnissicherung und Zusammenfassung“ gewählt. In der ersten hier beschriebenen Stunde werden die Grundlagen gelegt und der Arbeitsrahmen, in Form von Leitfragenerstellung, für die weitere Erarbeitung der Unterrichtsreihe gesteckt. Sie stellt aus diesem Grund eine aussagekräftige und bedeutsame Stunde sowohl im Hinblick auf die didaktischen als auch die methodischen Prinzipien der Unterrichtsreihe dar.

Die letzte Stunde beschäftigt sich mit der Zusammenführung der Ergebnisse auf einem Schaubild, das die Schüler selbstständig erstellen sollen. Von daher werden Reorganisations- und Transfervermögen der SchülerInnen aufgezeigt und desweiteren dient jene Erarbeitung der Überprüfung der Lernziele. Sowohl der handlungsorientierte Aspekt als auch die sinnvolle Handlungsperspektive werden hier berücksichtigt. Die Inhalte und Methoden beider Stunden erscheinen mir daher besonders geeignet, die didaktischen und methodischen Prinzipien

---

<sup>52</sup> Siehe methodische Überlegungen

en und Zielsetzungen der Reihe aufzuzeigen<sup>53</sup> und das Systemgefüge zu verdeutlichen.

## **2.2 Darstellung der ersten Schwerpunktstunde:**

### **2.2.1 Planung der Doppelstunde**

Es gab Zeiten (in den 80er- / Anfang der 90er Jahre) in denen täglich in Zeitungen und Zeitschriften Meldungen, Berichte oder Kommentare zu lesen waren, die das Waldsterben zum Thema hatten. Dabei war das Thema nicht nur von der Seite der Forstwissenschaft, der Biologie, der Bodenkunde, der Chemie, der Meteorologie und anderen Naturwissenschaften beleuchtet, sondern in verstärktem Maße auch aus dem Blickwinkel von ökologisch engagierten Bürgern, Naturschützern, Wirtschaftswissenschaftlern, Juristen und Politikern. Kein Umweltthema wurde so leidenschaftlich diskutiert, wie das Sterben unserer Wälder. Offenbar erkannten und spürten damals ein großer Teil der Bevölkerung, dass mit der Natur um uns herum unser eigener Lebensraum, also letztlich das menschliche Leben selbst, bedroht war.

Zweifelsohne ist das Thema Waldsterben noch aktuell und hat nicht an Brisanz verloren<sup>54</sup>, aber eines hat sich geändert, das Medieninteresse hat abgenommen, somit ist es „ruhiger“ geworden um diese Thematik.

Heute streiten sich die einzelnen Wissenschaftler und Forstwissenschaftliche Institute darum, ob man derzeit noch von einem Waldsterben sprechen kann.

So erscheinen nun Meldungen, die das Waldsterben beschönigen oder sogar die hohen Stickstoffeinträge aus Landwirtschaft und Verkehr mit positiv Aspekten versehen<sup>55</sup>: beschleunigtes Wachstum der Bäume ist die Folge, gesteigerter Holzzuwachs für die Industrie und Wirtschaft von Interesse. Soll durch diese Informationen das Gewissen der Verbraucher entlasten werden oder muß man es als Alibi der Industrie ansehen? Aus diesen genannten Aspekten und Fragen heraus ist es sowohl aus gesellschaftlichen Kriterien relevant und aus fachwissenschaftlichen Gründen unerlässlich, sogar zwingend im Biologieunterricht diese Phänomene zu problematisieren und zu untersuchen. Aber auch für die SchülerInnen ist es für ihre zukünftigen Handlungsstrategien und ihr politisches und ökologisches Bewusstsein außerordentlich wichtig mit Zeitungsartikeln wie diesem gewählten auseinanderzusetzen. Als problemorientierten Ausgangspunkt der Unterrichtsreihe möchte ich aus den aufgeführten Gründen den Einstieg über einen Zeitungsartikel des Darmstädter Echos, der am 2.9.96 erschienen ist (siehe Anhang), als stillen Impuls wählen. Natürlich gibt es auch

<sup>53</sup> Siehe auch didaktische Analyse S. ....

<sup>54</sup> was über die amtlichen Waldschadensberichte der letzten Jahre belegt wird.

<sup>55</sup> DARMSTÄDTER ECHO: Artikel "Von einem Waldsterben kann keine Rede mehr sein – Bäume wachsen schneller" vom 02.09.96 (siehe Anhang)

andere Alternativen, wie beispielsweise eine tonlose Filmsequenz oder eine Diareihe über das Waldsterben zu zeigen, auch eine Zukunftsreportage wäre denkbar. Auch über eine Einstiegs-Exkursion in den geschädigten Wald könnte das Thema erschlossen werden. Doch nur der Zeitungsartikel eröffnet auch die Dimension in die kritische Auseinandersetzung mit den Medien und zeigt so eine wichtige methodische Vorgehensweisen auf, die auch im naturwissenschaftlichen Unterricht von Bedeutung ist.

