

## **Pilze auf Baumstümpfen**

### **Zur freilandbiologischen Erarbeitung des Themas Sukzession in der Sekundarstufe II**

Sabine Müller und Almut Gerhardt

#### ***Kurzfassung***

*Der Beitrag bietet neben fachwissenschaftlichen Sachinformationen eine mehrfach erprobte Unterrichtsreihe zur Erarbeitung des Themas »Sukzession« am Beispiel der Höheren Pilze. Ausführlich werden die Unterrichtsreihe und die dazugehörigen Arbeitsmaterialien vorgestellt und zusätzliche Hilfen und Anregungen für die Lehrperson gegeben.*

## **1 Einleitung**

Bei der Behandlung von Stoffkreisläufen terrestrischer Ökosysteme am Beispiel »Wald« wird hinsichtlich einer detaillierten Behandlung in der Schule bevorzugt der Schwerpunkt auf die Produzenten gelegt. Sie sind aber nur ein Teil des Gesamtgefüges; die Destruenten spielen eine ebenso wichtige Rolle. Unter ihnen haben die Pilze eine bedeutende Funktion, weil nur sie in der Lage sind, ein in unseren Wäldern in hohem Maße anfallendes »Naturprodukt« in nennenswertem Umfang zu zersetzen: das Holz.

Durch die Behandlung holzabbauender Pilze in der Sekundarstufe II können in diesem Zusammenhang gleich mehrere biologisch bedeutsame Grundphänomene vermittelt werden, wie beispielsweise die Lebensweise von saprobiontischen Höheren Pilzen, ihre Abbautätigkeit in Hinsicht auf organische Materialien, der morphologisch-anatomische Aufbau und die chemisch-physikalischen Eigenschaften von Holz, die Veränderung von Aufbau und Eigenschaften des Holzes im Laufe der Zersetzung durch Höhere Pilze und die Umwandlung des organischen Materials in Humus.

Mit diesem Themenkomplex werden den Schülern Kohlenstoffkreislauf und Energiefluß eines Ökosystems beispielhaft, anschaulich und ganzheitlich dar-

einzelnen Glieder eines Ökosystems, sondern auch ihre Bedeutung im Gesamtgefüge erkennen. In der direkten Auseinandersetzung mit Organismus und Substrat wird ihnen verdeutlicht, daß ökologische Systeme nur in ihrer Gesamtheit begriffen und beurteilt werden können.

Gerade in der Sekundarstufe II ist es besonders wichtig, daß sich die Schüler längere Zeit mit einer komplexen Thematik auseinandersetzen. Das Thema »Holzzersetzende Pilze« bietet diesbezüglich viele – auch praktische – Erarbeitungs- und Auseinandersetzungsmöglichkeiten, auch in wissenschaftspropädeutischer Hinsicht.

Die genannten Inhalte werden in den Richtlinien für die Sekundarstufe II (KULTUSMINISTER DES LANDES NRW, 1993) im Themenbereich »Ökologie« in verschiedenen Bereichen angesprochen, und ihre Behandlung im Unterricht wird gefordert (teilweise sind sie sogar obligat). Daher werden verschiedene Vorgaben durch die vorgeschlagene Thematik abgedeckt.

## **2 Baumstümpfe als Mikrostandorte – Sukzessionsbeispiele**

Die Auseinandersetzung mit Organismen verschiedener Standorte und mit Lebensweisen und ihre Beeinflussung durch abiotische Faktoren sollte ein wichtiger Inhalt biologischen Unterrichts sein (KULTUSMINISTER DES LANDES NRW, 1993).

Anhand der Bildung von Organismengesellschaften auf speziellen Standorten und ihre Veränderung während des Wechsels der Standortbedingungen im Laufe der Zeit können den Schülern die Veränderlichkeit und Offenheit eines Ökosystems deutlich gemacht werden. Der Begriff der Sukzession spielt in diesem Zusammenhang eine übergeordnete Rolle, da anhand dieses Phänomens langfristig-irreversible Vorgänge in Ökosystemen erarbeitet werden können.

### **2.1 Der Baumstumpf als Lebensraum**

Baumstümpfe bieten verschiedene Lebensräume für Pflanzen, Tiere und Pilze. Dabei bestehen zahlreiche Wechselbeziehungen zwischen dem Baumstumpf, den Organismen und abiotischen Faktoren (Abb. 1).

Baumstümpfe sind im Vergleich zum übrigen, im Wald natürlich vorkommenden Totholz relativ einheitlich aufgebaut. Die Einteilung der sichtbaren Teile in die besonders charakteristische Schnittfläche, die Seitenflächen und die Wurzelhalsoberfläche ist fast immer möglich. Sie sind somit morphologisch relativ homogen, was sie untereinander vergleichbar macht.



**Abb. 1:** Beziehungen zwischen Baumstumpf, abiotischen und biotischen Faktoren im Hinblick auf den Abbau des Stumpfes.

## **2.2 Sukzession im Hinblick auf die Zersetzung von Baumstümpfen**

Das Wachstum der holzzersetzenden Pilze bewirkt Veränderungen der chemischen und physikalischen Eigenschaften des Holzes und führt zu einer Veränderung der Nährstoffzusammensetzung. Dadurch verändern sich die Lebensbedingungen für die im Substrat aktiv wachsenden Mycelien, wobei gleichzeitig geeignete Wachstums- und Fruktifikationsbedingungen für andere Pilzarten entstehen können. Dies führt zu einer sukzessiven Besiedlung der Baumstümpfe und einer sich qualitativ und quantitativ verändernden Zusammensetzung der Pilzgesellschaften.

Veränderungen von Gesellschaften werden ebenfalls bei Höheren Pflanzen beobachtet; dies führte zu der Theorie der Sukzession. Die Sukzession, die für die autotrophen Pflanzen beschrieben wurde, ist dann auf heterotrophe Gesell-

schaften, d.h. Tiere, viele einzellige Mikroorganismen und Höhere Pilze, übertragen worden (COOKE & RAYNER, 1984).

