

Biologie in Freiland und Labor Beispiel: Pilze

Unterrichtsanregungen für die Sekundarstufen I und II¹

Almut Gerhardt und Sabine Müller

Kurzfassung

Um ein vertieftes Verständnis ökologischer Phänomene und Zusammenhänge zu erhalten, ist es notwendig, dass im Biologieunterricht der Sekundarstufen I und II im Teilgebiet Ökologie auch in Freiland und Labor praktisch gearbeitet wird. Diese Publikation gibt für den Themenkomplex „Höhere Pilze“ einen Überblick über Konzepte, schülergerechte Sachinformationen und Arbeitsmaterialien für die praxisorientierte Schülerarbeit, die auf der Basis eigener Freiland- und Laboruntersuchungen zur Ökologie von Makromyceten sowie einer empirischen Studie erarbeitet und zum großen Teil erprobt wurden. Einige Beispiele erläutern und veranschaulichen den Überblick, detaillierte Literaturangaben ermöglichen eine vertiefte Beschäftigung mit den vorgestellten Inhalten dieser Publikation.

1 Einleitung

Aktuelle didaktisch-methodische Leitlinien für den naturwissenschaftlichen Unterricht im Allgemeinen sowie für den Biologieunterricht im Speziellen sind u.a. fachübergreifendes Lehren und Lernen, Unterrichten in Projekten sowie ein ökologischer Ansatz.

In Nordrhein-Westfalen z.B. ermöglichen es vor allem die gymnasialen Richtlinien und Lehrpläne für Biologie, die ökologische Schwerpunktsetzung angemessen zu verwirklichen: in der Sekundarstufe I, vor allem in Klasse 8, im sog. ökologischen Jahr, in der Sekundarstufe II in einem Grund- oder Leistungskurs (KM-NRW, 1993; MSWWF-NRW, 1999).

¹ Wir widmen diese Arbeit Herrn Prof. Dr. Ferdinand Rüter, Bonn, zum 75. Geburtstag.

Um die Vermittlung vertiefter Einsichten in ökologische Zusammenhänge – ein wesentliches Ziel des Ökologieunterrichts – zu erreichen, ist selbstständiges Arbeiten der Schüler sowohl im Freiland als auch im Labor eine entscheidende Voraussetzung.

Generelles Ziel des Unterrichts in der Sekundarstufe II ist darüber hinaus die Vermittlung einer wissenschaftspropädeutischen Grundbildung, d.h. die Schüler sollen Bewusstsein und Verständnis für wissenschaftliche Denkweisen und Forschungsmethoden entwickeln.

Diese kurz charakterisierten Zielsetzungen lassen sich am Beispiel Pilze gut verwirklichen. Der Schwerpunkt der in dieser Arbeit und in den dazugehörigen Publikationen vorgestellten Unterrichts Anregungen liegt auf den Höheren Pilzen und hier auf den sog. fruchtkörperbildenden Pilzen (Makromyceten), von denen jeder Schüler sicherlich einige Vertreter kennt.

Makromyceten sind als Realobjekte für das freilandbiologische Arbeiten im Umfeld vieler Schulen zu finden, z.B. in Parks, in Scherrasen, in mit Holzmulch bedeckten Gartenflächen. Für das experimentelle Arbeiten im Labor sind geeignete Objekte gut beschaffbar. Zudem spielen die Höheren Pilze in terrestrischen Ökosystemen als Destruenten eine bedeutende Rolle, so dass anhand dieses Beispiels nicht nur ökologische Phänomene, sondern auch ökologische Zusammenhänge erarbeitet werden können.

2 Hinweise auf Freiland- und Laboruntersuchungen zur Ökologie von Makromyceten

Zur Thematik „Höhere Pilze“ liegen einerseits nur sehr wenige unterrichtsrelevante Arbeiten vor (vgl. PROBST, 1993; UPMEIER ZU BELZEN & VOGT, 1993), andererseits ist zur unterrichtlichen Behandlung dieser Organismengruppe ein Einsatz der vorliegenden wissenschaftlichen Beispiele im Sinne eines praxisorientierten Biologieunterrichts vielfach nicht möglich. Daher wurden in unserer Arbeitsgruppe „Kryptogamen“ zunächst fachwissenschaftliche Untersuchungen zu Vorkommen und Ökologie von Makromyceten im Raum Bielefeld/Senne durchgeführt (KOCH & POLLMANN, 1985; GERHARDT et al., 1988; HÖLSCHER, 1988; MÜLLER, 1989, 1997a; MÜLLER et al., 1991; PAULY, 1991; MÜLLER & GERHARDT, 1994a, 1995a,c; HÖLNIGK, 1995; KLAR, 1996; RUDOLPHI, 1996). Sie wurden durch labortechnische Untersuchungen ergänzt (FREITAG, 1997; MÜLLER, 1997a,b). Die Ergebnisse dieser Untersuchungen stellen einen eigenen, umfangreichen Datenpool dar und waren damit eine wesentliche Voraussetzung für die fachdidaktisch-methodische Umsetzung, d.h.

zur Erarbeitung von Konzepten und Materialien für einen freiland- und labororientierten Unterricht in den Sekundarstufen. Für die Sekundarstufe I geschah diese Umsetzung unter Berücksichtigung jahrzehntelanger eigener Schulerfahrungen (vgl. Kap. 4).

3 Wissen über Ökologie – eine empirische Studie in der Sekundarstufe II

Um die Entwicklung der Konzepte und Materialien für die Sekundarstufe II so bedarfsorientiert wie möglich zu gestalten, wurde zusätzlich zu den fachwissenschaftlichen Untersuchungen eine empirische Studie mit 488 Probanden zum ökologischen Wissen von Schülern der gymnasialen Oberstufe durchgeführt (MÜLLER & GERHARDT-DIRCKSEN, 2000a,b).

Diese Untersuchung machte grundsätzlich Folgendes deutlich: Einerseits verfügen viele Schüler nur über geringes ökologisches Grundwissen und sind kaum in der Lage, ökologische Zusammenhänge herzustellen, andererseits ist ihr Interesse an ökologischen Fragestellungen jedoch als hoch einzuschätzen. Die einzelnen Ergebnisse dieser Studie, die im Folgenden kurz zusammengefasst werden, dienen als Basis zur Erarbeitung eines Strukturschemas für freiland- und labororientiertes Arbeiten im Biologieunterricht der gymnasialen Oberstufe (vgl. Abb. 5).

Das grundsätzlich vorhandene Interesse der Schüler am Themengebiet „Ökologie“ wurde in der gymnasialen Oberstufe offenbar nicht in befriedigendem Maße genutzt und nicht in nachhaltiges Wissen umgesetzt. Zwar wurden nach eigenen Angaben der Probanden die meisten abgefragten Inhalte im Unterricht behandelt, aber offensichtlich nicht so, dass diese Inhalte auch behalten wurden. Der Unterricht, den die Probanden dieser Studie erhielten, war zu theorielastig und hatte kaum einen Wirklichkeitsbezug. Es scheinen viele Einzelheiten unterrichtet worden zu sein, die keinen übergeordneten Zusammenhang erkennen ließen. Ein Unterricht, der sich auf eine fragmentartige Vermittlung von Inhalten beschränkt, die zudem ohne Praxis- und Realitätsbezug unterrichtet werden, kann die Schüler nicht mit dem nötigen Grundlagenwissen ausstatten, das sie für eine zumindest ausreichende Handlungskompetenz (z.B. vom Umweltwissen zum Umwelthandeln) benötigen.

Auch wenn es sich um eine Einzelstudie handelt, sollen hier – nicht zuletzt auch aufgrund eigener Unterrichtsbeobachtungen im Fach Biologie, die die Er-

gebnisse der empirischen Untersuchung grundsätzlich bestätigen – folgende Aussagen gemacht werden.

Unterrichtsstruktur und -inhalte im Biologieunterricht müssen teilweise verändert und mehr auf das vorhandene Interesse der Schüler aufgebaut werden.

- Dazu gehört vor allem die Erhöhung des praxisbezogenen Anteils im Ökologieunterricht, der nicht nur freilandbiologisches, sondern in Ergänzung auch experimentelles Arbeiten im Labor beinhalten sollte.
- Organisatorisch gehört dazu eine sinnvolle Aufteilung der Unterrichtsstunden über die Woche, am besten immer in Doppelstunden. In einem Biologieleistungskurs, der sich aus einer Doppelstunde und drei oder vier Einzelstunden zusammensetzt, ist es kaum möglich, ein intensives und zusammenhängendes Arbeiten zu gewährleisten. Auch muss die Möglichkeit des Stundentauschs erhöht bzw. eingerichtet werden, um öfter als bisher üblich Exkursionen und/oder Experimente durchführen zu können.
- Wesentliche Voraussetzung für einen entsprechenden Unterricht sind eine grundsätzlich positive, offene Einstellung und ein erkennbarer Einsatz der Lehrpersonen bezüglich der Thematik. Ein entsprechendes Verhalten wirkt sich fördernd auf die Lernbereitschaft der Schüler aus. Die Lehrperson muss sich einerseits der kontroversen öffentlichen Ökologiediskussion stellen, andererseits bereit dazu sein, einen erhöhten Einsatz an Zeit und Aufwand aufzubringen. Sinnvoll gestalteter Ökologieunterricht kostet Zeit, darüber sollte sich die Lehrperson im Klaren sein.
- Und nicht zuletzt gehört dazu, dass den zukünftigen Sekundarstufenlehrern zum einen eine solide theoretische Grundausbildung vermittelt wird, die ausdrücklich auch auf das Erkennen von biologischen Zusammenhängen ausgerichtet ist, und dass sie zum anderen mit den nötigen Fähigkeiten und Fertigkeiten zu biologischem Arbeiten in Freiland und Labor ausgestattet werden.

Eine Möglichkeit, die in unserer Untersuchung deutlich gewordenen Mängel im Ökologieunterricht der Sekundarstufe II abzustellen, sehen wir darin, neuartige Inhalte so aufzuarbeiten, dass Schüler im Ökologieunterricht sich mit ökologischen Fragestellungen nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch auseinandersetzen haben.

