

## Ökosystem Wald Materialien für die Sekundarstufe



BAYERISCHE FORSTVERWALTUNG 

# Impressum

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, sowie fotomechanische und elektronische Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers. Ins besondere ist eine Einspeicherung oder Verarbeitung der auch in elektronischer Form vertriebenen Broschüre in Datensystemen ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig.

## **Herausgeber**

Bayerische Landesanstalt  
für Wald und Forstwirtschaft (LWF)  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1  
85354 Freising  
Telefon: +49 (0) 81 61/71-4881  
Fax: +49 (0) 81 61/71-4971  
[poststelle@lwf.bayern.de](mailto:poststelle@lwf.bayern.de)  
<http://www.lwf.bayern.de>

## **Verantwortlich**

Olaf Schmidt, Leiter der Bayerischen  
Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

## **Autoren**

Stefanie Frisch, Stefanie Aigner, Michael Spangler, Albin Huber, Sebastian Blaschke

## **Titelfoto**

Patricia Valier

## **Copyright**

© Bayerische Landesanstalt  
für Wald und Forstwirtschaft  
Oktober 2015

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Vorwort</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Einleitung</b> .....	<b>6</b>
<b>3 Pädagogische Vorgaben: Bildungsstandards und Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung</b> ..	<b>8</b>
<b>4 Beschreibung der Exkursion - „Ökosystem Wald“</b> .....	<b>12</b>
4.1 Vorkenntnisse und Ablauf der Waldexkursion beziehungsweise der einzelnen Unterrichtsstunden .....	12
4.2 Durchführung der Waldexkursion.....	12
4.3 Beschreibung der Präsentation der Ergebnisse und die Durchführung der Nachtests .....	16
4.4 Kompetenzerwerb der SchülerInnen .....	17
<b>5 Didaktisches Konzept: Themenorientierter Unterricht – Ökosystem Wald</b> .....	<b>18</b>
<b>6 Exkursionsführer – 41-seitige Kopiervorlage mit eigenem Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>23</b>
<b>7 Hilfsmittel für die Exkursion</b> .....	<b>25</b>
7.1 Checkliste und Materialien für die Exkursion .....	25
7.2 Informationstafeln .....	34
7.3 Kontaktanzeigen.....	38
<b>8 Lernziele der einzelnen Exkursionspunkten</b> .....	<b>48</b>
8.1 Lufttemperatur und Lichtintensität .....	48
8.2 Waldboden ist nicht gleich Waldboden .....	49
8.3 Bodenuntersuchung .....	50
8.4 Vegetationsaufnahme .....	51
8.5 Tiere im Waldboden.....	52
8.6 Tieren auf der Spur.....	52
8.7 Sukzession .....	53
8.8 Ressource Wald – Nachhaltigkeit.....	53
<b>9 Lehrplanbezug der Versuche</b> .....	<b>54</b>
9.1 Biologie 10 Jahrgangsstufe Allgemein .....	54
9.2 Biologie 10.3 Grundlegende Wechselbeziehungen zwischen Lebewesen (ca. 29 Std.) ....	54
9.3 Basiskonzepte:.....	55
<b>10 Anknüpfungsmöglichkeiten</b> .....	<b>57</b>
10.1 Vorstellen der Ergebnisse aus der Waldexkursion (ca.1 Unterrichtsstunde).....	57
10.2 Ökologische Potenz verschiedener Lebewesen (ca.1 Unterrichtsstunde).....	58
10.3 Energiefluss und Stoffkreislauf (ca. 2 Unterrichtsstunden).....	60
10.4 Beziehungen zwischen Lebewesen (ca. 4 Unterrichtsstunden) .....	64
10.5 Ökologische Nische (ca. 2 Unterrichtsstunden) .....	66