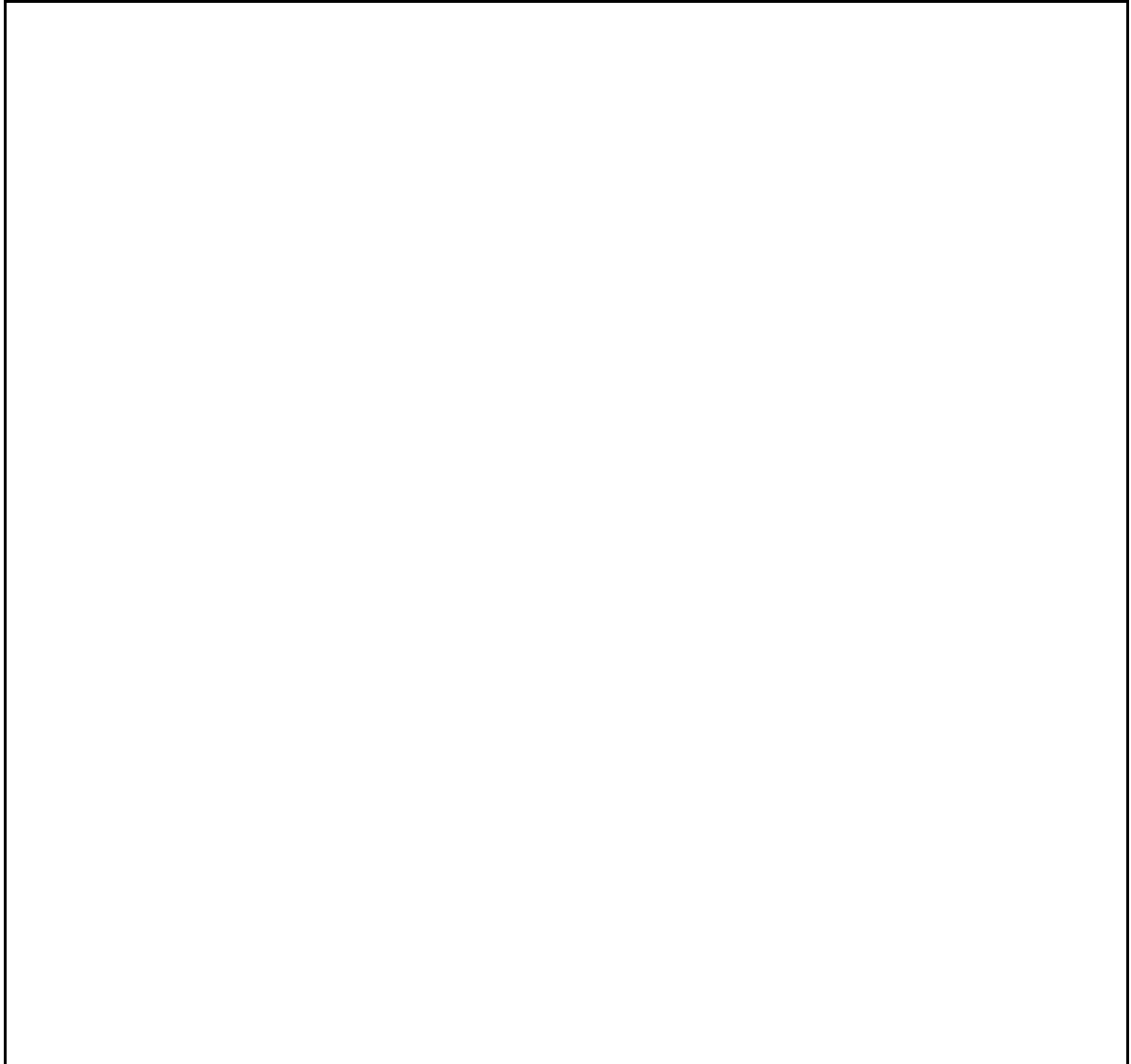
Bei der Übertragung des Sukzessionsbegriffs aus der Vegetationskunde auf den Lebensraum »Baumstumpf« und somit schwerpunktmäßig auf die Pilze, ergeben sich einige Differenzen, die u.a. mit der Lebensweise der Pilze zusammenhängen. Ein wichtiger Unterschied ist z.B. darin zu sehen, daß am Ende der Zersetzungs Vorgänge der Baumstumpf nicht mehr als solcher vorhanden ist, sich somit keine Klimaxgesellschaft im Sinne des „klassischen“ Sukzessionsbegriffes z.B. nach LINCOLN et al. (1986) entwickeln kann. Die Pilzgesellschaft, die kurz vor der vollständigen Zersetzung diese Stelle besiedelt, wird durch eine bodenbewohnende Gesellschaft ersetzt, die in zunehmendem Maße pflanzlicher Natur ist. Es kommt zu einem völligen Verschwinden der lignicolen Saprophyten in diesem Bereich (FRANKLAND, 1992).

Die Sukzession auf Baumstümpfen wird daher von der üblichen Sukzession der Höheren Pflanzen gesondert betrachtet (FRANKLAND, 1992). Dabei wird versucht, den Sukzessionsbegriff im Hinblick auf die Pilze geeignet zu interpretieren.

Allgemein läßt sich eine Pilzsukzession beschreiben als eine Abfolge von Besiedlungen einer Stelle durch Mycelien verschiedener Pilze oder Assoziationen von Pilzen (COOKE & RAYNER, 1984).

Dabei wird unterschieden zwischen einer Substratsukzession, d.h. die Sukzession bezogen auf die Veränderungen der Substrateigenschaften, und einer System-Sukzession, womit die Sukzession der Pilze in Abhängigkeit von der Gesellschaftsentwicklung des gesamten Ökosystems gemeint ist (PARK, 1968). Bezogen auf die Systemsukzession stellt die Substratsukzession nur einen kleinen abgegrenzten Ausschnitt dar. Im Hinblick auf die Baumstümpfe wäre die Substratsukzession die Gesellschaftsabfolge, die in einem Gebiet nur bezogen auf die einzelnen Baumstümpfe stattfindet (Abb. 2).

Sukzession ist für jede Pilzart in einem dreistufigen Prozeß begründet (FRANKLAND, 1992): 1. Ansiedlung (arrival), 2. Stabilisierung (establishment) und 3. Austausch (replacement). Nach der erfolgreichen Ansiedlung der Pilze erfolgt die Stabilisierung, die aus Wachstum und Interaktionen mit anderen Pilzen besteht. Ist die Konkurrenz zu stark oder sind die benötigten Substratbedingungen nicht mehr gegeben, erfolgt der Austausch solcher Arten durch andere. Es findet somit eine Aufeinanderfolge von Arten an einem Ort statt, wobei die Vorgängerarten oft erst die Wachstumsbedingungen für ihre Nachfolger schaffen.



**Abb. 2:** Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Sukzessionsformen bei Höheren Pilzen.

Die Besiedlung der Baumstümpfe wird in drei charakteristische Phasen gegliedert: 1. Initialphase, 2. Optimalphase und 3. Finalphase (KREISEL, 1961). Diese Einteilung wurde durch zahlreiche Untersuchungen bestätigt (z.B. JAHN, 1962; 1979; RICEK, 1967; 1968; RUNGE, 1975; 1979; 1982; 1990). Die einzelnen Phasen sind charakterisiert durch die Fruchtkörper bestimmter Pilzarten, die wiederum charakteristisch sind für die verschiedenen Baumarten.

Aufgrund langjähriger Untersuchungen ist bekannt, daß die Übergänge zwischen den Phasen fließend sein können (z.B. RUNGE, 1990). An einem Stumpf können Pilzarten verschiedener Phasen gleichzeitig auftreten. Besonders die Heterogenität der Pilzarten in der Initialphase auf Laubholzstümpfen ist groß, während die Optimalphase auf verschiedenen Laubhölzern relativ ähnlich ab-

läuft. Auf Nadelhölzern finden sich in der Regel weniger Pilzarten als auf Laubhölzern, und die Sukzession verläuft auf beiden deutlich verschieden. Aus vergleichenden Untersuchungen zwischen Kahlschlägen und einzelnen Baumstümpfen innerhalb eines Bestandes geht hervor, daß die Sukzessionen auf verschiedenen Standorten auch verschiedene Verläufe nehmen können (RUNGE, 1990). Die Sukzession der Makromyceten wird dabei in hohem Maße durch das Mikroklima und die Substratfeuchtigkeit beeinflusst (LISIEWSKA, 1992). Diese Faktoren können unter Extrembedingungen zu einer Zeitverschiebung der Phasen führen. Dabei verzögert trockenes Klima die Zersetzung, während feuchtes Klima sie beschleunigt.

### **3 Vorstellung einer Unterrichtsreihe zum Thema**

Mit der folgenden Unterrichtsreihe wird versucht, das Phänomen der Substratsukzession als langfristig-irreversiblen Vorgang mit Hilfe von Baumstümpfen zu erarbeiten. Diese Mikrostandorte eignen sich vor allem aufgrund ihrer räumlichen Begrenztheit und der daraus folgenden Übersichtlichkeit gut für eine unterrichtliche Bearbeitung.