Im ersten Teil dieser Doppelstunde gilt es ausgehend von der Problematisierung über den Zeitungsartikel andere vergleichende Aussagen hinzuzuziehen. Der Waldschadensbericht 1996 zeigt hier ausreichende Informationen, in Form von Statistiken und Graphiken, von denen ich eine Auswahl getroffen habe, die gegenübergestellt werden können. Daraus sollen die Schüler dann eine Genthese bilden, welche durch eine Dia „geschädigter Wald“ visuell besser veranschaulicht werden soll. Anschließend kann mit der Methode des „Brainstormings“ über Vermutungen der Ursachen und der Auswirkungen des Waldsterbens die Erarbeitungsphase beginnen. Hierzu werden den SchülerInnen klebefähige Zettel verteilt, auf denen diese ihr vorhandenes Wissen oder Überlegungen in einer kurzen Phase der Stillarbeit aufschreiben sollen, um anschließend das Clustern einer Wandzeitung in der Ergebnissammelungsphase vorzunehmen. Bei diesem Vorgehen wird gewährleistet, dass der Kenntnisstand jedes Schülers und jeder Schülerin seine Berücksichtigung findet, die Aufzeichnungen im Plenum veröffentlicht und zudem thematisch zusammengefasst werden können. Über diese Methode wird das Hauptziel der Stunde nämlich die Bearbeitungsschwerpunkte bzw. Leitfragen zu erstellen, die den SchülerInnen und der Lehrerin als Bearbeitungsrahmen für die Thematik „Waldsterben“ dienen sollen, erreicht.

Als Ergebnissicherung werden die Leitfragen an der Tafel von den SchülerInnen festgehalten und später von der Lehrerin auf einer Overheadfolie übernommen. Im Anschluß daran soll den SchülerInnen ein Überblick<sup>56</sup> über die zur Verfügung stehenden Stunden gezeigt und die Planung für das weitere Vorgehen offengelegt werden. Dazu zählt die Möglichkeit einer Waldexkursion in Seeheim-Jugenheim und eine Ganztagesexkursion zu einem Automobilkonzern an den von mir vereinbarten Terminen, die allerdings nur mit Zustimmung seitens der SchülerInnen in den Bearbeitungsplan mit aufgenommen werden. Als ein Unterrichtsziel im Sinne der Handlungsorientierung wird den SchülerInnen die Präsentation ihrer Arbeitsergebnisse bzw. die Anfertigung eines Plakates für Ergänzung der Wanderausstellung „Initiative Wald“<sup>57</sup> genannt.

---

<sup>56</sup> in Form einer Overheadfolie

<sup>57</sup> Diese Ausstellung soll dazu dienen den Schülern im Abschluss der Einheit Ökologie Wald ihre erworbenen Kenntnisse zu vertiefen und zu überprüfen und andere Aspekte der Thematik zu erhalten. Daneben erhält die Ausstellung durch die Präsentation der Ergebnisse des gesamten Halbjahres des LK eine belebende Note.

In der darauffolgenden Stunde sollen die SchülerInnen den Arbeitsplan und die Leitfragen zur Orientierungshilfe erhalten.

Der zweite Teil der Stunde soll ebenfalls als Ausgangspunkt des weiteren Lernprozesses eine Problemsituation besitzen von der aus das Thema weiterführend erschlossen werden kann und die erst im Verlauf der weiteren Unterrichtsstunden einer Lösung zugeführt wird. Die erste Schwierigkeit liegt vor allem darin, eine Problematik zu finden, die zum einen möglichst viele Elemente der Sachstruktur eröffnet und zum anderen in Form eines möglichst neugierigerweckenden Phänomens präsentiert werden kann. Die zweite Schwierigkeit besteht darin ein Phänomen aufzugreifen, welches mein eigentliches didaktisches Prinzip, nämlich die Miteinbeziehung der SchülerInnen in das weitere Vorgehen ernst zuzunehmen, berücksichtigt.

In der Fragestellung nach dem Wassertransport des Baumes, „Wie transportiert der Baum das Wasser in die Blätter?“ kann die Problematik aufgegriffen werden, die vor allem eine mögliche Art der Schadstoffaufnahme des Baumes impliziert.