10.6 Sukzession (ca. 1 Unterrichtsstunde).....	68
10.7 Bedeutung und Gefährdung von Ökosystemen (ca. 4 Unterrichtsstunden).....	69
10.8 Wildtiermanagement (ca. 1 Unterrichtsstunde).....	76
10.9 Ressource Wald – Nachhaltigkeit (ca. 1 Unterrichtsstunde).....	79
<b>11 Materialgeleitete Aufgaben für den Unterricht .....</b>	<b>82</b>
11.1 Anpassung an Umweltbedingungen .....	83
11.2 Aspektfolge verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie .....	86
11.3 Licht als Umweltfaktor verändert nach Klett: Natura 10; G8 Biologie für Gymnasien ...	88
11.4 Umweltfaktoren Licht und Temperatur verändert nach Klett: Natura 10; G8 Biologie für Gymnasien.....	90
11.5 Konkurrenz und Konkurrenzvermeidung (verändert nach Klett: Natura 10; G8 Biologie für Gymnasien).....	92
11.6 Ökosysteme im Wandel (verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie).....	94
11.7 Nahrungsbeziehungen (LWF verändert nach Manger et al., 2008).....	97
11.8 Waldstreu verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie .....	99
11.9 Pilze im Ökosystem Wald.....	102
11.10 Tropischer Regenwald.....	105
11.11 Der verschwundene Wald.....	109
11.12 Gefährdungen des Waldes: Wirkungsketten zwischen Luft und Boden (verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie) .....	111
11.13 Borkenkäfer.....	114
11.14 Wildtiermanagement und Klimawandel.....	118
<b>12 Hintergrundwissen.....</b>	<b>121</b>
12.1 Wald in Bayern.....	121
12.2 Rohstoff Holz.....	122
12.3 Nachhaltige Nutzung.....	123
12.4 Abiotische Umweltfaktoren im Wald.....	127
12.5 Biotische Umweltfaktoren .....	137
12.6 Wald und Wild.....	144
12.7 Kompetenzerwerb in der außerschulischen Bildungsarbeit.....	149
<b>13 Literatur .....</b>	<b>158</b>
<b>14 Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>160</b>

# 1 Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

bei einer Bildung für nachhaltige Entwicklung geht es auch immer um Austausch und Kooperation zwischen zwei oder mehreren Partner, die die gleichen oder auch unterschiedliche Ziele verfolgen. Um dabei gemeinsam Interessen zu stärken und gesetzte Ziele, aber auch Zielgruppen, besser zu erreichen, bedarf es immer wieder den Austausch mit bewährten aber auch neuen Partnern. Das Motto dafür sollte sein „Über den Tellerrand schauen“, gegebenenfalls hinaussteigen und vielleicht auch mal von einem anderen Suppenteller probieren. Denn so können neue Rezepte kennengelernt werden, die meist gut mit den eigenen kombiniert werden können oder diese wirkungsvoll ergänzen.

Denn der für eine nachhaltige Entwicklung der Gesellschaft notwendige Kompetenzerwerb stellt die Partner in der schulischen und die außerschulischen Bildungsarbeit vor neue Herausforderungen. Dem Lernen kommt in den Nachhaltigkeitsprozessen eine besondere Bedeutung zu. Neue Methoden und Zugänge sind gefordert, um in partizipativen Prozessen Leitbilder zu entwerfen, Strategien und Projekte zu entwickeln, die auf ihre Tauglichkeit zur Zielerreichung hin überprüft werden müssen. Die für einen kulturellen Wandel erforderlichen Schlüsselqualifikationen sollen in schulischen und außerschulischen Ausbildungen erworben werden können. Gerade Schulischen Bildungseinrichtungen kommt eine stärkere Rolle im Initiieren, Ermöglichen und Begleiten nachhaltiger gesellschaftlicher Veränderungsprozesse zu. Sie soll hauptsächlich gymnasialen Lehrkräften als Arbeitshilfe dienen, um bei einer Waldexkursion SchülerInnen eigenständiges experimentelles Arbeiten zu ermöglichen. Diese erarbeiten sich dadurch Themenbereiche nach modernen didaktischen Konzepten und Bildungsstandards. Hier wird die Forderung der UN-Dekade 2005 - 2014 „Bildung für nachhaltige Entwicklung“, in der Bildungsarbeit den Fokus von der reinen Wissensvermittlung auf den Erwerb notwendiger Kompetenzen zu lenken, umgesetzt.

Die Handreichung ist das Ergebnis einer Kooperation der Bayerischen Forstverwaltung als Herausgeber von Praxishilfen zur forstlichen Bildungsarbeit und dem Lehrstuhl Biologie Didaktik der TU München, an der zwei Studentinnen mit ihren prämierten Zulassungsarbeiten wesentliche Vorarbeit leisteten. Stefanie Aigner und Stefanie Frisch gebührt hierfür und für die weitere unterstützende Überarbeitung ein ganz besonderer Dank.