Eingebettet ist diese Unterrichtsreihe in das übergeordnete Thema »Stoffkreisläufe (im Ökosystem Wald)«. Der Ablauf ist in Tabelle 1 grob dargestellt.

Baumstümpfe finden sich vor allem in forstlich bewirtschafteten Wäldern; besonders beim Kahlschlagbetrieb sind sie in hoher Anzahl, in gleichem Alter und unter annähernd gleichen ökologischen Bedingungen zu finden. Das örtliche Forstamt ist sicher behilflich, Standorte von Baumstümpfen verschiedener Holzarten und gleichen bzw. verschiedenen Alters zu finden, damit eine vergleichende Erarbeitung stattfinden kann.

Da die Organismen, die auf Baumstümpfen gewöhnlich siedeln, in der Schule im Regelfall nicht oder nur wenig behandelt werden – Moose, Flechten und Pilze –, empfiehlt es sich, zuvor eine einführende Exkursion durchzuführen, in deren Verlauf die Schüler mit diesen Organismen und ihren Standorten vertraut gemacht werden und ggf. Material für spätere Analysen gesammelt wird.

Eine andere Möglichkeit der einführenden Erarbeitung könnte in Form von Schülerreferaten geschehen, wobei sich jeweils ein oder zwei Schüler mit je einer Organismengruppe vorweg auseinandersetzen und den Mitschülern ihre Kenntnisse (eventuell mit Hilfe eines Faktenpapiers) vermitteln. Dazu sollten sie allerdings Anschauungsmaterial der Organismengruppen zur Verfügung haben. Die verantwortlichen Schüler oder eben die Lehrpersonen können

**Tab. 1:** Ablauf der Unterrichtsreihe.**Problemstellung:**

*Wie werden die im Totholz (z.B. Baumstümpfe) gebundenen Nährstoffe dem Stoffkreislauf wieder zur Verfügung gestellt?*

**Erarbeitungsphasen:**

- 1. Wie sieht so ein Baumstumpf eigentlich aus?**  
(Exkursion • Freilandarbeit;  
erste Begegnung mit den Untersuchungsobjekten)
- 2. Aufstellen eines Erarbeitungskataloges zur Klärung der Problemstellung:  
Welche Parameter müssen untersucht werden?**  
(z.B. Holzart, Konsistenz des Baumstumpfes;  
Organismen auf dem Baumstumpf,  
unmittelbare Umgebung des Baumstumpfes    Entwicklung eines Aufnahmebogens)
- 3. Kartieren von Baumstümpfen**  
[Freilandarbeit (Gruppenarbeit) unter Einsatz des Aufnahmebogens]
- 4. Weiterbearbeiten des Aufnahmebogens im Klassenzimmer**  
[Untersuchung der Organismen (Pilzbestimmung),  
Untersuchung des Substrats]  
(Aufbau, Alter, pH-Wert, Feuchte, Zersetzungsgrad)
- 5. Vergleichen verschieden alter Baumstümpfe im Hinblick auf die bisher betrachteten Faktoren**  
(abiotische Faktoren: pH-Wert, Feuchte; biotische Faktoren: Pilzarten)
- 6. Ordnen der untersuchten Baumstümpfe im Hinblick auf die ermittelten abiotischen und biotischen Faktoren**  
(Kategorisierung der Baumstümpfe,  
Identifizierung von Pilzgesellschaften auf Baumstümpfen)
- 7. Erarbeiten der Sukzessionsphasen**  
(Initial-, Optimal-, Finalphase;  
Bedeutung der Sukzession als biologisches Phänomen)
- 8. Abbau des Holzes**  
(Cellulose, Lignin)
- 9. Rückführung der im Holz gebundenen Nährstoffe durch die Holzzersetzung**  
(Kohlenstoffkreislauf)
- 10. Bedeutung der holzzersetzenden Pilze im Ökosystem Wald**

einige Moose, Flechten und Pilzfruchtkörper sammeln und den Kursteilnehmern präsentieren. Dabei ist es nicht notwendig, daß die Artnamen nicht gewußt werden; es reicht zunächst aus, wenn die Schüler die Kennzeichen der

Organismengruppen an sich kennenlernen und einige häufige Gattungen auseinanderhalten können.

Die Charakterisierung des Baumstumpfes als Mikrostandort sollte im Anschluß daran erarbeitet werden (Arbeitsmaterial (AM) 1). Wichtig sind in diesem Zusammenhang die edaphischen und klimatischen Bedingungen, die auf den jeweiligen Baumstumpf einwirken, da diese nicht nur das Vorkommen bestimmter Organismen und Gesellschaften, sondern ebenso die Zersetzungsgeschwindigkeit des Substrates maßgeblich beeinflussen (können).

Die Beantwortung der Fragen nach der Beschaffenheit des Holzes und des Aufbaus von Höheren Pilzen vertieft die im Gelände erworbenen Erkenntnisse und bereitet die Kartierung vor (GERHARDT-DIRCKSEN & MÜLLER, 1992; MÜLLER & GERHARDT-DIRCKSEN, 1997).

Der praktische Nachweis von Pilzmycelien im Holz, z.B. durch die Herstellung von gefärbten Mikropräparaten, verbindet diese beiden Themen und macht das Zusammenwirken von Substrat und Organismus deutlich für die Schüler erkennbar (AM 2).

Für diese mikroskopische Untersuchung wird etwa eine Unterrichtsstunde benötigt. Bereits frisches Totholz weist Mycelspuren auf; die blau angefärbten Hyphen sind schon bei kleinster Vergrößerung (40 x) deutlich zu erkennen und zu unterscheiden. Befindet sich das untersuchte Holzstück in einem fortgeschrittenen Zersetzungsstadium, so erscheint das Präparat bei dieser Vergrößerung allerdings durchgehend violett. Erst bei einer Steigerung der Vergrößerung (100 x, besser 400 x) löst sich der durch Addition entstandene Farbeindruck auf, und die blau gefärbten Partien (Hyphen) sind deutlich von den rot gefärbten (Pflanzengewebe) zu unterscheiden.



Arbeitsmaterial 1

Der Baumstumpf als Standort




Der Standort 'Baumstumpf' entsteht durch einen künstlichen Eingriff, durch die Fällung eines Baumes. Dieser Eingriff schafft nicht nur das Substrat Totholz, sondern auch veränderte abiotische Bedingungen innerhalb des Bestandes.

Die Faktoren, die auf den Baumstumpf einwirken, sind sowohl substrat- als auch milieubedingt. Das Substrat Totholz verändert sich in bezug auf seine chemische Beschaffenheit und mechanische Konsistenz so rasch wie kaum ein anderes, be-

Stadien des Vermorschungsvorgangs	
1. Frischholz	Das Holz ist noch saftführend.
2. Totholz	Das Holz ist saftlos, fest. Ein Messer dringt nur sehr schwer ein.
3. Morschholz	Das Holz ist weniger fest; ein Messer dringt in Faserichtung leicht ein.
4. Moderholz	Das Holz ist leicht zersetzt; ein Messer dringt in jeder Richtung leicht ein.
5. Mulmholz	Das Holz ist sehr locker; es fällt fast auseinander.



1 = Schnittfläche; 2 = Seitenfläche; 3 = Wurzelanlauf; 4 = Wurzel; 5 = Wurzelhöhle.