Die in unserer Arbeitsgruppe „Kryptogamen“ in Freiland und Labor erarbeiteten Untersuchungsergebnisse zu Vorkommen und Ökologie ausgewählter Makromyceten können den entsprechenden im Kapitel 2 genannten Publikationen im Detail entnommen werden. Ein Einblick in die in der Arbeitsgruppe auf der Basis dieser Daten erarbeiteten Unterrichtskonzepte und -materialien zur Thematik „Höhere Pilze“ für die Sekundarstufen I und II wird

im Folgenden an ausgewählten Beispielen gegeben. Einzelheiten können der jeweils zitierten unterrichtsbezogenen Literatur entnommen werden.

4 Unterrichtsanregungen zur Thematik „Höhere Pilze“ in der Sekundarstufe I

Unter den in Abbildung 1 genannten Aspekten kann die Thematik „Höhere Pilze“ im Biologieunterricht der Sekundarstufen umfassend bearbeitet werden. Einige dieser Aspekte sind sekundarstufen-I-relevant. Hierzu gehören die

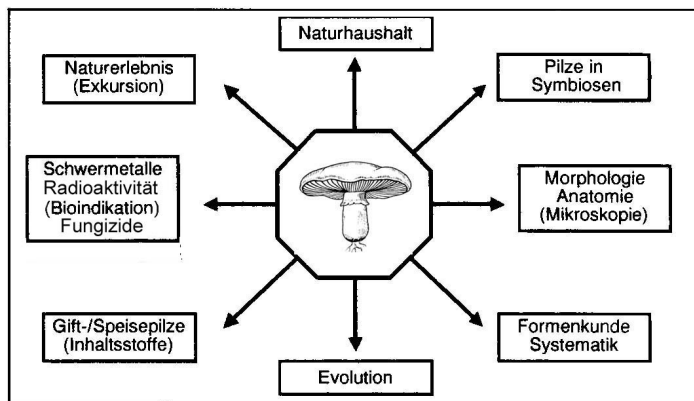


Abb. 1: Aspekte zur Bearbeitung der Thematik „Höhere Pilze“ im Biologieunterricht der Sekundarstufen (GERHARDT-DIRCKSEN & MÜLLER, 1992a).

Kasten 1: Organisatorische Hinweise zur Durchführung einer Pilzexkursion
<ul style="list-style-type: none"> - einen geeigneten Exkursionsort finden - Dauer der Exkursion ca. 2-3 Stunden - Gruppengröße etwa 20 Schüler - Einteilung in arbeitsteilige Gruppen - Vervielfältigung von Arbeits- und Informationsblättern - Ausgabe von Arbeitsgeräten und -hilfen (Bestimmungsbücher, Sammelgefäße (Körbe!), Lupe, Messer) - Hinweis auf zweckmäßige Kleidung (festes Schuhwerk, wetterfeste Kleidung) - Hinweis auf das Mitbringen von Schreibutensilien - Hinweis auf umweltgerechtes Verhalten - Hinweis auf Giftpilze (keine Pilze verzehren!)

Aspekte **Morphologie/Anatomie** und **Formenkunde/Systematik** mit den Themen „Bau und Entwicklung“ sowie „Formenvielfalt der Makromyceten“. Die Erarbeitung dieser Inhalte stellt eine notwendige Basis für eine Auseinandersetzung mit dem Themenkomplex „Pilze im Naturhaushalt“ dar. Eine dem Unterricht in der Sekundarstufe I angemessene Charakterisierung der Makromyceten als kohlenstoffheterotrophe Organismen, die im Naturhaushalt als Destruenten eine entscheidene Rolle spielen, sowie ihrer wichtigen Funktion als Mykorrhizapartner bezieht die Aspekte **Physiologie** und **Ökologie** mit ein.

Um dem Anspruch des Ökologieunterrichtes in der Sekundarstufe I gerecht zu werden, ist eine verknüpfende Behandlung dieser Teilthemen notwendig. Damit man bei den Schülern ein tieferes Verständnis dieser Zusammenhänge bewirken kann, ist es wichtig, ihnen die eigene Anschauung durch Konfrontation mit den originalen Objekten, d.h. mit den Pilzen in ihrem Lebensraum zu ermöglichen. Daher wird vorgeschlagen, mit einer **Pilzexkursion**, am bestem in einem Waldstück, in die Thematik einzusteigen.

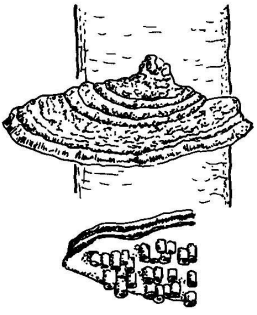
AB	Pilzfruchtkörper und ihre Wuchsorte	
	Pilzfund Nr. 1	usw. →
Skizze		
Form	flach konsolenförmig am Substrat angewachsen	
Größe	Höhe etwa 10 cm, Breite etwa 21 cm	
Farbverteilung	Oberseite braun bis rotbräunlich, am Rand eher creme — weißlich	
Konsistenz	fest und hart, läßt sich nicht abbrechen	
Fruchtschicht	feine, weiße, leicht schimmernde Poren, die sich bei Berührung bräunlich verfärben	
Wuchsort	an der Seite eines Baumstumpfes einer Rotbuche, der noch relativ fest ist	
Besonderheiten	aus der Porenschicht ragen zahlreiche Zit-zengallen(durch Insekten verursacht) hervor, in denen aber keine Tiere mehr vorhanden sind	
Art	Flacher Lackporling	

Abb. 2: Muster zur Gestaltung eines Schülerarbeitsblattes für eine Pilzexkursion mit Lösungsbeispiel (aus GERHARDT-DIRCKSEN & MÜLLER, 1992c).

Schon eine kurze Exkursion hat aus verschiedenen Gründen einen hohen Motivationswert, denn ...

- eine Exkursion bringt Abwechslung im Schulalltag;
- eine Exkursion fördert die Kontakte zwischen Mitschülern und zu den Lehrern;
- auf einer Exkursion wird bei guter Organisation die Mitarbeit der Schüler eher aktiviert als im traditionellen Unterricht;
- eine Exkursion ist das beste Mittel, um den Schülern einen unmittelbaren Kontakt mit der Natur zu ermöglichen, damit sie – unter bestimmter Zielsetzung – die Natur bewusst mit allen Sinnen erleben und in diesem Zusammenhang zunächst einen ganzheitlichen Zugang zu der zu bearbeitenden Organismengruppe und zu ihrer Bedeutung für den Naturhaushalt finden können. Die auf der Exkursion gemachten Beobachtungen und Untersuchungen sind wesentliche Voraussetzungen für die Effektivität des folgenden auswertenden Unterrichtes.

Am Anfang der Exkursion stehen das in Augenscheinnehmen von Fruchtkörper und Mycel sowie das reine Kennenlernen von Makromyceten. Dazu gehören die Beschreibung der äußeren Form (des Fruchtkörpers) und damit das übergeordnete Thema „Gestaltmerkmale“. Die Schüler sollten in selbständiger Arbeit die Objekte kennenlernen: Sie sollen sie umfassend beschreiben und dazu mehrere Sinne einsetzen, indem sie genau betrachten, fühlen, riechen und vielleicht auch schmecken (nicht essen!). Wichtig ist, dass bei der Erarbeitung die unmittelbare Umgebung der Pilze mit in die Beschreibung eingeschlossen wird. Dies ist für die genaue Bestimmung und die Einordnung in ökologische Gruppen unabdingbar (vgl. Abb. 2).

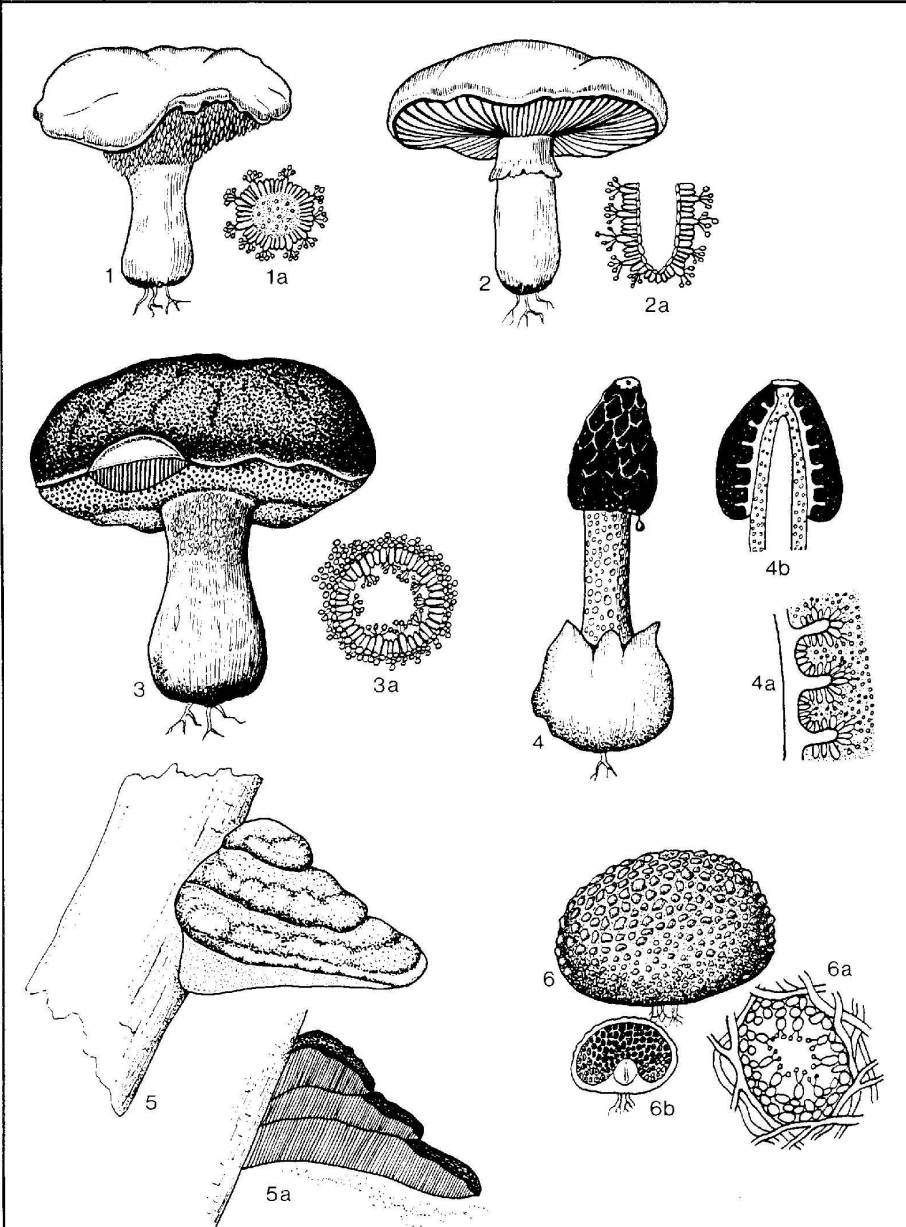
AB	Pilze - Vielfalt der Fruchtkörperformen
	