Die Arbeitshilfe soll dazu beitragen, dass der Wald, der als natürlichstes und artenreichstes Ökosystem ein Drittel der Bayerischen Landesfläche bedeckt und für die Bevölkerung immense Nutz-, Schutz- und Erholungsleistungen erbringt, besser im Bewusstsein von Gymnasiasten zu verankern. Denn die Schüler als Entscheidungsträger der Zukunft kommen im gymnasialen Lehrplan an keiner anderen Stelle mit dem Wald in Berührung.

Die Mitwirkenden an dieser Handreichung wünschen Ihnen viel Vergnügen mit dem Thema „Ökosystem Wald“

## 2 Einleitung

Diese Handreichung beruht auf der Grundlage zweier Zulassungsarbeiten. Frau Stefanie Frisch und Frau Stefanie Aigner erarbeiteten das vorliegende didaktische Konzept und die Inhalte zur Handreichung „Ökosystem Wald“. Beide setzten ihre Ideen auch praktisch mit ihren Klassen um, so dass nun mehr erprobtes Lehrmaterial zur Verfügung steht. Die beiden Zulassungsarbeiten wurden auch mit dem Anerkennungspreis „Preis für die beste Schriftliche Hausarbeit im Bereich Didaktik der Biologie“ vom Münchner Zentrum für Lehrerbildung (MZL) ausgezeichnet. Mit diesem Preis werden Arbeiten anerkannt, die durch besonderes wissenschaftliches Niveau und schulpraktische Bedeutung auffallen. In ihrer Zulassungsarbeit in der Didaktik der Biologie gelang den beiden in sehr anspruchsvoller Weise ein Brückenschlag zwischen biologiedidaktischer Forschung und schulischer Praxis. Sie entwickelten ein gelungenes Beispiel für kompetenzorientierten, an den Bildungsstandards ausgerichteten Unterricht. Bei der mehrstündigen Exkursion in den Wald werden mithilfe unterschiedlicher Arbeitsweisen aus dem Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ eine Fülle von Messungen vorgenommen, die in einem ersten Schritt noch am Untersuchungsgelände ausgewertet werden. So wird der didaktische Schwerpunkt von der reinen Wissensvermittlung auf die Förderung fachlicher Kompetenzen, insbesondere der Erkenntnisgewinnung und der Kommunikation, erreicht. Dies wurde bislang zwar häufig gefordert, wird aber noch zu selten in wirksamer Weise in die Praxis umgesetzt.

In Zusammenarbeit mit Frau Frisch, Frau Aigner und der Fakultät Biologie Didaktik der Ludwig Maximilians Universität (LMU) München hat die Bayerische Forstverwaltung die zwei Zulassungsarbeiten in der vorliegenden Handreichung zum Thema „Ökosystem Wald“ zusammengefasst, forstfachlich überarbeitet und ergänzt. Neben BiologielehrerInnen der 10. Jahrgangsstufe im Gymnasium soll sie auch anderen Interessenten zur Verfügung gestellt werden.

Stefanie Aigner  
Gymnasiallehrerin

"Nur wer sein Ziel  
kennt, findet  
den Weg."  
(Laotse)



Stefanie Frisch  
Gymnasiallehrerin

"Es gibt überall Blu-  
men für den, der sie  
sehen will."  
(Henri Matisse)

Michael Spangler  
Didaktik der Biologie  
Ludwigs-Maximilians-Universität München

„Der Mensch beginnt nicht leicht zu denken. Sobald er aber erst einmal den Anfang damit gemacht hat, hört er nicht mehr auf.“  
(J.J. Rousseau)



Albin Huber  
Leiter Walderlebniszentrum Roggenburg

„Ich kann mir kein Blatt am Baum anschauen, ohne vom Universum fast erdrückt zu werden.“  
(Jules Renard)

Sebastian Blaschke  
Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft  
Abteilung Wissenstransfer, Öffentlichkeitsarbeit und  
Waldpädagogik

„Es muss nichts Besonderes an dem Streichholz sein, das das Feuer entzündet. Bis auf die Tatsache, dass es das Streichholz ist, dass das Feuer entzündet.“  
(Bernard Beckett)