-  waagerechte Fläche
-  senkrechte Fläche
-  schräge Fläche

sonders in den ersten Stadien der Zersetzung. Die das Holz betreffenden Veränderungen werden unter dem Begriff „Vermoderung“ zusammengefaßt. In ihren einzelnen Stadien spricht man von Frisch-, Tot-Morsch-, Moder- und Mulmholz (s. Tabelle).

Von einem Standort wird in der Regel eine weitgehende Einheitlichkeit erwartet. Diese ist bei einem Baumstumpf nicht gegeben, da er von waagerechten, schrägen, senkrechten und bisweilen sogar überhängenden Flächen begrenzt wird (s. Abbildung). Ähnliches gilt von den physikalischen und chemischen Eigenschaften seines Materials, das in vielen Fällen im Laufe des Zersetzungsvorganges an einigen Stellen bereits moderig, an anderen Stellen dagegen noch recht fest sein kann.

Der Verschiedenheit der einzelnen Teilflächen entspricht eine ebenso große Unterschiedlichkeit der Licht-, Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse. Bei Laubholzstämpfen der Auwälder ist die Uneinheitlichkeit des Baumstumpfes besonders stark ausgeprägt.

Der ökologischen Uneinheitlichkeit des Baumstumpfes entspricht eine Vielfalt der ihn besiedelnden Organismengesellschaften. An den Stellen, an denen man Licht- und Schattenseiten deutlich unterscheiden kann, werden beide von verschiedenen Organismengesellschaften besiedelt. Dies gilt v.a. für Baumstümpfe in heller Lage, z.B. in der Nähe von Waldrändern, Lichtungen, Schneisen und auf Schlagflächen. In sonniger Lage läßt sich meistens dort, wo der Stumpf aus dem Boden kommt, auch noch eine schmale, nur wenige Zentimeter breite basale Zone erkennen, die von Arten bewohnt wird, die in höherem Maße feuchtigkeits- und schattenbedürftig sind.

In einem Mischwald bleibt das Mikroklima des Waldes in der Regel erhalten, auch die Gesellschaften des Waldbodens werden wenig gestört. Der Stumpf bleibt von seiner Entstehung bis zu seiner vollständigen Zersetzung den gleichen Umweltbedingungen ausgesetzt. Einzelne in einem Buchenwald eingestreute Stümpfe von Nadelhölzern weisen oft die gleiche Moos- und Flechtenflora auf wie die Buchenstümpfe.

Auch der Säuregrad des Bodens wirkt sich bis zu einem gewissen Grad auf die Baumstumpforganismen aus, da das moderige Holz ständig Lösungen aus dem Boden aufsaugt. Einige Pilze (z.B. der Samtfußkreppling, *Paxillus atrotomentosus*) finden sich besonders an Stümpfen in stark bodensauren Wäldern und dort vor allem im basalen Teil.

Innerhalb der das Milieu bildenden Pflanzen- oder Organismengesellschaft bildet der Baumstumpf einen inselartig eingestreuten Sonderstandort. Er kann nur von Organismen mit besonderer Anpassung besiedelt und dauernd bewohnt werden. Die Lebensformen auf Baumstümpfen sind **Pilze** (hauptsächlich die Arten mit hartfleischiger und fester Konsistenz), **Flechten** (v.a. säulenartige Formen vom *Cladonia*-Typ mit fester Verankerung) und **Moose**.

Die wichtigsten Standortfaktoren, die auf diese Lebensformen einwirken sind das Licht, das Wasser und die Azidität des Substrates. Das Substrat wird u.a. durch diese Faktoren während der Zersetzung verän-

Die Anwesenheit von Pilzhyphen im Holz und deren Häufigkeit ist der wichtigste und überzeugendste Nachweis für die Pilztätigkeit. Die Feststellung der meist farblosen oder nicht charakteristisch gefärbten Pilzhyphen im Holz erfordert aber ihre Anfärbung. Daher sollen zum Nachweis von Pilzhyphen im Holz Schnitte hergestellt, angefärbt und untersucht werden.

### Aufgaben

1. *Stellen Sie entsprechend der folgenden Arbeitsanleitung einen Quer-, Längs- oder Tangentialschnitt (die Zeichnung dementsprechend beschriften) her.*
2. *Führen Sie dann einen der beiden beschriebenen Färbenachweise durch.*
3. *Zeichnen Sie den gefärbten Schnitt. Beschriften Sie nach Möglichkeit alle erkennbaren Strukturen und kennzeichnen Sie unbekannte Elemente.*
4. *Beantworten Sie im Anschluß daran die unten aufgelisteten Fragen.*

### Benötigte Materialien

- Mikroskop (mit mindestens 400facher Vergrößerung, ggf. Immersionsöl für 1000fache Vergrößerung)
- Petrischalen und/oder Uhrgläschen, den Boden mit Wasser bedeckt; Becherglas mit Wasser, Pasteurpipetten
- Objektträger, Deckgläschen, Pinzette, Präpariernadeln, Rasierklinge oder Skalpell
- Bunsenbrenner oder ersatzweise ein Feuerzeug
- Filterpapier (Fließpapier), Filter, Bechergläser
- offensichtlich von Pilzen besiedelte Holzstückchen (Buche und/oder Fichte)
- Lichtgrün–Safranin–Lösung (0,5g Lichtgrün und 1,5g Safranin in 200ml 60%igem Alkohol gelöst, dann Zugabe von 2 Tropfen konzentrierter Salzsäure)
- Safranin und Pikrin–Anilinblau–Lösung (1g Safranin in 100ml Aqua dest; 2,5g Anilinblau in 25ml Aqua dest. gelöst und mit 100ml gesättigter Pikrinsäurelösung versetzt)
- Radiergummi, weichen Bleistift

### Herstellung des Präparats

- Zunächst wird mit einem scharfen Skalpell oder einer unbenutzten Rasierklinge eine möglichst dünne Scheibe vom bereitgestellten Stück Holz abgeschnitten (Schnittichtung notieren!).
- Der Schnitt wird mit einer Pinzette in einen Tropfen Wasser auf einen Objektträger übertagen und mit einem Deckgläschen abgedeckt. Es können auch mehrere Schnitte hergestellt werden, die in eine mit Wasser gefüllte Petrischale gelegt werden.
- Der hergestellte Schnitt wird nun bei kleinster Vergrößerung unter dem Mikroskop betrachtet. Kann man eine einzellige Schicht erkennen, so kann mit einer der beiden Färbungen begonnen werden. Ist der Schnitt zu dick geraten (man kann dann keine Einzelzellen erkennen), so wird er verworfen, und es muß ein neuer Schnitt angefertigt werden.

### Durchführung einer der beiden im folgenden vorgestellten Färbungen

#### 1. Färbung mit Lichtgrün–Safranin–Lösung

- Ein Tropfen der Lösung wird neben das Deckgläschen auf den Objektträger mit einem geeigneten Schnitt gegeben.
- Mit einem Stück Fließpapier wird das Wasser auf der entgegengesetzten Deckglasseite angesaugt, so daß der Tropfen der Lösung auf der anderen Seite unter das Deckglas gezogen wird.
- Nach wenigen Minuten wird der Schnitt unter dem Mikroskop betrachtet (100fache, besser 400fache Vergrößerung): Die Hyphen erscheinen grün und das Holz rot.