<p>Aufgaben</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Beschrifte die einzelnen Skizzen. 2. Bei den sechs dargestellten Pilzen sind die sporentragenden Schichten unterschiedlich ausgestaltet. Beschreibe und stelle die Unterschiede heraus. 3. Suche mit Hilfe deines Biologiebuches oder eines Pilzbuches weitere Pilze für die einzelnen Gruppen heraus. 	
<p>Lösungshinweise zum Arbeitsblatt</p> <p>1: Semmelstoppelpilz (ein Stachelpilz), 2: Feld-Champignon (ein Lamellenpilz), 3: Steinpilz (ein Röhrenpilz), 4: Stinkmorchel (ein Bauchpilz), 4b: Längsschnitt Hut, 5: Zunderschwamm (ein Porling), 5a: Längsschnitt durch die sporentragenden Schichten, 6: Kartoffelbovist (ein Bauchpilz), 6b: Längsschnitt; 1a, 2a, 3a, 4a, 5a, 6a: Schnitte durch die sporentragenden Bereiche.</p>	

Abb. 3: Pilze – Vielfalt der Fruchtkörperformen (aus GERHARDT-DIRCKSEN et al., 1995²).



Abb. 4a, 4b: Pilze und ihre Lebensweise;
 4a (S. 106): Informationsseite aus einem Sek.I-Schulbuch;
 4b (S. 107): zugehöriges Praktikum: Holzpilze im Wald
 (aus GERHARDT-DIRCKSEN et al., 1995, S. 56f.).

Pilze und ihre Lebensweise

Pilze sind *heterotrophe* Lebewesen, d. h. sie sind auf die von Pflanzen und Tieren erzeugten energiereichen Nährstoffe angewiesen. Viele Pilze ernähren sich als *Saprophyten* von totem, organischem Material, als *Parasiten* von lebenden Pflanzen, z. B. Holz.

Viele Pilze leben mit Samenpflanzen, z. B. Bäumen, in einer festen Gemeinschaft. So ist z. B. der Birkenpilz immer unter Birken zu finden. Die Hyphen seines Myzels (s. S. 134) „umspinnen“ die Wurzelhaare des Baumes. Pilzmyzel und Baumwurzel bilden zusammen die sogenannte *Mykorrhiza*.

Die Baumwurzeln werden durch die Hyphen besser mit Wasser und Mineralsalzen versorgt. Der Pilz erhält als „Gegenleistung“ vom Baum Kohlenhydrate. Solch eine Gemeinschaft zu gegenseitigem Nutzen heißt *Symbiose*. Viele Pilzarten gehen nur mit einer bestimmten Baumart eine Mykorrhiza ein. Manche Pilzarten bilden mit mehreren Baumarten eine Mykorrhiza, z. B. der Steinpilz mit Fichte und Rotbuche.

Für die Bildung der Pilzfruchtkörper sind große Stoffmengen notwendig. Daher bilden Mykorrhizapilze vor allem dann Pilzfruchtkörper, wenn die Speicherstoffe der Bäume in die Wurzeln transportiert werden (August–Oktober).

Aufgabe

Bei den meisten Aufforstungen „beimpft“ man die jungen Baumpflanzen mit dem Myzel ihrer jeweiligen Mykorrhizapilzart. Begründe.

1 Dargestellte Pilzarten:

- | | |
|---|-----------------|
| 1 a Kohlenbeere | 3 Zunderporling |
| 1 b Hallimasch | 4 Birkenpilz |
| 2 Birkenporling | 5 Steinpilz |
| 6 a Schmetterlingstramete | |
| 6 b Geweihförmige Holzkeule | |
| 6 c Vielgestaltige Holzkeule | |
| 6 d Stockschwämmchen | |
| 7 Nebelgrauer Trichterling (im Hexenring) | |

PRAKTIKUM – Holzpilze im Wald

In einem Waldstück, das zwar bewirtschaftet, aber nicht „aufgeräumt“ ist, gibt es meistens unterschiedlich alte Baumstümpfe und viele große und kleine trockene Äste. Bei genauem Hinsehen kann man darauf eine Fülle unterschiedlicher Pilzfruchtkörper entdecken, häufig das ganze Jahr über. Diese holzbewohnenden Pilze ernähren sich von den Hauptbestandteilen des Holzes, Cellulose und Lignin. Das fein verzweigte Myzel dieser Holzpilze ist in der Lage, im Innern des Holzes zu wachsen und dieses abzubauen. Bleibt beim Holzabbau das Lignin erhalten und reichert sich an, so wird das Holz mürbe, verfärbt sich rötlich-bräunlich und zerbricht dann in würfelige Stücke. Man spricht von *Braunfäule* des Holzes. Bei der *Weißfäule* werden Cellulose und Lignin etwa gleichmäßig abgebaut. Das Holz wird weißlich und zerfällt schließlich faserig.

Zum Aufbau der Pilze s. S. 134 ff.

Material: Sammelgefäß (Korb), Küchenmesser, Notizblock, Arbeitsblätter, Pilzbestimmungsbuch.

Hinweise: Geeignete Zielorte sind: Laubwald, kleine Waldstücke.

Holz: Versuche zunächst, verschiedene „Holzstandorte“ zu finden, beschreibe das Holz, wenn möglich: *Baumart, Struktur* – fest, weich, bröselig; *Farbe* des Holzes; sind im Innern des Holzes *Myzelien* zu erkennen?

Pilz: Sortiere die Pilzfruchtkörper nach Größe, Gestalt und Form; Versuche, die Pilzarten zu bestimmen, und ordne ihnen jeweils – wenn möglich – die Baumart zu, auf der sie wuchsen.

Aufgaben

1. Informiere dich über die Lebensweise der gefundenen Pilze (Saprophyt, Parasit, vgl. S. 135).
2. Erläutere aufgrund deiner eigenen Beobachtungen und weiterer Informationen die Bedeutung der Holzpilze für das Ökosystem Wald.



1 Geweihförmige Holzkeule



2 Schmetterlingstramete



3 Zinnoberroter Pustelpilz



4 Zottiger Schichtpilz



5 Halsband-Schwinding



6 Graublättriger Schwefelkopf

So lernen die Schüler, ihre Umwelt genau zu betrachten. Für dieses Arbeiten sollten vom Lehrer im Gelände vorher Stationen festgelegt werden, z.B. ein Holzstumpf mit verschiedenen Pilzarten.

Die Formenvielfalt der Makromyceten dokumentiert sich in den verschieden gestalteten und verschiedenfarbigen Fruchtkörpern sowie in der unterschiedlichen Ausgestaltung und Lage der sporentragenden Schicht, des Hymeniums. In diesem Zusammenhang sollte das Prinzip der Vergrößerung einer sporentragenden Oberfläche deutlich herausgestellt werden (vgl. Abb. 3).

Im Gelände wird sich leicht herausarbeiten lassen, dass die im Exkursionsgebiet vorkommenden Arten unterschiedliche Substrate besiedeln, z.B. Nadelstreu, Laubstreu, Erdboden, Baumstümpfe, Totholz, lebende Bäume. Dies führt zu einem ersten Erkennen der Substratspezialisierung von Makromyceten. Die vielen im Wald zu beobachtenden festen oder morschen, am Waldboden liegenden Holzstücke sind Ausgangspunkt für die Erkenntnis, dass Makromyceten als Destruenten eine große Bedeutung haben.

Die Ergebnisse dieser einführenden Pilzexkursion sind in jedem Falle – jeweils auf die Klassensituation abgestimmt – sorgfältig nachzubereiten.

Im Klassenraum können im Rückgriff auf die im Freiland kennengelernten Gestaltmerkmale von Mycel und Fruchtkörpern der Entwicklungsgang eines Makromyceten bearbeitet werden und in vergleichender Betrachtung die Organisationsformen Schlauchpilz (Ascomyceten) und Ständerpilz (Basidiomyceten) herausgearbeitet wie auch typische Pilzstrukturen einführend bearbeitet werden, wobei das Mikroskopieren von Sporen und Mycelien eines selbst gesammelten Pilzes nicht fehlen sollte.

Die Rolle der Pilze im Naturhaushalt und als Mykorrhizapartner kann als Auswertung der Untersuchungen im Gelände und anhand einer anschaulichen Grafik geschehen (vgl. Abb. 4a). Je nach Pilzvorkommen in der Schulumgebung und Interesse der Lehrperson kann auch ein Praktikum „Holzpilze“ durchgeführt werden (vgl. Abb. 4b).

Weitere Materialien und weitere Hinweise: s. GERHARDT-DIRCKSEN & MÜLLER, 1992a,b,c; GERHARDT-DIRCKSEN et al., 1995²; GERHARDT-DIRCKSEN et al., 1995; 1998.