Das gesamte Heft ist kostenlos downloadbar unter:

<http://www.lwf.bayern.de/wissenstransfer/waldpaedagogik.de>

### 3 Pädagogische Vorgaben: Bildungsstandards und Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung

Die Ergebnisse internationaler Vergleichsstudien haben deutliche Defizite im deutschen Bildungssystem aufgezeigt. Die in Deutschland vorrangige Inputsteuerung allein scheint nicht zu den erwünschten Erfolgen im Bildungssystem zu führen. Aufgrund dessen müssen die genaue Festlegung und Überprüfung der erwarteten Leistungen noch hinzukommen. Die Kultusministerkonferenz hat deshalb einen besonderen Schwerpunkt ihrer Arbeit auf die Entwicklung und Einführung von bundesweit geltenden Bildungsstandards gelegt. Damit soll den zentralen Aufgaben der Sicherung der Qualität schulischer Bildung, der Vergleichbarkeit schulischer Abschlüsse und der Durchlässigkeit im Bildungssystem Rechnung getragen werden.

Die von der Kultusministerkonferenz verabschiedeten Bildungsstandards greifen die Grundprinzipien des jeweiligen Unterrichtsfaches sowie allgemeine Bildungsziele auf. Sie legen die fachbezogenen Kompetenzen einschließlich zugrunde liegender Wissensbestände fest, welche die Schüler bis zu einem bestimmten Zeitpunkt ihres Bildungsweges erreicht haben sollten. Die Standards beziehen sich immer nur auf Kernbereiche des jeweiligen Faches und decken nicht die ganze Breite eines Lernbereiches ab. Fachliche und fachübergreifende Basisqualifikationen, die für die weitere schulische und berufliche Ausbildung wichtig sind, werden vorgegeben.

Durch die Umsetzung bundesweit geltender Bildungsstandards erhofft sich die Kultusministerkonferenz die Entwicklung einer anforderungsbezogenen Aufgabenkultur. Es bietet sich zudem die Chancen Unterrichtskulturen zu fördern, die unterschiedliche Schülervoraussetzungen stärker berücksichtigt. Zusammenfassend lässt sich somit sagen, dass Bildungsstandards die Unterrichtsplanung sowie die interne und externe Evaluation von Unterricht fördern und die diagnostischen Kompetenzen der Lehrkräfte stärken.

Nach den Bildungsstandards sollen die SchülerInnen mit dem Erwerb des mittleren Schulabschlusses sowohl über naturwissenschaftliche Kompetenzen im Allgemeinen als auch über biologische Kompetenzen im Besonderen verfügen. Neben den Kompetenzen, bezogen auf die Fachinhalte, soll im Fach Biologie auch die Handlungsdimension berücksichtigt werden. Die inhaltliche Dimension wird durch Basiskonzepte dargestellt, die vor allem kumulatives, kontextbezogenes Lernen und vernetztes Wissen fördern sollen. Die Inhalte im Fach Biologie werden in Bayern in acht Basiskonzepte strukturiert: Struktur und Funktion, Organisationsebenen, Stoff- und Energieumwandlung, Information und Kommunikation, Steuerung und Regelung, Reproduktion, Variabilität und Anpassbarkeit und Entwicklung. Die Handlungsdimension bezieht sich hingegen auf grundlegende Elemente der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung.

Die inhaltliche Ebene wird überwiegend im Kompetenzbereich Fachwissen dargestellt. Die Schüler sollen Lebewesen, biologische Phänomene, Begriffe, Prinzipien und Fakten kennen und den Basiskonzepten zuordnen können. Die Handlungsdimension ist in den Bereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung abgebildet. Im Vordergrund stehen

experimentelles und theoretisches naturwissenschaftliches Arbeiten, die Nutzung von sach- und fachbezogenen Informationen sowie das Erkennen und Bewerten biologischer Sachverhalte in verschiedenen Kontexten. Wichtig ist, dass sowohl inhalts- als auch handlungsbezogene Kompetenzen nur gemeinsam und in Kontexten erworben werden können. Mit dem Erwerb solch vielfältiger Kompetenzen sollen SchülerInnen letztendlich die natürliche und kulturelle Welt verstehen und erklären können.