#### 2. Färbung mit Safranin und Pikrin–Anilinblau–Lösung

- Ein Tropfen Safranin wird mit Hilfe von Fließpapier unter das Deckgläschen mit einem Schnitt gezogen und etwa 5 Minuten gewartet.
- Dann wird das Safranin mit Leitungswasser ausgewaschen (Fließpapier), bis das Wasser annähernd farblos ist.
- Danach wird ein Tropfen der Pikrin–Anilinblau–Lösung unter das Deckgläschen gezogen und vorsichtig erhitzt, indem der Objektträger mehrmals für maximal 4–5 Sekunden über eine Flamme (Bunsenbrenner oder Feuerzeug) gehalten wird, bis kleine Blähen auftreten.
- Die Lösung wird dann mit Leitungswasser ausgewaschen, bis das Wasser annähernd farblos ist.
- Der so behandelte Schnitt wird unter dem Mikroskop betrachtet (100fache, besser 400fache Vergrößerung): Die Hyphen erscheinen blau und das Holz rot.

### Aufgaben zur Auswertung

1. *Beschreiben Sie die anatomischen Elemente Ihres hergestellten und angefärbten Schnittes. Wo befinden sich die Pilzhyphen?*
2. *Wie verbreiten sich die Hyphen innerhalb des Holzes und welche Bestandteile der Zellwände werden angegriffen?*

Nach dieser vorbereitenden Erarbeitungsphase folgt eine zweite Exkursion, die die Kartierung von Baumstümpfen verschiedener Holzarten und verschiedenen Alters zum Ziel hat. Mit Hilfe von Aufnahmebögen (selbst entwickelt oder vorgegeben: AM 3a-3d) können in arbeitsteiliger Gruppenarbeit verschiedene Stümpfe kartiert werden.

Wünschenswert ist es, daß die einzelnen Gruppen jeweils sowohl einen Laubholzstumpf als auch einen Nadelholzstumpf kartieren (Vergleichbarkeit). Dabei werden nicht nur wichtige Merkmale zum Pilzartenvorkommen und zum Zersetzungszustand notiert, sondern der kartierte Stumpf wird auch in seiner Gesamtheit skizziert. Die Schüler können sich dadurch in genauem Beobachten und Protokollieren beobachteter Phänomene üben. Die Unterschiede zwischen Laub- und Nadelholz erhalten durch die vergleichende Bearbeitungsweise einen sehr anschaulichen Aspekt, da nicht nur weniger (Pilz-)Arten, sondern auch andere (Pilz-)Arten auf diesem Holz vorkommen. Die Rolle der Qualität des Substrates wird dadurch deutlich demonstriert.

Während der Erprobungen hat sich herausgestellt, daß eine Kartierung der Stümpfe praktisch zu jeder Jahreszeit sinnvoll sein kann. Eine Kartierung im Frühjahr kann zwar die Ermittlung einer Pilzgesellschaft erschweren, da nicht alle charakteristischen Arten vorhanden sind, doch durch die geringere Anzahl an fruktifizierenden Arten ist ein guter Überblick gegeben. Eine Kartierung in den Sommer- und Herbstmonaten gestaltet sich in Bezug auf die Ermittlung einer Pilzgesellschaft einfacher. Der inhaltliche Übergang zum Holzabbau und somit zur Sukzession ist in beiden Fällen durchführbar, da die Pilze für die Substratersetzung verantwortlich sind und somit der Bezug zur übergeordneten Thematik deutlich wird.

Bei der Erprobung im Frühjahr hat sich zudem gezeigt, daß eine Gruppe von drei Schülern in etwa 25 Minuten die Pilze auf einem Laubholzstumpf kartieren kann, Zeichnung und Beschreibung eingeschlossen. Es ist zu dieser Jahreszeit eine überschaubare Anzahl von Pilzarten vorhanden, deren Bestimmung den Schülern keine Schwierigkeiten bereitet. In den Spätsommer- bzw. Herbstmonaten dauert eine Kartierung der Pilze auf Laubholzstümpfen aufgrund der erhöhten Pilzartenanzahl etwa 50 Minuten. Die Zeitdauer der Kartierung von Nadelholzstümpfen ist in der Regel geringer anzusetzen, da diese kleiner sind und sich auf diesen Stümpfen erfahrungsgemäß wesentlich weniger Pilzarten befinden als auf Laubholzstümpfen. Eine Kartierung der Pilze auf Nadelholzstümpfen durch ungeübte Schüler dauert im Frühjahr etwa 15 Minuten, in den Sommer- und Herbstmonaten ca. 30 Minuten. Wird also eine

Datum: ..... Aufnahme-Nummer: ..... Protokollant(inn)en: .....

**Arbeitsaufträge:**

1. Beschreiben Sie in kurzen Worten die **Struktur des Bestandes** (Vegetation, Alter, Exposition etc.).

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2. Ordnen Sie den aufgesuchten Baumstumpf in die Gruppe '**Nadelholz**' bzw. '**Laubholz**' ein.

.....

3. Machen Sie **Angaben** zu folgenden Parametern:

- Durchmesser ..... cm
- Höhe ..... cm
- Rinde/Borke:  
vorhanden ..... nicht vorhanden ..... teilweise vorhanden .....
- Struktur der Schnittfläche:  
glatt ..... unregelmäßig ..... zerfurcht ..... aufgebrochen .....
- Streuschicht:  
direkt am Stamm ..... nicht direkt am Stamm ..... Mächtigkeit ..... cm keine .....
- sonstige Beobachtungen: .....

4. **Skizzieren Sie den Baumstumpf** sorgfältig von oben und einer Seite. Zeichnen Sie alle pflanzlichen und pilzlichen Organismen ein (Platz ist auf der nächsten Seite).

5. Beschreiben Sie die beobachteten **Lichtverhältnisse** des Baumstumpfes.

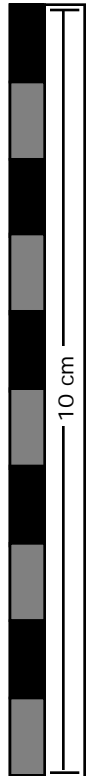
frei besont ..... mittelbar besont ..... hoch beschattet ..... direkt beschattet .....

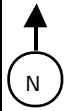
keine oder andere Angaben: .....

.....

6. Beschreiben Sie die **äußeren Feuchtigkeitsverhältnisse** im Bereich des Baumstumpfes.

.....





7. Versuchen Sie den **Zustand des Holzstumpfes** näher zu bestimmen, indem Sie mit einem Messer an mehreren Stellen in das Holz stechen (Messerspitze dringt kaum ein → **fest**; Messer dringt einige Millimeter ein → **leicht zersetzt**; Messer dringt mit wenig Kraftaufwand mehrere Millimeter bis Zentimeter ein → **mittelmäßig zersetzt**; Messer dringt ohne Kraftaufwand leicht bis zum Schaft ein, ohne daß das Holz zerbröckelt → **stark zersetzt**; das Holz ist porös und brüchig und läßt sich auch ohne Messer leicht abbrechen → **fast vollständig zersetzt**).

.....

.....

.....

.....

8. Nehmen Sie zur näheren **Identifizierung des Baumstumpfes** ein Stück Holz mit (in Cellophan einwickeln). Versuchen Sie mit Hilfe eines Bestimmungsschlüssels (makroskopisch bzw. mikroskopisch) die **Holzart** zu **bestimmen** (Wichtig: Notieren Sie die Schnittrichtung: quer, tangential, radial!).

.....

.....