5 Unterrichtsanregungen zur Thematik „Höhere Pilze“ in der Sekundarstufe II

5.1 Ein Grundkonzept zur Strukturierung von Biologieunterricht mit ökologischen Inhalten

Eine Möglichkeit, die für den Ökologieunterricht in der Sekundarstufe II auf Seite 101 geschilderte Situation zu erreichen, liegt, wie schon gesagt, in einer für den schulischen Unterricht andersartigen Aufbereitung neuartiger Themen, die die praktische Auseinandersetzung mit ökologischen Fragestellungen umfassend mit einbezieht. Zudem bieten Themen aus dem Bereich der Ökologie die Möglichkeit, ästhetische und emotionale Momente mit in den Unterricht einzubeziehen. So kann die Wichtigkeit der Thematik zusätzlich auf affektiver Ebene verdeutlicht werden (GERHARDT-DIRCKSEN & MÜLLER, 1992a). Dies lässt sich auch in der Sekundarstufe II in erster Linie durch die Begegnung mit der originalen Natur erreichen. Aus dieser Begegnung entstehen genügend Fragen, die zunächst praktisch an Ort und Stelle untersucht und dann später theoretisch aufgearbeitet werden können. Die Überprüfung bestimmter Teilaspekte sollte im Labor stattfinden. Neben den Inhalten muss den Schülern vor allem dieser generelle Erkenntnisweg zur Auseinandersetzung mit einer Problemstellung im Bereich der Ökologie nahe gebracht werden, wodurch sie Einsicht in naturwissenschaftliche Arbeitsweisen erhalten.

Ökologieunterricht darf aber nicht mit zu viel Inhalt überfrachtet werden in der irrigen Annahme, man müsse viele Inhalte bringen, um sie hinterher in Klausuren abfragen zu können. Im Ökologieunterricht sollte es in erster Linie darum gehen, grundlegende Phänomene zu erarbeiten, um sie dann in einen Gesamtzusammenhang einzuordnen. In sich geschlossene Teilthemen, die in etwa 2-3 Wochen erarbeitet werden können, machen es möglich, dass die Schüler Überblick und Interesse nicht verlieren. Nach der Erarbeitung verschiedener, jedoch miteinander in Zusammenhang stehender Teilthemen ließe sich dann am Ende des Halbjahres eine Zusammenfassung erarbeiten, in der alle Teilthemen noch einmal angesprochen und in einen Gesamtzusammenhang gebracht werden. Die Schüler erhalten so die Möglichkeit, ihre Arbeitsergebnisse insgesamt zu wiederholen und zu reflektieren, wodurch eine bessere Einsicht in ökologische Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge gewährleistet wird. Dies ist ein Schritt in die Richtung zum vernetzten Denken in übergeordnetem Maßstab (SCHAEFER, 1978). Das in Abbildung 5 dargelegte

Grundkonzept zur Strukturierung von Biologieunterricht mit ökologischen Inhalten in der Sekundarstufe II, das die oben genannten Forderungen berücksichtigt, erinnert in seinen Grundzügen an die Projektarbeit. Derartige Strukturen lassen sich jedoch auch im „herkömmlichen“ Unterricht verwirklichen. Dieses Grundkonzept darf nicht als starres Schema verstanden werden; es soll lediglich eine Möglichkeit der sinnvollen Verknüpfung ökologisch bedeutsamer Elemente aufzeigen. Diese sind aus den oben bereits angeführten Gründen einerseits sowohl der fachinhaltlichen als auch der fachmethodischen Ebene der Ökologie entnommen, sie stammen aber andererseits auch aus anderen naturwissenschaftlichen und nicht-naturwissenschaftlichen Disziplinen.

Das zentrale Anliegen dieses Konzeptes ist in der möglichst häufigen Selbsttätigkeit der Schüler zu sehen. Sie erarbeiten unter der Leitung der Lehrperson eine sinnvolle, ökologisch relevante und realitätsbezogene Problemstellung, aus der sich das weitere Unterrichtsvorgehen entwickelt (MÜLLER, 1997a). Die Schüler erstellen selbstständig z.B. Aufnahmebögen für eine Kartierung im Gelände, sie entwickeln Protokoll- und Auswertungsbögen für die Experimente im Labor. Sie erarbeiten die Lösung des Problems schrittweise auf dem authentischen Erkenntnisweg der Teildisziplin Ökologie: Zunächst werden grundlegende Untersuchungen im Gelände durchgeführt, die dann vertiefend in Teilaspekten im Labor überprüft werden. Zusätzliche Informationen, die zur Lösung des Problems notwendig sind, werden eingeholt.

Durch eine derartige ganzheitliche Bearbeitung einer Thematik, während derer immer wieder Fragen auftauchen, die es zu klären gilt, bleiben die Schüler in der Regel durchgängig motiviert und interessiert, wie sich während der Erprobung entwickelter Unterrichtsreihen herausstellte (MÜLLER, 1997a; MÜLLER & GERHARDT, 1997; MÜLLER & GERHARDT-DIRCKSEN, 1992; 1997).

Die Lehrperson sollte auf die Schüler eingehen und Arbeitsvorschläge annehmen oder sie mit einer logischen Begründung ablehnen. Letzteres sollte nicht unbedingt mit dem Hinweis auf Zeitfaktor oder Materialenaufwand geschehen, denn diese sind in den meisten Fällen nämlich gar nicht so hoch. In vielen Fällen sind andere Begründungen, wie beispielsweise der Hinweis auf die Aussagekraft des vorgeschlagenen Experiments, für die Schüler wesentlich einsichtiger. Eine auf diese Weise erworbene, fundierte ökologische Grundbildung ist für eine sinnvolle zukunftsorientierte Handlungskompetenz unabdingbar.

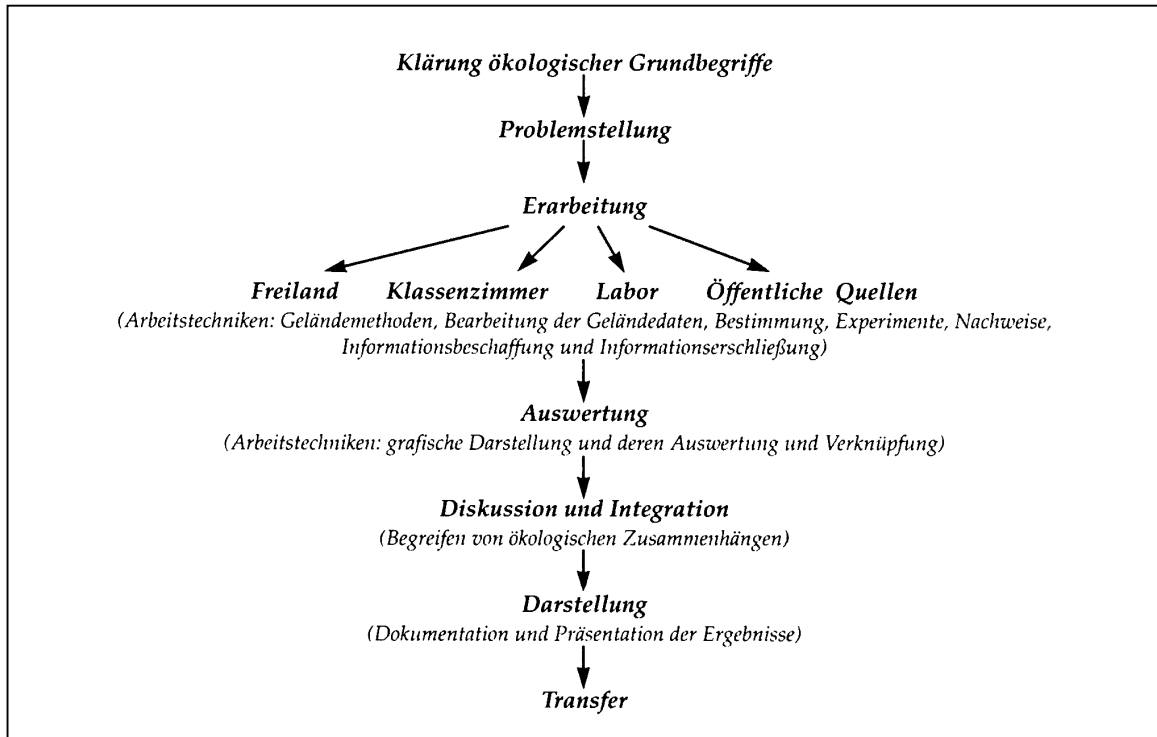


Abb. 5: Schema eines Grundkonzeptes zur Strukturierung von Biologieunterricht mit ökologischen Inhalten in der Sekundarstufe II (aus MÜLLER & GERHARDT, 2000b).

5.2 Auf der Basis des Grundkonzeptes entwickelte Unterrichtseinheiten im Überblick

Auf der Basis des in Kapitel 5.1 dargelegten Grundkonzeptes und aufgrund übergeordneter Sinnzusammenhänge wurden insgesamt drei Themenbereiche zur unterrichtlichen Aufarbeitung (SII) ausgewählt und in jedem Themenbereich in überwiegend unterschiedliche Inhalte umgesetzt (vgl. Abb. 6). Dies geschah im Rahmen der Dissertation von MÜLLER (1997a) in ausgearbeiteten und weitgehend erprobten Unterrichtseinheiten (vgl. Abb. 6, Kästen 1-9). Bisweilen war es dabei aus Gründen des Sinnzusammenhanges unerlässlich, dass sich bestimmte Inhalte in den verschiedenen Unterrichtseinheiten wiederholen. Sie werden jedoch wegen verschiedener thematischer Schwerpunktsetzung jeweils unter einem anderen Aspekt behandelt.

Die meisten der genannten Themen bieten neben der Erarbeitung und Verknüpfung grundlegender ökologischer Phänomene zusätzlich die Möglichkeit, Teilbereiche auch von einem nicht-naturwissenschaftlichen Blickwinkel aus zu betrachten. Daher ist auch ein fachübergreifender Unterricht – wie er in Richtlinien für die Sekundarstufe II gefordert wird – nicht nur möglich, sondern sogar wünschenswert.