In der Phase der Problematisierung sollen die Schüler, nachdem eine Leherdemonstration – Gießen eine *Ficus benjaminii*- als Impuls erfolgt, zunächst Beschreiben und Beobachten und dann selbst zu der oben genannten Fragestellung gelangen. Diese soll wiederum in einer weiteren Erarbeitungsphase durch Hypothesen untermauert werden, die es gilt in den nächsten Stunden in Zusammenhang mit den erstellten Leitfragen zu bearbeiten. Über die Hypothesenerstellung soll als logische Folgerung der Transport von Wasser von der Wurzel bis zum Blatt erarbeitet und von den SchülerInnen die funktionelle Anatomie und Morphologie der Pflanze hinterfragt werden. Eine von mir ausgewählte Abbildung der Aufnahme und des Transportes von Wasser über die Wurzel ist sehr komplex da diese auch den Assimilattransport zeigt<sup>58</sup>. Dieser wird von mir überklebt, somit findet nur der Wassertransport Beachtung. Als Ergänzung halte ich eine weitere Folie mit den negativen Wasserpotentialwerten bereit<sup>59</sup>, worüber das Wasserpotentialgefälle zwischen Atmosphäre und Boden, Haupttriebkraft für den Ferntransport des Wassers, erarbeitet werden kann. Der Begriff Wasserpotential den Schülern unbekannt und eingeführt werden muss. Die erste Folie macht auf die morphologisch-funktionellen Strukturen der Pflanze aufmerksam, somit können die SchülerInnen ihre bisherigen Kenntnisse über die Anatomie der Sprosses und des Blattes einbringen. Dies ist ein Grund, warum ich diese Folie zunächst einsetzen möchte und die zweite als Ergänzung sehe. Diese Hinterfragung mündet in die Hausaufgabenstellung, bei der die SchülerInnen sich die Inhalte des Biologieunterrichtes der Jahrgangsstufe 11 über die Anatomie von Wurzel, Spross und Blatt vergegenwärtigen sollen. Dies halte ich für die künftige Erarbeitung in den nächsten Stunden für didaktisch sinnvoll, da diese Kenntnisse zum weiteren Verständnis der morphologisch-funktionellen Sachverhalte wichtig sein und die geplanten Mikroskopierübungen erleichtern werden.

---

<sup>58</sup> Quelle LINDER, S. 147 Abb. 147.1, siehe Anhang Abb.

<sup>59</sup> siehe Anhang Abb.

### 2.2.2 Lernziele

Die Schüler und Schülerinnen sollen:

#### *kognitiv- instrumentelle Lernziele*

- mit Hilfe von Statistiken des Waldschadensberichtes 1996 eine Gegenthese bilden
- über ein Brainstorming Vermutungen über die Schadensursachen und -auswirkungen auf die Bäume anstellen
- Leitfragen für einen „Erarbeitungsrahmen“ der Thematik entwickeln
- zunächst die Leherdemonstration beobachten und beschreiben und hierüber die Fragestellung über den Wassertransport bzw. -aufnahme selbst formulieren
- Hypothesen über die Wasseraufnahme und den -transport bilden
- den Wassertransport der Pflanze über die Wurzel zum Blatt in Ansätzen erarbeiten

#### *affektiv-emotionale Ziele*

- über den Zeitungsartikel auf die Problematik des Waldsterbens aufmerksam gemacht und für die Thematik sensibilisiert werden
- Anteilnehmen an der Problematik und dem Ausmaß des Waldsterbens
- in die Planung miteinbezogen und dadurch Mitverantwortung übernehmen

#### **-Minimalziele-**

- im Hinblick auf den Wasser- und Schadstofftransport des Baumes die funktionelle Morphologie hinterfragen
- erkennen, dass der Transportweg von Wasser und Nährsalzen für den Schadstofftransport von zentraler Bedeutung sind

#### **-Maximalziel-**

### 2.2.3 Durchführung

Im ersten Teil der Stunde verlief zunächst die Stunde nach meiner Planung, der Zeitungsartikel wurde als stiller Impuls eingesetzt. Die Schüler reagierten auf den Artikel mit ausgesprochen reger mündlicher Teilnahme. Die Kernaussagen des Artikels wurden an der Tafel von einer Schülerin festgehalten. Teils waren



die SchülerInnen über die Mitteilungen sehr erstaunt teils waren sie auch verärgert über die Darstellung der Sachlage. Vor allem S brachte den Einwand, dass der Artikel nur Aussagen über den quantitativen Holzzuwachs treffe, nicht aber über die Qualität des Holzes. Andere sahen in der beschönigenden Darstellung ein Alibi und Gewissensentlastung für die Industrie und Verbraucher. Erstaunlich war die kritische Umgangsweise mit dem Zeitungsartikel von vielen SchülerInnen, die ich in dieser Form nicht erwartet hatte.