9. Bestimmen Sie die kartierten **Pilz- und Pflanzenarten** nach Möglichkeit vor Ort (Hilfen werden zur Verfügung gestellt). Sollte dies nicht möglich sein, so nehmen Sie von jeder Art wenige Exemplare mit und führen die Bestimmung in der Schule durch.

Pflanzenarten: .....

.....

.....

Pilzarten: .....

.....

.....

.....

.....

10. Entnehmen Sie von verschiedenen Stellen des Holzstumpfes kleine Holzproben (in Cellophan einwickeln) und nehmen



vergleichende Kartierung von Pilzen auf Laubholz- und Nadelholzstümpfen angestrebt, müssen im Frühjahr ungefähr 45 Minuten, im Sommer bzw. Herbst ungefähr 80 Minuten eingeplant werden. Eine Doppelstunde reicht erfahrungsgemäß in jedem Falle aus; allerdings ist dabei noch nicht die Zeit zur Erreichung des Exkursionsgebietes eingerechnet.

Die Bestimmung der Arten ist ein erster Schritt zur näheren Kategorisierung der Baumstümpfe. Die spezifische Zusammensetzung der gefundenen Organismengesellschaften gibt Aufschluß über das Alter und den Zersetzungszustand der Stümpfe. Dies kann mit Hilfe einfacher, dichotomer Bestimmungsschlüssel ohne Probleme durchgeführt werden (MÜLLER, 1997). Während der Erprobung konnten die Schüler in einer Unterrichtsstunde pro Arbeitsgruppe etwa 4 Pilzarten bestimmen. In Tabelle 2 sind die wichtigsten Arten aufgeführt.

**Tab. 2:** Pilze, die häufig auf Baumstümpfen vorkommen.

Zinnoberrote Tramete ( <i>Pycnoporus cinnabarinus</i> ) — Spaltblättling ( <i>Schizophyllum commune</i> )
Flacher Lackporling ( <i>Ganoderma lipsiense</i> ) — Zunderschwamm ( <i>Fomes fomentarius</i> )
Rotrandiger Baumschwamm ( <i>Fomitopsis pinicola</i> ) — Wurzelschwamm ( <i>Heterobasidion annosum</i> )
Zaun-Blättling ( <i>Gloeophyllum sepiarium</i> ) — Veränderlicher Spaltporling ( <i>Schizopora paradoxa</i> )
Birkenblättling ( <i>Lenzites betulinus</i> ) — Rötende Tramete ( <i>Daedaleopsis confragosa</i> )
Striegelige Tramete ( <i>Trametes hirsuta</i> ) — Violetter Lederporling ( <i>Trichaptum abietinum</i> )
Gebuckelte Tramete ( <i>Trametes gibbosa</i> ) — Schmetterlingstramete ( <i>Trametes versicolor</i> )
Blauer Saftporling ( <i>Spongiporus caesius</i> ) — Angebrannter Rauchporling ( <i>Bjerkandera adusta</i> )
Gallertfleischiger Fältling ( <i>Merulius tremellosus</i> ) — Riesenporling ( <i>Meripilus giganteus</i> )
Birken-Porling ( <i>Piptoporus betulinus</i> ) — Löwengelber Porling ( <i>Polyporus varius</i> )
Winter-Porling ( <i>Polyporus brumalis</i> ) — Herber Zwergknäueling ( <i>Panellus stypticus</i> )
Milder Zwergknäueling ( <i>Panellus mitis</i> ) — Rillstieliger Helmling ( <i>Mycena polygramma</i> )
Weißmilchender Helmling ( <i>Mycena galopus</i> ) — Blut-Helmling ( <i>Mycena haematopus</i> )
Salpeter-Helmling ( <i>Mycena alcalina</i> ) — Rosablättriger Helmling ( <i>Mycena galericulata</i> )
Hallimasch ( <i>Armillaria mellea</i> ) — Samtfuß-Rübling ( <i>Flammulina velutipes</i> )
Stockschwämmchen ( <i>Kuehneromyces mutabilis</i> ) — Sparriger Schüppling ( <i>Pholiota squarrosa</i> )
Geflecktblättriger Flämmling ( <i>Gymnopilus penetrans</i> ) — Glimmer-Tintling ( <i>Coprinus micaceus</i> )
Rauchblättriger Schwefelkopf ( <i>Hypholoma capnoides</i> ) — Ziegelroter Schwefelkopf ( <i>H. sublateritium</i> )
Grünblättriger Schwefelkopf ( <i>Hypholoma fasciculare</i> ) — Gesäter Tintling ( <i>Coprinus disseminatus</i> )
Hirschbrauner Dachpilz ( <i>Pluteus cervinus</i> ) — Breitblättriger Rübling ( <i>Megacollybia platyphylla</i> )
Schmutzbecherling ( <i>Bulgaria inquinans</i> ) — Vielgestaltige Holzkeule ( <i>Xylaria polymorpha</i> )
Geweihförmige Holzkeule ( <i>Xylaria hypoxylon</i> ) — Klebriger Hörnling ( <i>Calocera viscosa</i> )
Zerfließende Gallerträne ( <i>Dacrymyces stillatus</i> ) — Birnen-Stäubling ( <i>Lycoperdon pyriforme</i> )
Rötliche Kohlenbeere ( <i>Hypoxylon fragiforme</i> ) — Zinnoberroter Pustelpilz ( <i>Nectria cinnabarina</i> )
Violetter Schichtpilz ( <i>Chondrostereum purpureum</i> ) — Zottiger Schichtpilz ( <i>Stereum hirsutum</i> )
Blutender Schichtpilz ( <i>Stereum sanguinolentum</i> ) — Brandkrustennilz ( <i>Uetulina dousta</i> )



Die nähere Untersuchung des Holzes ist ein weiterer Schritt zur Identifizierung der Sukzessionsphasen. Durch die Abbautätigkeit der Pilzarten verändern sich die chemische Zusammensetzung und die physikalischen Eigenschaften des Holzes (MÜLLER & GERHARDT, 1997), was u.a. durch den erhöhten Feuchtigkeitsgehalt und den veränderten pH-Wert (AM 4) zum Ausdruck kommt. Diese beiden Parameter sind diesbezüglich am aussagekräftigsten und lassen sich mit einfachen Mitteln im „Labor“ bestimmen, weshalb sie für den unterrichtlichen Einsatz ausgewählt wurden.

Die Zerkleinerung der Holzstücke mit dem Messer kann bei noch relativ festem Holz anstrengend sein und etwa 10–15 Minuten dauern; bei stark zersetztem Holz ist diese Arbeit in wenigen Minuten erledigt. Das Auswiegen der Proben dauert in der Regel ca. 5–10 Minuten.

Die Schüler können in Gruppenarbeit diese Bestimmungen durchführen und gelangen so zu gesicherten Ergebnissen aus dem abiotischen Bereich, die ihre vorher erarbeiteten Ergebnisse (Untersuchungen im Gelände, Bestimmung der Arten) absichern können.

In einem nächsten Schritt werden die bisher ermittelten Ergebnisse zusammengetragen und in jeder Arbeitsgruppe übersichtlich dargestellt (AM 5). Eine erste Gruppenauswertung folgt.

Ein anschließender Vergleich der verschiedenen Holzstümpfe (einerseits der Laubholzstümpfe bzw. Nadelholzstümpfe untereinander, andererseits der Laubholzstümpfe mit den Nadelholzstümpfen) zeigt die prinzipiellen Substrateigenschaften der unterschiedlichen Hölzer auf. Es werden verschiedene Arten und auch Gesellschaften identifiziert, evtl. mit Hilfe zusätzlicher Informationsblätter (MÜLLER, 1997).