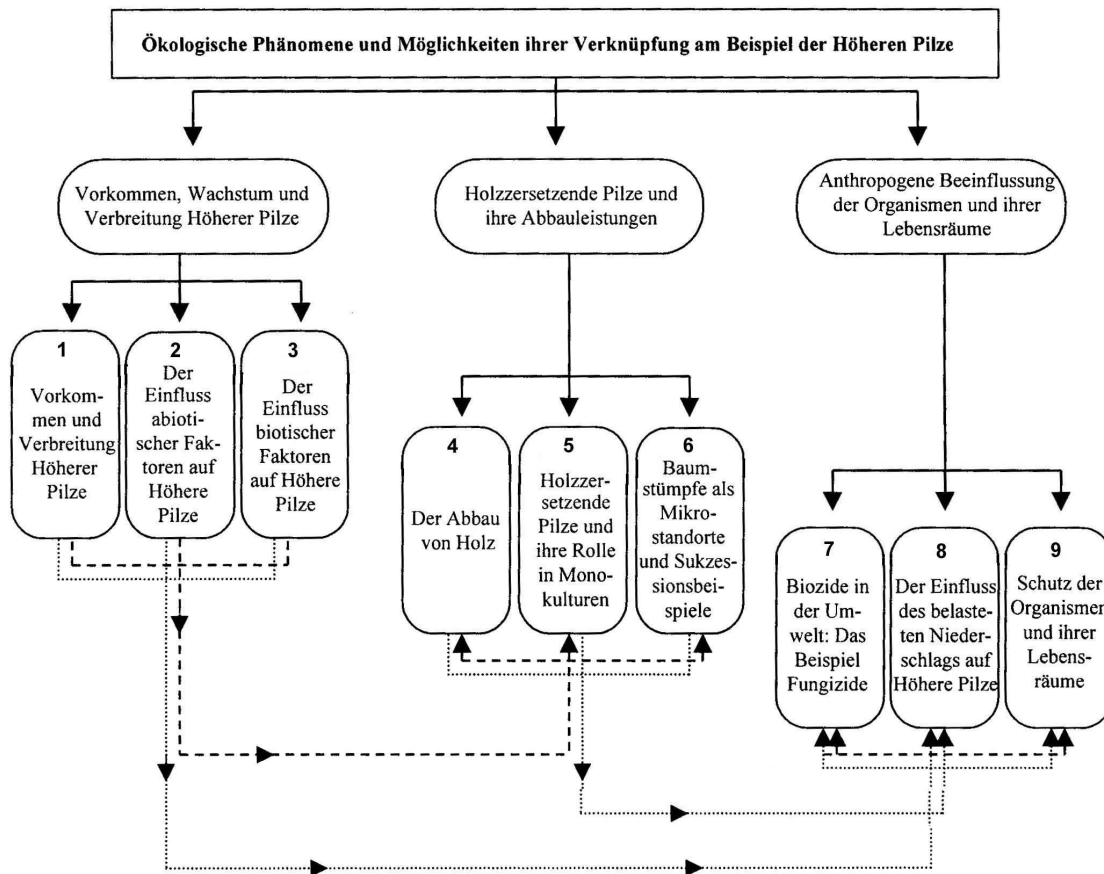


Abb. 6: Ökologische Phänomene und Möglichkeiten ihrer Verknüpfung am Beispiel der Höheren Pilze.

→ : Übergeordnete Themen und ihre Untergliederung in jeweils drei Unterrichtsreihen (UR). Eine UR aus dem übergeordneten Thema „Wachstum und Verbreitung Höherer Pilze“ steht immer am Beginn.

---> : Mögliche Verknüpfungen der UR 1-9. (aus MÜLLER, 1997a)

Im Unterricht eines Kurses können selbstverständlich nicht alle in Abbildung 6 genannten Unterrichtseinheiten realisiert werden. Die Auswahl richtet sich nach der jeweils gegebenen Schul- und Unterrichtssituation.

Die Abbildung 7 gibt einen Überblick über Beobachtungen, Untersuchungen und Experimente, die Schüler der SII im Rahmen der Unterrichtsreihen selbständig durchführen können.

In die in Abbildung 6 aufgeführten und erprobten neun Unterrichtseinheiten (UE 1-9) sind die nachstehend aufgeführten Themen der SII-Biologie-Richtlinien NRW integriert (MSWW-NRW, 1999):

Erkundung eines Ökosystems / Bodenbiologie / Einfluss abiotischer Faktoren auf Organismen / Wechselwirkungen zwischen Organismen / Stoffkreislauf und Energiefluss / Sukzession / Symbiose und Parasitismus / Vergleich eines natürlichen Ökosystems mit einem vom Menschen stark beeinflussten System / Arten- und Biotopschutz / Maßnahmen der Gesellschaft zum Schutz der Umwelt.

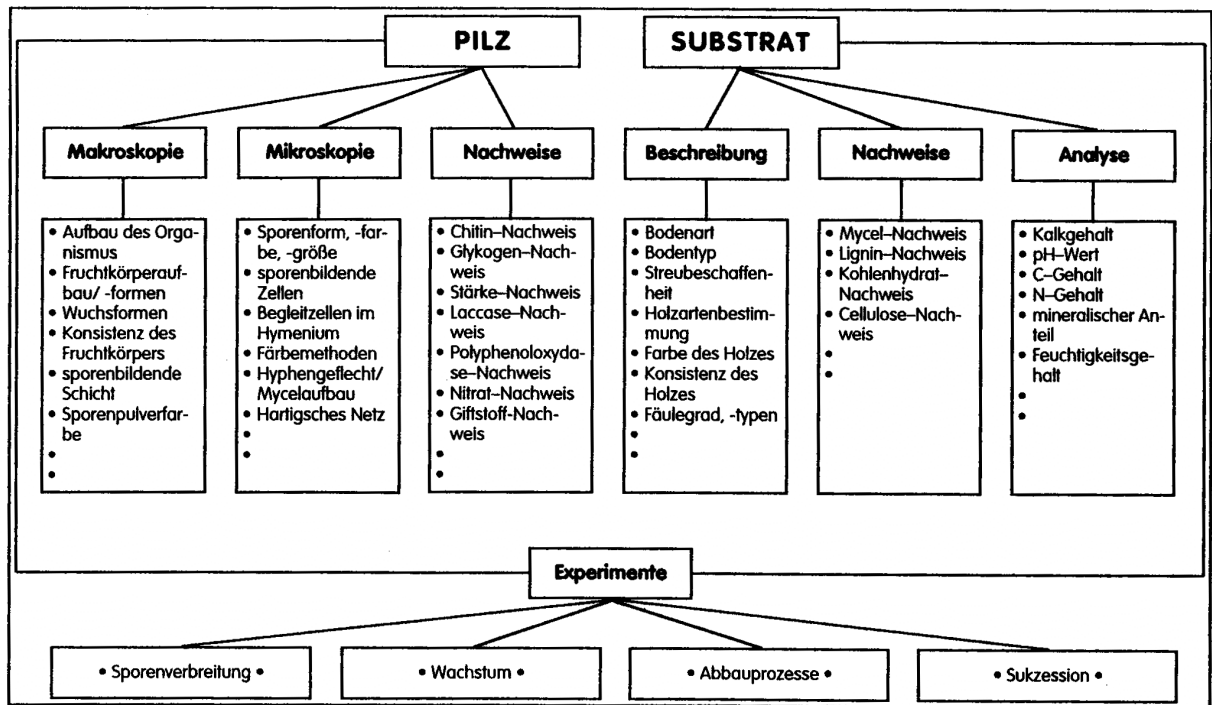


Abb. 7: Beobachtungen, Untersuchungen und Experimente, die Schüler bei der ökologischen Bearbeitung der Thematik „Höhere Pilze“ selbständig durchführen können (aus MÜLLER & GERHARDT, 1994b).

5.3 Drei Beispiele

5.3.1 Der Einfluss abiotischer Faktoren auf „Höhere Pilze“ (Abb. 8)

Der Einfluss v.a. klimatischer Faktoren lässt sich eindrucksvoll am Beispiel der „Höheren Pilze“ verdeutlichen. „Höhere Pilze“ eignen sich im Hinblick auf die Messung klimatischer Faktoren besonders gut, da sie bezüglich ihrer Fruktifikation in starkem Maße von ihnen abhängig sind. Sie reagieren daher relativ rasch auf Veränderungen der klimatischen Bedingungen. Eigene wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, dass unter diesen Faktoren besonders Niederschlag und Luftfeuchtigkeit die Fruktifikation der meisten weichfleischigen Fruchtkörper wesentlich beeinflussen. Dies lässt sich in der Regel schon innerhalb weniger Wochen feststellen (MÜLLER & GERHARDT, 1995a; MÜLLER et al., 1991).

Bezüglich der edaphischen Faktoren spielt v.a. der pH-Wert des Substrates eine besondere Rolle. Untersuchungen, die sich mit der Azidität des Substrates beschäftigen, können ohne Probleme im Gelände selbst durchgeführt werden. Sie sind dann ggf. zusätzlich mit differenzierteren Methoden im Labor zu kontrollieren. Diese Fortführung der Untersuchungen im Labor macht die Verbindung von freilandbiologischen und labortechnischen Arbeitsmethoden innerhalb der Ökologie deutlich (MÜLLER & GERHARDT, 1995a,c).