**Aber nicht nur schulintern hat sich im Bereich der Wissensvermittlung und des Kompetenzerwerb viel bewegt. Auch in der außerschulischen Bildung, vor allem in der Umweltbildung, hat sich in den letzten Jahren sehr viel getan. Mehr dazu erfahren Sie im Hintergrundwissen Kapitel 5. Kompetenzerwerb in der außerschulischen Bildungsarbeit.**

Für die nationalen Bildungsstandards der naturwissenschaftlichen Fächer wurde ein normatives Kompetenzstrukturmodell erarbeitet. Ausgehend von den vier Kompetenzbereichen Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung werden drei Anforderungsbereiche formuliert, die als Stufen gelten können (Schecker & Parchmann, 2006).

Das Kompetenzmodell der nationalen Bildungsstandards für das Fach Biologie lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Tabelle 1: Kompetenzmodell der Bildungsstandards im Fach Biologie (vereinfachter Auszug aus den Beschlüssen der Kultusministerkonferenz, 2004)

Kompetenzbereich	Anforderungsbereich		
	I	II	III
Erkenntnisgewinnung	<i>Fachmethoden beschreiben</i>	<i>Fachmethoden nutzen</i>	<i>Fachmethoden problembezogen auswählen/anwenden</i>
Kommunikation	<i>Mit vorgegebenen Darstellungsformen arbeiten</i>	<i>Geeignete Darstellungsformen nutzen</i>	<i>Darstellungsformen selbstständig auswählen/nutzen</i>
Bewertung	<i>Vorgegebene Bewertungen nachvollziehen</i>	<i>Vorgegebene Bewertungen beurteilen/kommentieren</i>	<i>Eigene Bewertungen vornehmen</i>

Im Bereich **Fachwissen** sollen die Schüler Lebewesen, biologische Phänomene, Begriffe, Prinzipien und Fakten kennen und Konzepten zuordnen können. Das biologische Wissen soll auf Basis von drei in sich vernetzten Basiskonzepten erarbeitet werden. Diese Konzepte sollen ein systemisches und multiperspektivisches Denken sowie eine Beschränkung auf das Wesentliche fördern. Für den mittleren Schulabschluss ist die Strukturierung in die Basiskonzepte *System, Struktur und Funktion* und *Entwicklung vorgesehen*. Im bayerischen Lehrplan gliedern sich die Basiskonzepte allerdings differenzierter auf. Der Biologieunterricht orientiert sich hier an acht Basiskonzepten, auf die bei der Behandlung der verschiedenen Fachinhalte immer wieder Bezug genommen werden soll.

Nach dem Konzept der *Struktur und Funktion* sollen die Schüler erkennen, dass Lebewesen und Lebensvorgänge an Strukturen gebunden sind und dass es einen Zusammenhang von Struktur und Funktion gibt. Der Bereich *Organisationsebenen* soll verdeutlichen, dass sich Lebensphänomene auf verschiedenen Organisationsebenen erklären lassen. Die Tatsache, dass an allen Lebensvorgängen Stoff- und Energieumwandlungen beteiligt sind, soll im Konzept der *Stoff- und Energieumwandlung* abgebildet werden. Lernende sollen zudem erkennen, dass Lebewesen Informationen aufnehmen, speichern und verarbeiten sowie kommunizieren. Das Basiskonzept *Information und Kommunikation* enthält diese Aspekte. Der Themenbereich *Steuerung und Regelung* zeigt, dass Lebewesen bestimmte Zustände durch Regulation aufrecht erhalten und auf innere und äußere Veränderungen reagieren. Der Aspekt, dass Lebewesen zur Reproduktion fähig sind und dabei Erbinformationen weitergeben, wird durch das Konzept *Reproduktion* dargestellt. In *Variabilität und Anpasstheit* soll den Schülern verdeutlicht werden, dass Lebewesen bezüglich Bau und Funktion an ihre Umwelt angepasst sind und Anpasstheit durch Variabilität ermöglicht wird. Das Basiskonzept der *Entwicklung* beinhaltet Veränderungen lebendiger Systeme mit der Zeit und thematisiert die Differenzierung von Individual- und evolutionärer Entwicklung.