Die Ergebnisse jeder Gruppe werden dann im Plenum vorgestellt und geordnet. Es lassen sich nun eine Darstellung von Pilzgesellschaften auf Baumstümpfen und die Kategorisierung der untersuchten Baumstümpfe nach Alter und Zersetzungsgrad durchführen.

Die Charakterisierung der Sukzessionsphasen schließt sich an, ebenso die Bestimmung der ungefähren Dauer des gesamten Zersetzungsprozesses. Auch die Pilzarten sind in der Regel einem Stadium zuzuordnen. Bisweilen kommen einige Arten in zwei Phasen (Optimal- und Finalphase) vor; dies bedeutet, daß die eine Phase noch nicht abgeschlossen ist. Den Schülern zeigt dies, daß feste Grenzen nicht zu ziehen sind. Während der Erprobung hat sich herausgestellt, daß bei den meisten untersuchten Baumstümpfen ohne größere Probleme mit Hilfe der Pilzarten und (allein) des gemessenen Feuchtigkeitsgehaltes die

## Zur Bestimmung des pH-Wertes von Holz

Der pH-Wert des Holzes spielt nicht nur eine Rolle in der holzverarbeitenden Industrie, sondern ist auch in bezug auf die Substratbesiedelung der holzzeretzenden Pilze wichtig.

Pilze — besonders Braunfäuleerreger — bilden als Endprodukte ihres Stoffwechsels organische Säuren, z.B. Oxalsäure. Durch diese Säureproduktion ist es den Pilzen möglich, den pH-Wert ihres Mediums auf den für sie optimalen Wert einzustellen. So kann der pH-Wert von Buchenholz (ca. 5) schon nach dreimonatiger Einwirkung des Kellerschwammes bis auf 2,1 sinken. Bei anderen Braunfäuleerregern liegt die untere Grenze des Spektrums bei pH-Werten zwischen 2,3 und 2,6. Die entsprechenden Zahlen sind bei Weißfäuleerregern weitaus höher; sie liegen fast nie unter 4,5. Es kann festgehalten werden, daß der pH-Wert im Holz bei fortlaufender Pilzeinwirkung in der Regel sinkt. Pilzbesiedeltes Holz, das sich in der Finalphase der Zersetzung befindet, hat dementsprechend einen niedrigeren pH-Wert als pilzbefallenes Holz, das sich erst in der Initialphase befindet.

Eine gebräuchliche Methode, den pH-Wert von Holz zu bestimmen, ist die Messung mit einer Meßelektrode in einer Holzaufschwemmung in destilliertem Wasser.

## Arbeitsanleitung

- Die entnommenen Proben werden zunächst bei ca. 95°C etwa 2h in einem Trockenschrank getrocknet.
- Dann werden 10g Holzspäne in 100ml Aqua dest. aufgeschwemmt und in der Regel 48h stehengelassen.
- Der pH-Wert wird elektrometrisch (pH-Elektrode) in der Suspension gemessen.

**Tragen Sie die gemessenen Werte in die Tabelle ein.**

Gruppe:		Holzstumpf Nr. 1	Holzstumpf Nr. 2	Holzstumpf Nr. 3	Holzstumpf Nr. 4	Holzstumpf Nr. 5
Gattung bzw. Art						
Probe	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

Hölzer	pH-Wert	Hölzer	pH-Wert
<b>Laubhölzer</b>		Robinie ( <i>Robinia pseudoacacia</i> )	5,3
Birke ( <i>Betula pendula</i> )	4,8	Linde ( <i>Tilia spec.</i> )	5,2
Hainbuche ( <i>Carpinus betulus</i> )	5,2	Ahorn ( <i>Acer spec.</i> )	5,3
Rotbuche ( <i>Fagus sylvatica</i> )	5,1	<b>Nadelhölzer</b>	
Eiche ( <i>Quercus robur</i> )	3,9	Fichte ( <i>Picea abies</i> )	5
Pappel ( <i>Populus spec.</i> )	5,8	Kiefer ( <i>Pinus sylvestris</i> )	5,1
Weide ( <i>Salix spec.</i> )	5	Lärche ( <i>Larix decidua</i> )	4,3
Ulme ( <i>Ulmus spec.</i> )	6,4	Tanne ( <i>Abies alba</i> )	5,4
Esche ( <i>Fraxinus excelsior</i> )	5,8	Douglasie ( <i>Pseudotsuga menziesii</i> )	5

Tab. 1: pH-Werte des frischtoten Holzes ausgewählter Baumarten

## Aufgaben

**1. Vergleichen Sie Ihre ermittelten Werte mit den pH-Werten frischtoten Holzes in der nebenstehenden Tabelle.**

**2. Diskutieren Sie eventuell auftretende Unterschiede zwischen Ihren Werten und denen aus der Tabelle.**

**3. Welche Gründe könnten für die Unterschiede verantwortlich sein?**

**4. Sind aufgrund der ermittelten**

Arbeitsmaterial 5

Auswertungsbogen zur Baumstumpfkartierung

Datum:	Gruppe:			
Baumstumpf- Nr.				
Holzart				
Zustand der Rinde bzw. Borke				
Zersetzungsgrad (Messerprobe)				
Lichtverhältnisse				
pH-Wert (Holz)				
Feuchte [% (Holz)]				
Pflanzenarten unmittelbar am bzw. auf dem Stumpf				
Pilzarten (mit Angaben zum Fäuletyp)				
Pilzartenanzahl				
Baumstumpfgesellschaft				
vermutliches Alter des Stumpfes				
Sukzessionsphase				
abschließende, zusammenfassende Bewertung des Baumstumpfes				

ungefähre Sukzessionsphase ermittelt und auch Unterschiede zwischen den Stümpfen festgehalten werden konnten. Dies gilt nicht nur für die Kartierungen in den Sommer- und Herbstmonaten, sondern auch für die Erarbeitung im Frühjahr.

Eine zusammenfassende Darstellung der mit den Schülern erarbeiteten Ergebnisse für Buchenholzstümpfe könnte – wie in AM 6 dargestellt – aussehen.

Nach der zusammenfassenden Erarbeitung der Sukzessionsphasen kann abschließend auf den Abbau des Holzes auf chemischer Ebene eingegangen werden. Der Abbau von beispielsweise Cellulose als eine grundlegende Voraussetzung der Holzzersetzung und die Rolle der Pilze als einzige dazu befähigte Organismen bereiten den Abschluß dieser Unterrichtsreihe, die Darstellung des Kohlenstoffkreislaufes, vor. Die Erarbeitung dieser Thematik – in den Richtlinien ein obligater Inhalt – wird nun für die Schüler verständlich, da sie ihn an einem Beispiel selbsttätig und übergreifend erarbeiten konnten. Die Bedeutung der holzzersetzenden Pilze im Ökosystem Wald ist deutlich geworden.

Die gesamte Unterrichtsreihe dauert etwa 15 Unterrichtsstunden; in einem Grundkurs werden also ungefähr 4–5 Wochen, in einem Leistungskurs dementsprechend 2–3 Wochen benötigt.

## 4 Resümee

Die Thematik stieß nicht nur bei den Lehrpersonen, sondern auch bei den Schülern auf **reges Interesse**. Durch die vielfältigen Möglichkeiten der Thematik ließen sich nicht nur **ökologische Phänomene und Zusammenhänge vermitteln**, sondern auch bereits **bekanntes Sachverhalte wiederholen** (z.B. Aufbau einer Zelle) und auf die neuen Inhalte übertragen (**Anwendungsbezug**).