Besonders bedeutend ist in diesem Zusammenhang die multifaktorielle Analyse des Einflusses beispielsweise verschiedener klimatischer Faktoren auf das

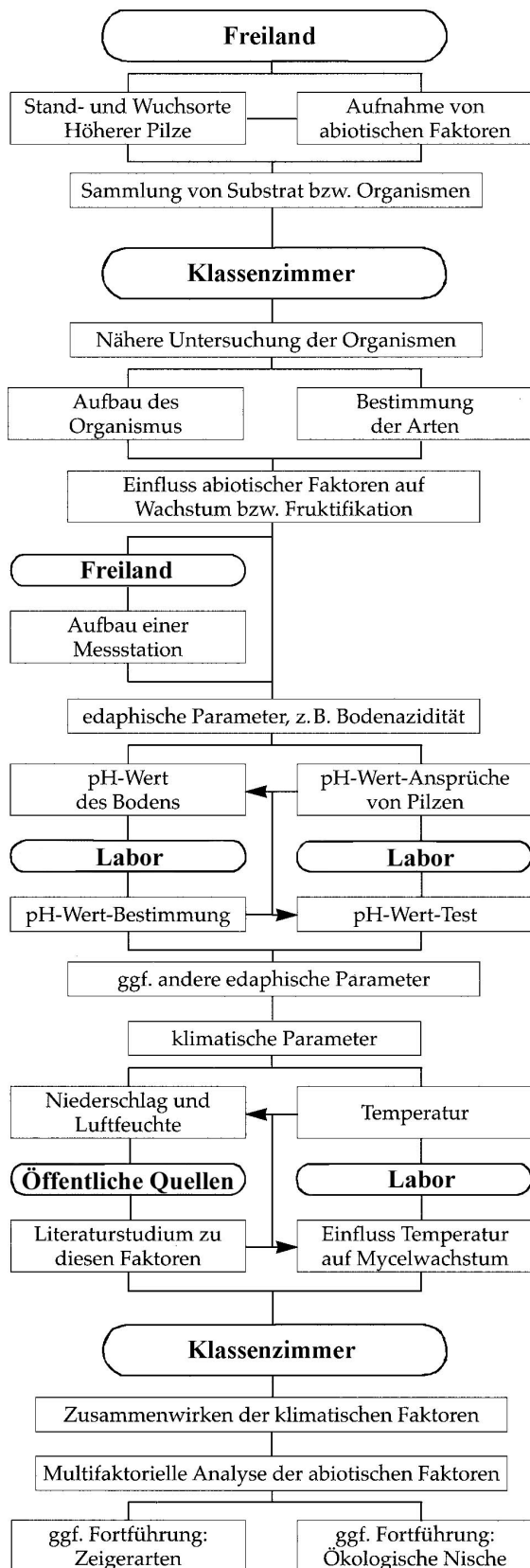


Abb. 8: Fließdiagramm zur Unterrichtsreihe „Der Einfluss abiotischer Faktoren auf Höhere Pilze“ (aus MÜLLER & GERHARDT, 2000b).

Fruktifikationsverhalten, da sie nur gemeinsam wirken. Die Erarbeitung im Unterricht kann sich auf eigene Untersuchungen stützen, doch wahrscheinlicher ist in diesem Zusammenhang die theoretische Beschäftigung mit dieser Thematik. Aus der Vielzahl der von MÜLLER gewonnenen wissenschaftlichen Ergebnisse wurden die notwendigen Daten ausgewählt und in Arbeitsmaterialien didaktisch-methodisch umgesetzt (MÜLLER, 1997a; MÜLLER & GERHARDT, 2000b).

5.3.2 Baumstümpfe als Mikrostandorte – Pilz-Sukzession (Abb. 9, 10)

Anhand der Untersuchung von Baumstümpfen bietet sich eine besonders anschauliche Möglichkeit, mit Hilfe der Pilze das Phänomen der Sukzession zu erarbeiten (vgl. Abb. 6, UE 9 und Abb. 9). An Baumstümpfen als eigenständigen Kleinbiotopen innerhalb eines Bestandes lassen sich sowohl die Abbaustadien als auch die Abfolge von bestimmten Pilzgesellschaften anschaulich verdeutlichen. Die Thematik kann vertieft bearbeitet werden, indem auf die zentrale Bedeutung der Holzerzersetzung eingegangen wird. Dazu können Untersuchungen im Labor durchgeführt werden, die sich mit den Eigenschaften des unzersetzten und zersetzten Holzes auseinandersetzen. Darüber hinaus können durch Anfärbung von pilzbesiedeltem Holz die Pilzmycelien mikroskopisch sichtbar gemacht werden (vgl. MÜLLER & GERHARDT, 1997, S. 24). Auf diese Weise wird das Zusammenwirken von Substrat und Organismus für die

Schüler deutlich sichtbar. Die Auswertung der Ergebnisse ihrer Freiland- und Laborarbeit ermöglicht den Schülern ein Erkennen der Zusammenhänge.

Gleichzeitig kann auf die generelle Problematik des Sukzessionsbegriffes eingegangen werden: Es ergibt sich eine theoretische Auseinandersetzung mit Fachbegriffen, die den wissenschaftlichen Erkenntnisweg bis zur Theoriebildung aufzeigen kann. Die Untersuchung von Baumstümpfen hinsichtlich ihrer Zersetzung und Besiedlung mit Organismen bietet eine ganzheitliche Betrachtungsmöglichkeit des Standort-Organismen-Komplexes.

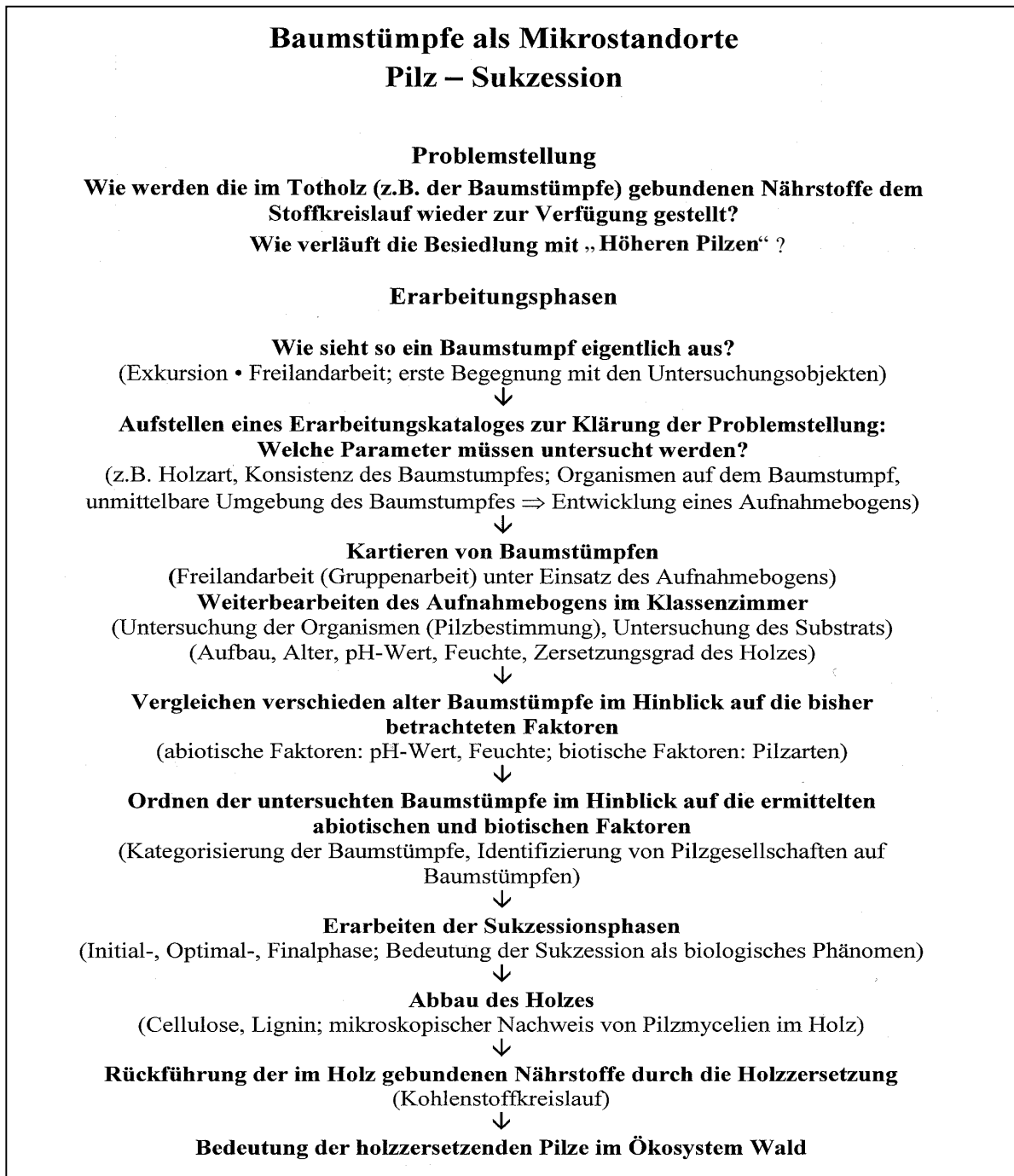


Abb. 9: Fließdiagramm zur Unterrichtsreihe „Baumstümpfe als Mikrostandorte und Pilz-Sukzession“ (nach MÜLLER, 1997a; MÜLLER & GERHARDT, 1997; RASCHE, 1995; RUDOLPHI, 1996).