Das Ziel der Einteilung in Basiskonzepte ist, dass die Schüler fachliche Inhalte beschreiben und strukturieren und die Komplexität biologischer Sachverhalte bewältigen können. Zusätzlich soll die Vernetzung des exemplarisch und kumulativ erworbenen Wissens gefördert werden. Kann ein Schüler bei der Bearbeitung von biologischen Fragen und Sachverhalten problemlos zwischen den Systemebenen wechseln und unterschiedliche Perspektiven innerhalb der Biologie und zwischen den Naturwissenschaften einnehmen, so kann von einem zusammenhängenden und ganzheitlichen Verständnis von der Naturwissenschaft Biologie gesprochen werden. Schüler sollten schließlich ein in Konzepte strukturiertes, naturwissenschaftliches Grundwissen besitzen, das ihnen die Beurteilung biologischer Anwendungen sowie die Teilhabe an einer gesellschaftlichen Diskussion über naturwissenschaftliche Themen ermöglicht.

Der Kompetenzbereich **Erkenntnisgewinnung** beinhaltet das Beobachten, Vergleichen und Experimentieren sowie die Nutzung von Modellen und Anwendung naturwissenschaftlicher Arbeitstechniken. Als grundlegende wissenschaftsmethodische Verfahren gelten im Fach Biologie das hypothesengeleitete Experimentieren, die Modellbildung und das kriteriumsbezogene Beobachten und Vergleichen.

Beim hypothesengeleiteten Arbeiten sollen die Schüler aus einem Problem heraus eine Fragestellung und die entsprechende Hypothese formulieren. Anschließend soll ein passendes Experiment oder ein Vergleich geplant und durchgeführt werden. Dabei wenden die Lernenden charakteristische biologische Arbeitstechniken an. Abschließend sollen die ermittelten Daten ausgewertet und hinsichtlich der aufgestellten Hypothese diskutiert werden.

Der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung beinhaltet zudem die Anforderung an die Schüler, Unterschiede und Gemeinsamkeiten kriterienbezogen zu analysieren. Mit Hilfe von Modellen sollen die Lernenden Sachverhalte erklären und komplexe Phänomene veranschaulichen können. Nicht nur das Modellieren, auch die kritische Reflexion eines Modells, bezogen auf dessen Aussagekraft und Tragfähigkeit, sind bedeutsame Teile der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung.

Der Kompetenzbereich **Kommunikation** thematisiert die sach- und fachbezogene Erschließung und den Austausch von Informationen. Die Kommunikationskompetenz wird als Grundlage menschlichen Zusammenlebens betrachtet. Zum einen sind Formen von Kommunikation direkter Lerngegenstand, zum anderen auch Mittel im Lernprozess. Die Wortsprache stellt somit die Grundlage für Kommunikation dar. Im Fach Biologie wird vor allem die fachlich basierte Lese- und Mitteilungskompetenz geschult. Zum kommunizieren können Texte, Grafiken, Bilder, Tabellen oder andere Informationsträger verwendet werden. Die Schüler sollen den Informationsgehalt der Darstellungen erfassen, aufeinander beziehen, verarbeiten und kommunizieren können. Zusätzlich sollen sie zwischen verschiedenen Darstellungsformen wechseln, unterschiedliche Informationsquellen zielführend nutzen und sich in produktiver Weise damit auseinandersetzen können. Schüler verfügen über eine ausgeprägte Kommunikationskompetenz, wenn sie eigenständig sachgerecht argumentieren beziehungsweise diskutieren und ihren Standpunkt begründet darstellen können.

Das Erkennen und Bewerten biologischer Sachverhalte in verschiedenen Kontexten steht im Mittelpunkt des Kompetenzbereiches **Bewertung**. Schüler sollen auf Basis eines vernetzten Fachwissens Kenntnisse über Organisationsstrukturen und -prozesse erwerben und eine Wertschätzung für eine intakte Natur und gesunde Lebensführung entwickeln sowie Verständnis für Entscheidungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung zeigen. Ziel der Förderung einer Bewertungskompetenz ist es, dass sich die Jugendlichen neue Sachverhalte im Fach Biologie erschließen, um sich dann an gesellschaftlich kontrovers geführten Diskussionen beteiligen zu können. Das verantwortungsbewusste Verhalten des Menschen gegenüber sich, anderen und der Umwelt steht im Zentrum einer ethischen Urteilsbildung und kann im Fach Biologie an Themen wie Embryoforschung, Massentierhaltung oder Eingriffe in Ökosysteme verdeutlicht werden. Bewertungskriterien können die Grundsätze einer nachhaltigen Entwicklung oder die grundlegende ethische Ansicht, dass die Würde des Menschen unantastbar ist, sein. Schüler mit einer ausgeprägten Bewertungskompetenz sollen biologische Sachverhalte in einem neuen Kontext erklären und selbst Stellung beziehen können. Die Fähigkeit Fremdperspektiven einzunehmen und Verständnis für andersartige Entscheidungen zu entwickeln, kennzeichnet ebenfalls die Bewertungskompetenz. Die ethische Bewertung und die naturwissenschaftliche Perspektive des Schülers sollen sich im Idealfall ergänzen, was wiederum multiperspektivisches Denken fördert.