Für die SchülerInnen stand fest: Waldsterben gibt es noch! Und somit wurde diese Gegenthese auch in ihrer Formulierung festgehalten. Im Gegensatz zu meiner Planung forderten die SchülerInnen von sich aus andere Informationen zum Vergleich heranzuziehen, dieser Forderung konnte ich dann natürlich durch die vorbereiteten Folien auch gerecht werden. Die Hauptergebnisse des mittleren Nadel- und Blattverlustes aus dem Waldschadensbericht 1996<sup>60</sup> wurde zunächst von einer sonst eher zurückhaltenden, ruhigeren Schülerin beschrieben und interpretiert. Sie zeigte dabei keine Schwierigkeiten, rief nach ihren Ausführungen andere Schüler auf, die dann Ergänzungen vornahmen. Die SchülerInnen erkannten, dass der mittlere Nadel- und Blattverlust bei allen untersuchten Baumarten über 60 Jahren stärker geschädigt sind als die jüngeren Bäume unter 60 Jahren. Bei dem Schadstufenanteil der Bäume über 60 Jahren die Buche und Eiche besonders stark betroffen sind in der Klassifizierung mittelstark geschädigt bis abgestorben, ein ganz geringer Prozentsatz der Baumarten wie Buche und Eiche aber auch Fichte und Kiefer sind ungeschädigt. Seit 1995 leichte Besserung eingetreten ist, kein weiteres Ansteigen der Schädigung zu verzeichnen ist. Offen blieb die Frage: „Warum die älteren Bäume stärker geschädigt sind als die jüngeren?“. Auf meinen Hinweis hin wurde eine Schülerin ausgewählt, die offen gebliebene Fragen notieren sollte und die an geeigneter Stelle mit Experten, wie dem Förster geklärt werden konnten.

Auch die Bedeutung der Aussagen über die Schadstoffstufen, habe ich ganz bewusst nicht geklärt, diese sollten mit dem Förster geklärt werden. Interessant war dann auch die für die SchülerInnen die Darstellung der Schädigung des Kronenzustandes der Buche im Vergleich Hessen/BRD/Europa, bei der die SchülerInnen sehr erstaunt waren über höchste Schädigung der Buche speziell in Hessen, darüber hinaus die Zunahme der Schädigung von 1984-1995 erkannten und herausstellten. Jeder Kursteilnehmer erhält von mir den Waldschadensbericht 1996 als ergänzende Informationsbroschüre für die Reihe Das anschließend eingesetzt Dia sorgte für Betroffenheit. Es kam zu einem Lehrer-Schüler-Gespräch in dem die Fragen nach der genauen Ursache und den genauen Auswirkungen auf den Baum gestellt wurden. Ich formulierte aus dem Gespräch mit den SchülerInnen die Fragestellung und schrieb diese an die Tafel (Warum kommt es zum Waldsterben? Was wird geschädigt?) Über die Fragestellung wird zum Brainstorming übergeleitet, das zunächst sehr zögernd, dann

---

<sup>60</sup> Siehe Anhang Abb.

aber doch gewissenhaft durchgeführt wurde. Nach einer kurzen Phase der Stillarbeit treten die SchülerInnen wieder in Aktion, gehen zur Tafel und befestigen ihre Zettel an der mit einem gezeichneten Baum versehenen Wandzeitung. Die SchülerInnen erkennen recht schnell wiederholende Aspekte auf denzetteln oder gleiche Themengebiete und nehmen, mit kleinen Hilfestellungen von L., eine thematische Ordnung vor. Nach meinem Vorschlag aus den entstandenen Themengebieten Leitfragen, für die künftige Bearbeitung der Thematik, zu entwickeln, formulieren die SchülerInnen selbstständig sechs Leitfragen und halten diese an der Tafel fest. Danach läuft zunächst alles nach meiner Planung, in einem L-S-G wird über die geplante Vorgehensweise gesprochen und die Vorschläge der Exkursionen und Ausstellung den Kursteilnehmern unterbreitet. Der Kurs zeigt insgesamt Interesse an den Exkursionen und auch an der Präsentation der Ergebnisse in der Ausstellung. Es erfolgt eine mündliche Aufforderung meinerseits auf Meldungen in den Medien zu achten<sup>61</sup> dann gebe ich eine kurze Pause von 5 min.

Nach der Pause nehme ich die vorgesehene Lehrerdemonstration an einem kleineren *Ficus benj.* in Hydrokultur vor. Diese Demonstration leitet die erste Problematisierungsphase der zweiten Hälfte der Doppelstunde: Wasseraufnahme und -transport ein, wobei nach meiner Suggestivfragestellung „Welche Fragestellung ergibt sich daraus?“ eine Schülerin die Frage „Wie transportiert der Baum das Wasser in die Blätter?“ formulierte. Mit einem stillen Impuls (ich verwies auf die an der Tafel formulierten Leitfragen) konnten die SchülerInnen den Zusammenhang zwischen dem Versuch und der formulierten Leitfrage 3 (Verlauf der Schadstoffwege im Baum – von Wurzel bis Blatt und umgekehrt) erkennen. Es beginnt die Phase der Erarbeitung zunächst mittels Hypothesenbildung, (die gut überlegte Vermutungen enthalten) werden von einem Schüler an der Tafel festgehalten<sup>62</sup>. Zur Überprüfung der Hypothesen setze ich eine teilweise abgedeckte OH-Folie über die Aufnahme und Transport von Wasser und Mineralstoffen ein. Diese Vorgehensweise leitet ein deduktives Vorgehen ein, dass die Erarbeitung für die SchülerInnen verkomplizierte, da zuviel unbekannte Informationen auf der Abbildung enthalten waren. Eine Schülerin zeichnet zunächst farbig den Verlauf des Wassers von der Wurzel bis zum Blatt nach, Fragen der Fachbegriffe wie Tracheen und Tracheiden, Spaltöffnungen tauchen auf. Zunächst versuche ich die Begriffe seitens der SchülerInnen klären zu lassen. Dabei stellte sich heraus dass nur drei Schüler die Anatomie der Pflanzenorgane in der Jahrgangsstufe 11 kurz umrissen erarbeitet hatten und mit diesen Begriffen nichts verbinden konnten. Die Frage nach der Anatomie von Wurzel, Spross und Blatt steht im Raum, im L-S-G wird eine gemeinsame Entscheidung zur notwendigen Erarbeitung der Anatomie der Or-