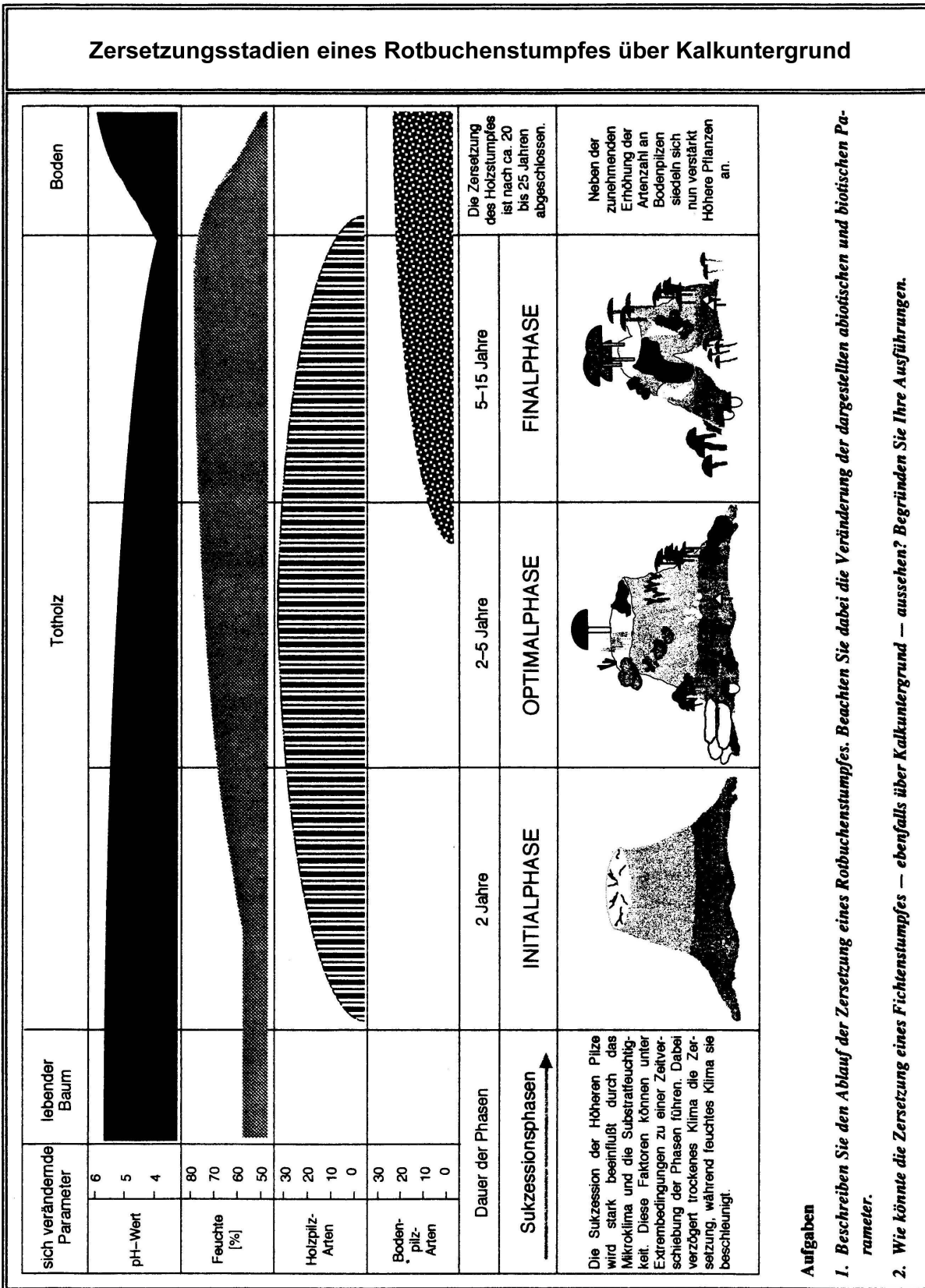


Abb. 10: Arbeitsblatt zur Thematik: „Baumstümpfe als Mikrostandorte – Pilz-Sukzession (aus MÜLLER & GERHARDT, 1997b). **Hinweis:** Die im Verlauf der Pilz-Sukzessionsphasen erfolgende Besiedlung mit Moosen und Flechten sowie mit Samenpflanzen wird in der Abbildung aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht berücksichtigt. Zur Sukzession von Pilzen & Moosen auf Baumstümpfen vgl. RUDOLPHI (1996).

Die Schüler können an diesem einfachen, aber eindrucksvollen Beispiel verschiedene ökologische Grundphänomene erarbeiten (MÜLLER & GERHARDT, 1997; MÜLLER & GERHARDT-DIRCKSEN, 1992; RUDOLPHI, 1996).

5.3.3 Biozide in der Umwelt: Das Beispiel Fungizide (Abb. 11)

Die Problematik der Akkumulation von Bioziden wird in zunehmendem Maße im Biologieunterricht thematisiert. Auch in diesem Zusammenhang stellen die Höheren Pilze geeignete Untersuchungsobjekte dar, da sie in ihren Fruchtkörpern (und z.T. auch in ihren Mycelien) die in die Umwelt ausgebrachten Wirk- oder Schadstoffe anreichern. Unter diesem Aspekt wurde in unserer

Arbeitsgruppe der Einsatz von Bioziden am Beispiel der Fungizide vertieft bearbeitet.

Fungizide werden in vielfältiger Weise eingesetzt, und zwar nicht nur im kommerziellen Bereich (z.B. Landwirtschaft), sondern auch im privaten Bereich (Gärten, Kleingartenanlagen). So haben die Schüler auch in ihrem täglichen Leben mit diesen Mitteln zu tun. Der Einfluss von Fungiziden auf „nützliche“ Organismen wie z.B. holzzersetzende Pilze oder gar Mykorrhizapilze lässt sich in einem einfachen Experiment untersuchen. Die meisten „Höheren Pilze“ reagieren auf den Einsatz von Fungiziden mit einer drastischen Wachstumshemmung. Das Ausbringen von Fungiziden in hohen Konzentrationen kann diese Organismen daher stark schä-

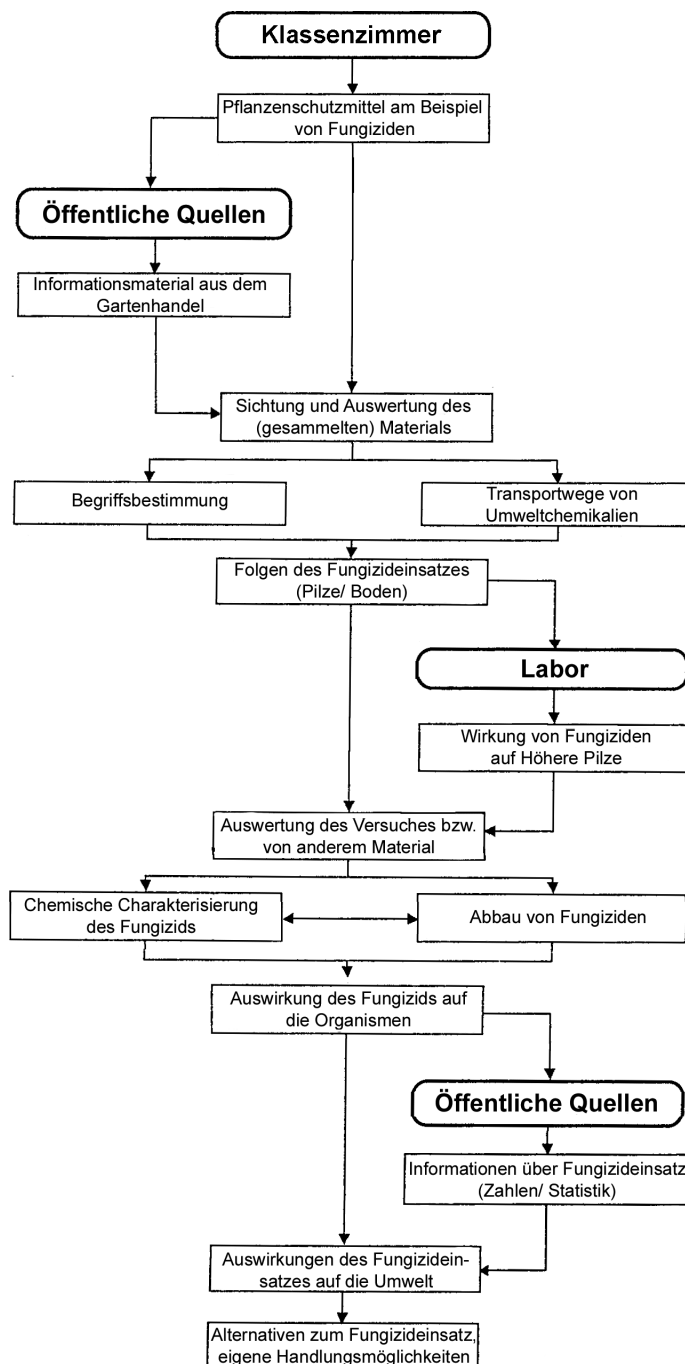


Abb. 11: Fließdiagramm zur Unterrichtsreihe „Biozide in der Umwelt: Das Beispiel Fungizide“ (aus MÜLLER, 1997a).

digen. Zusätzlich wird durch das aufmerksame Lesen der Beipackzettel klar, dass auch andere Organismengruppen (z.B. Fische) mittelbar geschädigt werden können. Den Schülern wird die generelle Problematik dieser künstlichen Wirkstoffe bewusst. Dadurch, dass sie die Auswirkungen derartiger Präparate selbst untersuchen, wird ihr Bewusstsein für die Problematik geschärft (FREITAG, 1997; MÜLLER, 1997a; MÜLLER & GERHARDT-DIRCKSEN, 1997).

6 Fazit

Unsere Erfahrungen mit der Erprobung der in dieser Publikation kurz charakterisierten Unterrichtsreihen, die wir im Zusammenhang mit der Entwicklung eines Curriculums „Höhere Pilze“ erarbeitet haben und deren Feinkonzept sowie zugehörige Arbeits- und Informationsmaterialien aus der in diesem Beitrag jeweils angegebenen Literatur im Detail entnommen werden können, hat gezeigt, dass die Schüler ein großes Interesse an der generellen Pilzproblematik hatten. Dieses Interesse wurde geweckt und vor allem auch dadurch immer wieder angespornt, dass sie selbständig praktisch in Freiland und Labor arbeiten konnten und dass ihre eigenen Untersuchungsergebnisse für sie erkennbar in einen größeren Zusammenhang gestellt wurden.

Dies bestätigt unsere These, dass ein anspruchsvoller und dem Fach in Inhalt und in Schülerarbeitsmethoden angemessener Biologieunterricht durchaus erfolgreich sein kann, wenn den Schülern die Möglichkeit gegeben wird, eine naturwissenschaftliche Thematik kleinschrittig in einem ausgewogenen Verhältnis von Theorie (Erkennen eines Problems, Suchen nach Lösungswegen, Erarbeiten von Fakten, Verstehen von Zusammenhängen) und Praxis (Arbeiten in Freiland und Labor) zu bearbeiten.

Dies ist jedoch nur möglich, wenn den Lehrerinnen und Lehrern eine überzeugende Konzeption und zugehörige, detaillierte Informations- und Arbeitsmaterialien zugänglich gemacht werden.