Mit den nationalen Bildungsstandards ist zudem eine neue Aufgabenkultur entstanden, die sich vor allem mit **materialgeleiteten Aufgaben** beschäftigt. Kompetenzen, wie problemlösendes Denken und Wissenstransfer, stehen hier im Vordergrund. Angewandt werden sollen die Aufgaben sowohl im Unterricht als auch in Formen schriftlicher Leistungsmessung.

Im Allgemeinen ist jedoch zu berücksichtigen, dass Bildungspläne keinen Unterricht machen, sondern zu allen Zeiten die Lehrpersonen, die unter bestimmten Rahmenbedingungen Unterricht konzipieren und realisieren. Somit sind Lehr- und Bildungspläne lediglich ein Steuerungselement für die Qualität schulischer Bildung. Der Ausrichtung schulischer Bildung an der fachbezogenen und überfachlichen Befähigung von Schülern kann jedoch laut Ziener nicht ausgewichen werden (Ziener, 2008).

## 4 Beschreibung der Exkursion - „Ökosystem Wald“

Das Thema „Ökosystem Wald“ lässt sich im Lehrplan der 10. Jahrgangsstufe dem Themenbereich „Wechselbeziehungen zwischen Lebewesen“ zuordnen. Innerhalb dieses Themenbereiches sollen die SchülerInnen aufgrund der Beschäftigung mit Wechselwirkungen zwischen Lebewesen und Umwelt an konkreten Beispielen ökologische Grundbegriffe und Konzepte kennen lernen sowie Grundprinzipien in der Vielfalt der sie umgebenden Lebensgemeinschaften erfassen. Über die Betrachtung des Einzelorganismus sollen die Lernenden eine Vorstellung von der Ökologie als wissenschaftlichen Teilbereich der Biologie gewinnen. Sie sollen Ökosysteme als Beziehungsgefüge von Biotop und Biozönose begreifen und ihnen soll deutlich werden, dass alle Organismen von abiotischen und biotischen Faktoren beeinflusst werden und in einen durch die Energie des Sonnenlichts angetriebenen Stoffkreislauf eingebunden sind. Des Weiteren sollen die SchülerInnen die durch menschliches Eingreifen verbundenen Gefahren und Probleme für Ökosysteme erkennen können und letztendlich die Bereitschaft entwickeln, durch bewusstes Handeln zur Erhaltung der Natur beizutragen. Versuche und Freilandbeobachtungen sollen es den Lernenden erleichtern, die theoretisch erarbeiteten Kenntnisse und Modellvorstellungen auf ein typisches Ökosystem ihrer Heimat anwenden zu können. Insgesamt werden dazu circa 29 Stunden veranschlagt. Insgesamt entsprechen Durchführung und Auswertung der einzelnen Versuche des Forscherskriptes den Anforderungen der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004.

### 4.1 Vorkenntnisse und Ablauf der Waldexkursion beziehungsweise der einzelnen Unterrichtsstunden

In der Klasse sollen noch keine Unterrichtsstunden zum Themenbereich „Grundlegende Wechselbeziehungen zwischen Lebewesen“ durchgeführt worden sein. Nach einer kurzen Einführungsstunde, in der die SchülerInnen über die Arbeit in den darauf folgenden Biologiestunden informiert werden und einen Elternbrief mit den wichtigsten Informationen zur Exkursion erhalten, folgt die Exkursion in den Wald. Nach der Exkursion präsentieren die einzelnen Gruppen ihre Ergebnisse in zwei Unterrichtsstunden.