---

<sup>61</sup> SchülerInnen sollen die Zeitung FAZ miteinbeziehen, Artikel in Bezug auf Umwelt, Waldsterben, Natur, Maßnahmen zur Verbesserung der Luft, Technikverbesserung zur Abgasminde- rung, sowie auf Fernseh- und Radiosendungen mit dieser Thematik achten

<sup>62</sup> siehe Anhang Abb.

gane beschlossen. Dies soll allerdings in der nächsten Stunde erfolgen. Als Alternative zur Überprüfung bzw. Erarbeitung der Hypothesen setze ich eine weitere Folie zum Wassertransport in der Pflanze ein. Die angegebenen Wasserpotentialwerte (negative bar-Werte) von Boden, Atmosphäre und Luft werden zunächst von einer Schülerin beschrieben und hinterfragt, der Begriff negatives Wasserpotential geklärt. Die SchülerInnen erkennen ein Gefälle der Potentialwerte von Atmosphäre zum Boden und die extremen Unterschiede zwischen den Werten der Blätter<sup>63</sup> und der trockenen Luft und sowie der Wurzel und dem feuchten Boden. Ein Schüler schließt hieraus, dass die Luft bzw. Atmosphäre der Pflanze Wasser entziehen muss und somit ein Unterdruck in der Pflanze wie beim Strohalm entsteht. Die Wurzel aber Wasser aufsaugen kann, da sie ein negativeres Wasserpotential als der feuchte Boden hat. Dieses Ergebnis eines Schülers ist zunächst nicht von allen Mitschülern verstanden worden und wurde daraufhin hinterfragt bzw. nochmals von einer weiteren Schülerin erklärt und von mir ergänzt. Es wurde als Ergebnis gesichert und mit den Hypothesen verglichen, worauf die SchülerInnen erkannten, dass wir mit diesem Ergebnis zwei der Hypothesen bestätigen konnten. Die anderen Hypothesen blieben offen und sollten bei der Bearbeitung der Anatomie und der Transpiration ihre Verifizierung finden. Zum Ende der Stunde stellte eine Schülerin noch die Frage: „Wie und wodurch die Pflanze Wasser verliert?“ Verdunstung wurde genannt aber die genaue Klärung blieb offen.

#### **2.2.4 Reflexion der Stunde**

Der Einstieg mit dem Zeitungsartikel erwies sich als gelungen, zumal die SchülerInnen darüber eine echte Motivation erfahren haben sich andere amtliche Daten gegenüberstellend zu betrachten und zu analysieren. Die Reaktion auf den Artikel zeigt mir aber auch, dass das Waldsterben, obwohl in den Medien stiefmütterlich behandelt, doch in den Köpfen der SchülerInnen verankert ist. Auch die kritische Auseinandersetzung mit den Aussagen des Artikels gefiel mir sehr gut und zeigt, dass die Jugendlichen durchaus in der Lage sind, Medien kritisch zu betrachten. Die Interpretation der Graphiken über die statistischen Ergebnisse lief ebenfalls mit weniger Schwierigkeiten als ich gerechnet hatte, diese Methodenkompetenz besitzen einige gute SchülerInnen schon, andere müssen dies noch einüben. Hier ist auch immer wieder ein Augenmerk darauf zu richten, dass die schwächeren SchülerInnen nicht den Anschluss verlieren. Dem muss Rechnung getragen werden, indem ich gerade diese SchülerInnen versuchen muss darin zu motivieren die Erarbeitung zu übernehmen. Das Dia über den geschädigten Wald unterstrich die Aussagen und löste zusammen mit den Statistiken Betroffenheit aus. Im anschließenden L-S-G habe

---

<sup>63</sup> Alle negativen Werte zeigen eine gegenüber reinem Wasser herabgesetzte Wasserverfügbarkeit und entsprechen einer Saugkraft.

ich unnötiger Weise die Fragestellung für das Brainstorming selbst formuliert. Hier muß ich mich in meiner Lehrerrolle mehr zurückhalten, denn die SchülerInnen hätten dies auf jeden Fall selbstständig geleistet. Die über das Brainstorming entwickelte Leitfragenerstellung lief sehr gut. Diese Methode wurde von dem Kurs zunächst zwar etwas zäh dann aber doch sehr gewissenhaft und motiviert in weitgehender Eigenregie der SchülerInnen durchgeführt. Eine Alternative zum Clustern der Wandzeitung hätte auch das „Mind Mapping“ sein können, um hier bereits in der Erarbeitung schon die Verknüpfung bzw. Vernetzung einzelner Ursachen und Wirkungen aufzuzeigen dies hätte ich als Alternative mehr berücksichtigen können.