Als **ein (erwartetes) Problem** stellte sich die **hohe Unkenntnis** sowohl bei den Lehrpersonen als auch bei den Schülern über diese **Organismengruppe** dar. Dies führte einerseits dazu, daß die Lehrpersonen sich besonders intensiv vorbereiten mußten, und andererseits dazu, daß während des Kurses mehrmals eine Unterrichtsstunde zur grundlegenden Erarbeitung von morphologischen, physiologischen und entwicklungsbiologischen Inhalten aufgewendet werden mußte. Dies wurde bei der Überarbeitung nach der Erprobung der Unterrichtsreihe berücksichtigt, und es wurden jeweils Materialien dazu entwickelt und zur Verfügung gestellt. Durch die neuen Richtlinien für die Sekundarstufe I an Gymnasien (KULTUSMINISTERIUM NRW, 1993) wird dieses Wissensdefizit in

**Aufgaben**

- 1. Beschreiben Sie den Ablauf der Zersetzung eines Rotbuchenstumpfes. Beachten Sie dabei die Veränderung der dargestellten abiotischen und biotischen Parameter.*
- 2. Wie könnte die Zersetzung eines Fichtenstumpfes — ebenfalls über Kalkuntergrund — aussehen? Begründen Sie Ihre Ausführungen.*

Zukunft hoffentlich verringert sein, da die Organismengruppe der Pilze im Rahmen des »Ökologischen Jahres« (Jahrgangsstufe 8) in den verbindlichen Themenkanon aufgenommen worden ist.

Die entwickelte Unterrichtsreihe **ermöglicht in der Oberstufe dann ein Anknüpfen an bereits in Jahrgangsstufe 8 angesprochene Inhalte** wie beispielsweise die Ernährungs- und Lebensweisen der Höheren Pilze (Heterotrophie; Saprophytismus, Parasitismus und Symbiose).

**Ein Aufgreifen und eine Ausweitung dieser Thematik in der Sekundarstufe II stellt daher eine konsequente, folgerichtige und vertiefende Erarbeitung dar.** Die Schüler werden mit in Ansätzen bereits Bekanntem konfrontiert, so daß ihr Interesse an seiner unterrichtlichen Behandlung geweckt wird.

Die Holzpilzthematik stieß bei den Lehrpersonen auch deswegen auf großes Interesse, da sich die **Möglichkeit** bietet, mit den Schülern **zu jeder Jahreszeit auch kurzfristig ins Gelände zu gehen und freilandbiologisch zu arbeiten.** Auch die in der erprobten Reihe vorgeschlagene Verknüpfung von freilandbiologischen mit labortechnischen Untersuchungen wurde gut aufgenommen.

Dieses ging in einem Gymnasium sogar so weit, daß die Biologie-Fachlehrpersonen nach der ersten Erprobung eine Übernahme des Themas »Holzzersetzende Pilze« in ihren Ökologie-Lehrplan erwogen. Um sich von der Praktikabilität und Realisierbarkeit des Themas in Hinsicht auf Inhalt und Methodik zu überzeugen, wurden Teile dieser Thematik ein Jahr später erneut in einem Leistungskurs der Jahrgangsstufe 11 eingesetzt.

Die entwickelten Arbeitsmaterialien erwiesen sich als sehr brauchbar. Die bisweilen auftretende Befürchtung, es würden Schülern zu viele **Arbeitsmaterialien** vorgelegt, stellte sich als nichtig heraus. Die **ungewöhnliche Thematik rechtfertigt das hohe Angebot**, da die Schüler sonst kaum eine Möglichkeit hätten, sich mit entsprechenden Informationen zu versorgen.

## Zitierte Literatur

- BON, M. (1988): Pareys Buch der Pilze. Parey, Hamburg Berlin.
- COOKE, R.C. & A.D.M. RAYNER (1984): Ecology of saprotrophic fungi. Longman, London New York.
- FRANKLAND, J.C. (1992): Mechanisms in fungal succession. In: CARROL, G.C. & D.T. WICKLOW [eds.]: The fungal community. Dekker, New York, 383–401.
- JAHN, H. (1962): Pilzbewuchs an Fichtenstümpfen (*Picea*) in westfälischen Gebirgen. In: Westfälische Pilzbriefe **3**, 110–122.
- JAHN, H. (1979): Pilze, die an Holz wachsen. Busse, Herford.
- KREISEL, H. (1961): Die Entwicklung der Mykozönose an Fagus-Stubben auf norddeutschen Kahl-schlägen. In: Feddes Repertorium (Beiheft) **139** 227–232

- KULTUSMINISTERIUM DES LANDES NRW [Hrsg.] (1993): Richtlinien für die gymnasiale Oberstufe – Biologie. Druck- und Verlagsgesellschaft Ritterbach mbH, Frechen.
- LISIEWSKA, M. (1992): Macrofungi on special substrates. In: LIETH, H. [ed.]: Handbook of vegetation science 19/1. Kluwer, Dordrecht.
- LINCOLN, R.I., G.A. BOXSHALL & P.F. CLARK (1986): A dictionary of ecology, evolution and systematics. Cambridge University Press, Cambridge.
- MÜLLER, S. (1997): Die Vermittlung ökologischer Phänomene und Zusammenhänge in der Sekundarstufe II am Beispiel der Höheren Pilze. Dissertation, Universität Bielefeld.
- MÜLLER, S. & A. GERHARDT-DIRCKSEN [Hrsg.] (1992): Pilze. PdN-B **41** (7).
- MÜLLER, S. & A. GERHARDT-DIRCKSEN (1997): Experimente mit Höheren Pilzen in der Sekundarstufe II. Teil 4. In: PdN-B **46** (6), 35–39.
- PARK, D. (1968): The ecology of terrestrial fungi. In: AINSWORTH, G.C. & A.S. SUSSMAN [eds.]: The fungi. Vol. 3. Academic Press, New York, 5–39.
- RICEK, W.E. (1967): Untersuchungen über die Vegetation auf Baumstümpfen. Teil I. In: Jahrbuch des oberösterreichischen Musealvereins **112**, 85–252.
- RICEK, W.E. (1968): Untersuchungen über die Vegetation auf Baumstümpfen. Teil II. In: Jahrbuch des oberösterreichischen Musealvereins **113**, 229–256.
- RUNGE, A. (1975): Pilzsukzession auf Laubholzstümpfen. In: Zeitschrift für Pilzkunde **41**, 31–38.
- RUNGE, A. (1979): Pilzassoziationen auf Holz in Mitteleuropa. In: Zeitschrift für Pilzkunde **46** (1), 95–102.
- RUNGE, A. (1982): Pilzsukzession auf Stümpfen verschiedener Holzarten. In: DIERSCHKE, H. [Hrsg.]: Struktur und Dynamik von Wäldern. Cramer, Vaduz, 631–643.
- RUNGE, A. (1990): Vergleichende Untersuchungen zur Pilzsukzession an Laubholzstümpfen auf Kahlschlägen und im Plenterwald. In: Zeitschrift für Mykologie **56** (1), 151–154.

**Verfasserinnen:** Sabine Müller und Prof. Dr. Almut Gerhardt, Lehrstuhl für Biologie und Didaktik der Biologie, Universität Bielefeld, Fakultät für Biologie, Postfach 100131, 33501 Bielefeld