In diesem Sinne verstehen wir die in unserer Arbeitsgruppe „Kryptogamen (Pilze)“ durchgeführten biologiefachlichen und biologiedidaktischen Arbeiten.

Zitierte Literatur

Im Folgenden sind weitestgehend nur die Publikationen aufgeführt, in denen zum einen die Ergebnisse der Arbeitsgruppe „Kryptogamen“ von A. GERHARDT zur Thematik „Höhere Pilze“ vorgestellt werden und in denen zum anderen die in dieser Veröffentlichung nur kurz angesprochenen Unterrichtskonzepte und Unterrichtsmaterialien näher erläutert werden. Weitere

zugehörige Literatur ist in den nachstehenden Publikationen zitiert.

GERHARDT-DIRCKSEN, A. synonym GERHARDT, A.

- FREITAG, L. (1997): Experimente mit Höheren Pilzen in der Sekundarstufe II – Untersuchungen zu Auswirkungen ausgewählter anthropogener Einflüsse und ihre Umsetzung in Unterrichtsreihen. Staatsexamensarbeit (SII), Universität Bielefeld. 153 S.
- GERHARDT-DIRCKSEN, A. (1992): Von Speise-, Gift- und halluzinogenen Pilzen. PdN-Biologie **41** (7), 29-33.
- GERHARDT, A., B. KOCH & D. POLLMANN (1988): Vergleichende ökologische Untersuchungen zur Pilzvegetation unterschiedlicher Waldgebiete der Senne. Naturw. Ver. Bielefeld **29**, 55-100.
- GERHARDT-DIRCKSEN, A., H. BROGMUS & W. HARTING (1995²): Blickpunkt Natur – Biologieunterricht rund um die Schule. Aulis, Köln, 212 S.
- GERHARDT-DIRCKSEN, A., M. HESSE & B. SCHUH (1995): bsv Biologie GN Ökologie. Bayerischer Schulbuchverlag (bsv), München, 219 S.
- GERHARDT-DIRCKSEN, A., M. HESSE & B. SCHUH (1998): bsv Biologie – Ökologie. Lehrerhandbuch. Bayerischer Schulbuchverlag (bsv), München, 315 S.
- GERHARDT-DIRCKSEN, A. & S. MÜLLER (Hrsg., 1992a): Pilze. PdN-Biologie **41** (7).
- GERHARDT-DIRCKSEN, A. & S. MÜLLER (1992b): Pilze als Thema im freilandbiologisch orientierten Unterricht der Schule. PdN-Biologie **41** (7), 1-2.
- GERHARDT-DIRCKSEN, A. & S. MÜLLER, S. (1992c): Eine Pilzexkursion. PdN-Biologie **41** (7), 3-10.
- GERHARDT-DIRCKSEN, A. & S. MÜLLER (1997): Ökologie und Gesellschaft – ein aktuelles Thema in der Sekundarstufe II. PdN-Biologie **46** (8), 1-2.
- HÖLNIGK, S. (1995): Pilzökologische Untersuchungen auf ausgewählten Rasenflächen des Sennefriedhofes in Bielefeld unter Einsatz der Punktkartierungsmethode. Diplomarbeit, Universität Bielefeld, 167 S.
- HÖLSCHER, P. (1988): Pilzfloristische und pilzökologische Untersuchungen auf dem Käseberg bei Brackwede. Diplomarbeit, Universität Bielefeld, 99 S.
- KLAR, B. (1996): Pilzökologische Untersuchungen in baumbestandenen Flächen des Sennefriedhofes der Stadt Bielefeld unter besonderer Berücksichtigung spezieller edaphischer Messungen am Mycel ausgewählter Arten. Diplomarbeit, Universität Bielefeld, 247 S.
- KOCH, B. & D. POLLMANN (1985): Vergleichende Untersuchung der Makromyceten acht verschiedener Waldgebiete der Senne unter ökologischem Aspekt. Staatsexamensarbeit (SII), Universität Bielefeld, 227 S.
- KULTUSMINISTERIUM DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (KM-NRW) (Hrsg., 1993): Richtlinien und Lehrpläne für Biologie: Realschule (1993a) / Gymnasium – Sekundarstufe I (1993b) / Gymnasium – Sekundarstufe II (1993). Ritterbach, Frechen.
- MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG, WISSENSCHAFT & FORSCHUNG (MSWWF-NRW) (Hrsg., 1999): Sekundarstufe II Gymnasium / Gesamtschule. Richtlinien und Lehrpläne Biologie. Ritterbach, Frechen.
- MÜLLER, S. (1989): Untersuchungen zur Ökologie der Makromyceten ausgewählter Coniferenbestände des Bestenberges bei Lämershagen (Bielefeld). Staatsexamensarbeit (SII), Universität Bielefeld, 229 S.
- MÜLLER, S. (1997a): Die Vermittlung ökologischer Phänomene und Zusammenhänge in der Sekundarstufe II am Beispiel der Höheren Pilze. Dissertation, Universität Bielefeld, 1. Bd. (Text 370 S.); 2. Bd. (Materialien, 467 S.).
- MÜLLER, S. (1997b): Eine Untersuchung zum Einfluss systemischer Fungizide auf Höhere Pilze. In: Arbeitsgemeinschaft Ostwürttemberg (AMO): Beiträge zur Kenntnis der Pilze Mitteleuropas. Bd. XI:S. 77-95.
- MÜLLER, S. & A. GERHARDT (1994a): Untersuchungen zu Vorkommen und Ökologie von Großpilzen im Raum Bielefeld. Teil 1: Artenspektrum und Artenzuordnung zu ökologischen Gruppen. Z. Mykologie **60** (2), 431-448.
- MÜLLER, S. & A. GERHARDT (1994b): Ökologische Zusammenhänge am Beispiel der Höheren Pilze. – Möglichkeiten der Vermittlung in der Sekundarstufe II. IDB **3**, 59-76.
- MÜLLER, S. & A. GERHARDT (1995a): Untersuchungen zu Vorkommen und Ökologie von Großpilzen im Raum Bielefeld. Teil 2: Das Artenvorkommen und seine Abhängigkeit von abiotischen Faktoren. Z. Mykologie **61** (1), 59-78.
- MÜLLER, S. & A. GERHARDT (1995b): Evolution der Pilze – Ein Thema für die Sekundarstufe II? IDB **4**, 47-69.

- MÜLLER, S. & A. GERHARDT (1995c): Untersuchungen zu Vorkommen und Ökologie von Großpilzen im Raum Bielefeld. Teil 3: Zur Methodik ökologisch orientierter mykologischer Freilandarbeiten. *Z. Mykologie* **61** (2), 213-232.
- MÜLLER, S. & A. GERHARDT (1997): Pilze auf Baumstümpfen – Zur freilandbiologischen Erarbeitung des Themas Sukzession in der Sekundarstufe II. *IDB* **6**, 15-37.
- MÜLLER, S. & A. GERHARDT-DIRCKSEN (1992): Pilze an Baumstümpfen und anderem Totholz. *PdN-Biologie* **41** (7), 15-20.
- MÜLLER, S. & A. GERHARDT-DIRCKSEN (1997): Experimente mit Höheren Pilzen in der Sekundarstufe II. Untersuchungen zur Einnischung ausgewählter Arten. Teile 1-5: Isolierung und Wachstum Höherer Pilze / Die Temperatur als Beispiel für einen abiotischen Faktor – klimatischer Aspekt / Interaktionen zwischen Pilzen als Beispiel für einen biotischen Aspekt / Exoenzyme Höherer Pilze als Beispiel für einen physiologischen Aspekt/ Die Wirkung von Fungiziden – ein umweltbiologischer Aspekt. *PdN-Biologie* **46** (3), 39-43; (4), 33-37; (5) 40-45; (6), 35-39; (7), 21-26.
- MÜLLER, S. & A. GERHARDT-DIRCKSEN (2000a): Nur geringes Wissen über Ökologie – eine empirische Studie. *MNU* **53** (4), 202-209.
- MÜLLER, S. & A. GERHARDT-DIRCKSEN (2000b): Nur geringes Wissen über Ökologie – und was man dagegen tun kann. *MNU* **53** (5), 260-267.
- MÜLLER, S., C. PAULY & A. GERHARDT (1991): Zur Ökologie der Makromyceten ausgewählter Waldbestände des Bestenberges bei Lämershagen (Bielefeld). *Naturw. Ver. Bielefeld* **32**, 217-255.
- PAULY, C. (1991): Untersuchungen zur Ökologie fruchtkörperbildender Asco- und Basidiomycetes ausgewählter Laubholzbestände des Bestenberges bei Lämershagen (Bielefeld). Diplomarbeit, Universität Bielefeld, 193 S.
- PROBST, W. (Hrsg., 1983): Pilze im Naturhaushalt. *Unterricht Biologie (UB)* **183**.
- RASCHE, K. (1995): Holzzersetzende Pilze als Unterrichtsthema in der Sekundarstufe II – Entwurf und Erprobung alternativer Unterrichtssequenzen zum Kursthema „Ökologie“. Staatsexamensarbeit, Universität Bielefeld. 190 S.
- RUDOLPHI, A. (1996): Vergleichende freilandbiologische Untersuchungen von Laub- und Nadelholzstümpfen im Hinblick auf Veränderungen der Substrateigenschaften und der Besiedlung mit Pilzen und Moosen. Staatsexamensarbeit, Universität Bielefeld. 193 S.
- SCHAEFER, G. (1978): Inklusives Denken – Leitlinie für den Unterricht. In: TROMMER, G. & K. WENK (Hrsg.): *Leben in Ökosystemen*. Westermann, Braunschweig.
- UPMEIER ZU BELZEN, A. & H. VOGT (1993): Pilzsukzession auf Rindenmulch. – Ein ökologisches Thema für den schulnahen Bereich. *IDB* **2**, 19-34.

Verfasserinnen: Prof. Dr. Almut Gerhardt, Fakultät für Biologie, Universität Bielefeld, Postfach 100131, 33501 Bielefeld; Dr. Sabine Müller, Kaufmannsbrede 2a, 32429 Minden