Das anschließende Aufzeigen der Einbindung der thematischen Leitfragen und die Transparenz der Planung, sowie der Vorschlag Exkursionen und eine Ausstellung mit einzubeziehen, wurde mit Begeisterung aufgenommen. Es zeigte mir, dass die didaktischen Prinzipien der Schülerorientierung und der Mitverantwortung fruchteten.

Durch die erstellten Leitfrage3: Verlauf der Schadstoffwege im Baum – von Wurzel (Boden ) bis Blatt und umgekehrt - Aufnahmewege der Schadstoffe? konnte nun sogar eine Verknüpfung zur nächsten Unterrichtshälfte hergestellt werden, die ich so in der Planung gar nicht absehen konnte. Dieser Aspekt ist insofern wichtig, da hierdurch sichergestellt war, dass ich mich in der Vorgehensweise der Bearbeitung an den gesteckten Rahmen halten konnte.

Kritik möchte ich an der Planung insofern üben, dass der Einsatz der Medien und Methoden in dieser Stunde sehr einseitig war, da auch die zweite Hälfte der Doppelstunde methodisch nichts Neues brachte. Hier sollte ich doch mehr darauf achten gerade in Doppelstunden methodische Abwechslung zu berücksichtigen. Denn die Mitarbeit lies zum Ende der Stunde immer mehr nach, was natürlich auch auf die doch schwierige Erarbeitung der Problematik des Wassertransportes zurückzuführen sein kann.

Das offene Ende der zweiten Stunde war vorauszusehen, da ich mir vom zeitlichen Rahmen bewusst war, eine Erarbeitung der Hypothesen nicht mehr gewährleisten zu können. Hierin sehe ich kein pädagogisches Problem, da meines Erachtens in einem Unterricht, der sich auch an der projektorientierten Methode anlehnt, die Erarbeitung einer Problematik nicht auf eine Unterrichtsstunde beschränken sondern hier Erarbeitungsspielraum gegeben werden muss. Meine Minimalziele für die Stunde habe ich erreichen können.

Ein Knackpunkt der Unterrichtsreihe wurde in dieser Stunde deutlich nachdem sich herausstellte, dass die Mehrzahl der SchülerInnen nicht über fachwissenschaftliche Inhalte der Anatomie der Pflanzenorgane verfügte. Hierauf muss eine Lehrer immer wieder gefasst sein, da bedingt durch Krankheit des Lehrers oder durch Veränderung der curricularen Bestimmungen und die damit verbundenen veränderten Fachkonferenzbeschlüsse Themengebiete verlagert werden

können. Hier ist es gerade in einem schüler- und problemorientierten Unterricht nicht über die Köpfe der Schüler hinweg zu unterrichten. An diesen Knackstellen müssen die vorgesehenen Planungen weichen und die tatsächlichen Gegebenheiten ausreichend berücksichtigt werden. Da ich durch den Beginn des zweiten Halbjahres die Unterrichtsreihe nicht beliebig ausdehnen kann, bin ich gezwungen den Schülern umfangreiches Informationsmaterial über die Anatomie der Pflanzenorgane in Form von Arbeitsblättern zu geben. In der Erarbeitung wollte ich dennoch meinen methodischen Prinzipien treu bleiben und keinen Lehrervortrag oder Schülervortrag hier einsetzen. Meines Erachtens müssen die SchülerInnen die Thematik selbst erarbeiten, um sie verstehen zu können und Schwierigkeiten zu erkennen. So sollte in den nächsten 3-4 Stunden in arbeitsteiligen Gruppenarbeiten à vier Gruppen (Laubblatt, Spross, Wurzel, Nadelblatt) die Anatomie nach einem Raster (Pflanzenorgan; Anatomie; Zellstruktur; Funktion) mit den Medien Arbeitsblätter, Modellansichten, Dauerpräparate (freiwillige Mikroskoparbeit) erarbeitet werden. Eine abschließende vergleichenden Präsentation der Gruppenergebnisse im Plenum, welches über das vorgegebene Raster gewährleistet werden kann, soll diesen thematischen Einschub abrunden.

## 2.2 Darstellung der zweiten Schwerpunktstunde:

### 2.3.1 Didaktische Überlegungen

Aus didaktischen Überlegungen heraus wurde zunächst die Leitfrage 3 verfolgt (*Verlauf der Schadstoffwege im Baum - von Wurzel (Boden) bis Blatt und umgekehrt; Aufnahmewege der Schadstoffe?*). Hieraus ergab sich die Notwendigkeit der Bearbeitung von der Anatomie der Wurzel, des Sprosses und des Blattes im Zusammenhang mit dem Wasser- und Nährsalztransport (osmotische  $H_2O$ -Aufnahme, Wurzeldruck und Transpirationssog) bzw. Assimilattransport .

Dabei wurde insbesondere die Spaltöffnung, als Regulator des Gas- und Wasseraustausches in Abhängigkeit von den Parametern  $CO_2$  -Gehalt, Licht, Temperatur, und  $H_2O$ -Gehalt behandelt. Diese anatomisch-physiologischen Grundlagen sollen die Basis für das Verständnis der Aufnahmewege der Schadstoffe bei Pflanzen bilden.

Die Leitfrage 3 fand ihre Weiterentwicklung in der Leitfrage 1 (*Wie wirkt sich die Luftverschmutzung auf den Baum aus?*), die Grundlage unseres weiteren Vorgehens war. Wobei die Luftverschmutzung als ein möglicher Faktor für Waldsterben in einer Schülerhypothese genannt wurde. Die Hypothese über Emissionen wurde durch verschiedene Informationstexte und -graphiken, sowie

Expertenbefragung (Förster) bei einer Waldschadensexkursion konkretisiert (Anteile von HC, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, Staub usw. ) und verifiziert. In diesem Zusammenhang fand eine Information über die lokalen Waldschädigungen innerhalb der letzten 10 Jahre statt.

Zur Überprüfung der Hypothesen und zu Beantwortung unserer Leitfrage wurde von Schülern das Durchführen von Testreihen vorgeschlagen. Im Hinblick auf die zu erwartende Stofffülle entschied ich mich hier für eine didaktische Reduktion. Sie äußerte sich in der exemplarischen Untersuchung der Immission und Deposition von SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> bei Pflanzen. Begründet wird sie dadurch, dass

- 1.) die hohen Stickoxidemissionen hauptsächlich durch den Straßenverkehr bei Verbrennung von Benzin auftreten
- 2.) „Saurer Regen“ als mögliche Ursache des Waldsterbens von den Schülern genannt wurde,
- 3.) die Schüler bei der Betreuung der SAM-Messstationen Immissionswerte von SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> messen
- 4.) NO<sub>x</sub> -Deposition nicht nur den Effekt der Schädigung sondern auch der Düngung hat und somit einen wesentlichen Parameter der „Neuen Waldschäden“ darstellt
- 5.) die Schüler durch eigene Handlungsstrategien zur Verminderung von NO<sub>x</sub> beitragen können.

### **C. Die Gesamtreflexion der Unterrichtsreihe**

Nach den Weihnachtsferien waren die SchülerInnen vom Klausurenstress vor Weihnachten wieder erholt und motiviert und arbeiteten gut mit.

Nachdem sich dann nach der ersten Stunde herausstellte, dass bei der Mehrzahl der SchülerInnen wichtige fachwissenschaftliche Grundlagen, die in der Jahrgangsstufe 11 hätten gelegt werden sollen, nicht vorhanden waren musste ich meine didaktisch-inhaltliche Planung durch einen inhaltlichen Einschub ergänzen. Dieser doch von dem Zeitaufwand sehr einschneidende Aspekt wurde durch die Teilnahme der SchülerInnen an den Hochschulinformationstagen der TU Darmstadt die in dieser Zeit noch verstärkt, da hierdurch mehr Wiederholungen als vorgesehen eingebaut werden mussten. Aber auch andere Unterrichtsausfälle wie die „AIDS-Informationstage“ vom Mi. 29.01- Fr. 31.01.97 am Schuldorf, beeinträchtigt die Unterrichtsreihe in ihrer Kontinuität.

Für die von mir gewählte problem- und handlungsorientierte Methode die gleichfalls in der Durchführung projektorientiert ist wäre ein anderer Unterrichtszeitraum, der nicht durch den Beginn des 2. Halbjahres am 1. Februar begrenzt ist, sicherlich günstiger gewesen. Natürlich hätte die Zeit bei einer themenzentrierten Unterrichtsplanung und -durchführung ausreichen können,

jedoch diese von mir gewählte projektorientierte Methode erfordert mehr Spielraum.

Dennoch möchte ich an einer Kombination von exemplarischen Lernen verbunden mit einem projektorientierten, fächerübergreifenden Unterricht festhalten. Dieses Lernen kann der Komplexität von Problemfeldern und Problemfragen gerechter werden und weist auf, dass keine Disziplin für sich allein eine sinnvolle Bearbeitung, Ergebnissicherung oder gar Lösung zu leisten vermag<sup>64</sup>. Natürlich ist eine solche Unterrichtsreihe eine sehr aufwendige Arbeit, die wie sich zeigte in zeitlicher und auch inhaltlicher Umsetzung immer wieder schwierig sich gestalten kann. Bleibt als Alternative nur das Projekt bei dem tatsächlich zeitlich zusammenhängend gearbeitet und anderen Aspekten noch mehr Raum gegeben werden kann. Bei dieser Unterrichtsreihe blieben viele andere wichtige Aspekte der Politik und Wirtschaft aber auch fachwissenschaftliche Art (wie beispielsweise .....nicht berücksichtigt<sup>65</sup>. Dennoch vertrete ich die Auffassung, dass eine exemplarische Erarbeitung, wie hier der Ursachen und Wirkungen von Schwefeldioxid und Stickoxiden, den SchülerInnen Ansätze der Komplexität des Systemgefüges deutlich gemacht hat und dies war ein Hauptziel der Unterrichtsreihe.

Die Begrenztheit des fachspezifischen Unterrichts für die Umweltbildung der SchülerInnen sollte durch die konkrete Erfahrung und Analyse der außerschulischen Umwelt geschaffen werden. Denn hier lag ein weiteres Hauptziel der Umweltbildung zum Thema Waldsterben, dass der bereits mit der Halbjahresthematik beginnend eingeleitete Lernprozess, der handlungsorientiert auf die Umweltsituationen der Schüler bezogen ist und Umweltprobleme versucht interdisziplinär anzugehen. Gewährleistet wurde dies durch die Öffnung der Schule nach außen im Hinblick auf außerschulische Lernorte (Wald, Industrie) und nach innen im Hinblick auf Mitbeteiligung der SchülerInnen an der Unterrichtsplanung, Durchführung und Auswertung. Dieser Versuch einer ausgerichteten problem- und handlungsorientierte Umweltbildung lässt die SchülerInnen in Ansätzen eine mehrperspektivische Methode der Erarbeitung erfahren. Ebenfalls dient diese dem Ziel der Vermittlung von „Problemlösungskompetenzen“ bei dem Verständnis der komplexen Systeme, wie des Waldsterbens.

Insofern sollte eine echte Umweltbildung eine fächerübergreifende Umweltbildung sein, die nicht eine zu stark naturwissenschaftliche orientierten Umweltbildung führt sondern auch sozial- und geisteswissenschaftliche Fächer miteinbezieht.

---

<sup>64</sup>vgl. auch HSchG Abt. 6 § 5 Fächerübergreifende Aufgabengebiete, Gesundheitserziehung, Sexualerziehung, informations- und kommunikationstechnische Grundbildung, Rechtserziehung, Umwelterziehung, Friedenserziehung etc.

<sup>65</sup> siehe didaktische und methodische Analyse

Auch konnte die von mir organisierte und in Zusammenarbeit mit den Schülern aufgebaute Ausstellung „Initiative Wald“ zunächst am Tag der offenen Tür nicht mit den Endergebnissen der Reihe ergänzt werden. So wurden nur die bis dahin vorhandenen Materialien wie die Ergebnisse der Versuche, die eingesetzten Waldschadensstatistiken, Materialien von Opel über die Katalysator-technik und die bis dahin angefertigte Wandzeitung und Aufzeichnungen der Leitfragen die Ausstellung bereichern. Das Handlungsendprodukt, das Schaubild über Ansätze des Wirkungsgefüges des Waldsterbens wurde nach Beendigung der Reihe noch für eine Woche hinzugefügt und somit anderen Mitschülern und Lehrern präsentiert. Die von den Schülern vorgenommene Ergänzung der Ausstellung durch ihre, über die gesamte Zeit der Halbjahresthematik „Ökologie Wald“, entstandenen Ergebnisse war ein gelungene Massnahme. Die SchülerInnen arbeiteten mit großem Eifer in themenbezogener Gruppenarbeit daran und waren zum Teil auch wirklich erstaunt, was sie in diesem „ökologischen Lern- und Arbeitsprozess“ erarbeitet hatten und sie waren stolz dieses der Öffentlichkeit zu präsentieren. An dieser Stelle ist der Lerneffekt, den so eine Ausstellung in sich birgt nicht zu verkennen. Denn die Aufarbeitung der Durchführung von Unterrichtsabschnitten und deren Ergebnisse verlangen von den SchülerInnen Reorganisationskompetenz, Kreativität und Phantasie bei der Visualisierung und auch kognitiv-instrumentelle Kompetenz im Hinblick auf die fachwissenschaftlich richtige und geordnete Darstellung. Die Präsentation in der Öffentlichkeit motiviert und bietet eine Herausforderung an die SchülerInnen. Vor allem können diese ihre Arbeit auch einmal ihren Eltern vorstellen, welche diese Möglichkeit auch rege genutzt haben. Die Ausstellung selbst diente dann dazu den