### 4.2 Durchführung der Waldexkursion

Die benötigten Materialien für die Durchführung der einzelnen Versuche aus dem Forscherskript werden auf fünf Kisten verteilt. Diese werden von den SchülerInnen zu einem vorher festgelegten Sammelplatz im Halbkreis aufgestellt. Das Wasser, welches für einzelne Versuche benötigt wird, wird zuvor, beispielsweise an einem Brunnen, in die leeren Flaschen zweier mitgebrachter Wasserkästen abgefüllt.

Zu Beginn der Exkursion sollte zuerst das Thema „Boden“ behandelt werden. Falls vorhanden, werden die Jugendlichen zu Beginn der Exkursion zu einer nahegelegenen Bodengrube geführt. Falls keine Bodengrube vorhanden ist, kann dies auch anhand eines Bildes geschehen. Es wird zunächst das Bodenprofil des mehrschichtigen Waldbodens gemeinsam besprochen. Bitte beachten Sie, dass der Boden bei Ihnen vor Ort auch anderes ausschauen kann. Um

„typische“ Waldböden ihrer Region im Wald zu finden fragen Sie am besten, denn bei Ihnen zuständigen Förster /Försterin vor Ort. Diese haben eine Bodenkartierungskarte mit der der Förster/ die Försterin Sie beraten kann. Die Kontaktdaten finden Sie über den Försterfinder des Waldbesitzerportals:

[http://www.stmelf.bayern.de/wald/waldbesitzer\\_portal/025776/index.php](http://www.stmelf.bayern.de/wald/waldbesitzer_portal/025776/index.php)

Den SchülerInnen wird erklärt, dass sich unter der Streuauflage der sogenannte A-Horizont, der auch Oberboden genannt wird, befindet. Diese Schicht ist ein Gemisch aus abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Resten, die von den Bodenorganismen unterschiedlich weit zersetzt wurden und dem verwittertem, geologischem Ausgangsmaterial. Beides ist aufgrund des relativ hohen Humusanteils dunkel gefärbt. Zudem ist der A-Horizont gut durchlüftet und kann viel Feuchtigkeit speichern. Die meisten Wurzeln breiten sich in diesem Horizont aus. Darunter folgt der B-Horizont welcher auch schon aus verwittertem Ausgangsgestein besteht. Im Vergleich zum A-Horizont findet man hier weniger Bodenorganismen und Wurzeln. Mineralsalze, wie beispielsweise Eisenverbindungen, die hier vom Wasser ausgewaschen werden, verleihen dem Boden oft eine typische rotbraune Farbe. Letztendlich findet sich ganz unten das Ausgangsgestein, der sogenannte C-Horizont. Am Sammelplatz werden die Jugendlichen anschließend über den weiteren Ablauf der Exkursion informiert.

Zunächst wird den SchülerInnen das zu bearbeitende Forscherskript kurz vorgestellt. Sie werden darüber informiert, dass sie im Laufe des Tages je vier Versuche zur Messung abiotischer und biotischer Umweltfaktoren durchführen sollen. Aufgrund des zeitlich begrenzten Rahmens der Exkursion sollen die Lernenden versuchen, in den folgenden zweieinhalb Stunden ihre ersten vier Versuche durchzuführen, um dann nach einer circa halbstündigen Pause ihre restlichen vier Versuche zu bearbeiten. In der Mittagspause kann eine kurze Zwischenbilanz gezogen werden. Zu diesem Zeitpunkt können beispielsweise Besonderheiten, aber auch aufgetretene Probleme bei der Durchführung von Versuchen besprochen werden. Durch das gemeinsame Finden einer Lösung können eben diese für zukünftige Gruppen vermieden werden. Nach der Vorbesprechung sollen die SchülerInnen acht Gruppen zu je drei bis vier Personen bilden. Es werden ihnen Gruppennummern zugeteilt, die sie für diesen Versuch zur Expertengruppe macht. Gruppe 1 startet dann mit Versuch 1, Gruppe 2 mit Versuch 2, usw. bis die einzelnen Gruppen alle Versuche mit fortlaufender Nummer durchgeführt haben. Dabei wird betont, dass es wichtig ist, die Reihenfolge der Bearbeitung der Versuche unbedingt einzuhalten, da es Versuche gibt, bei denen Messwerte im Tagesverlauf benötigt werden. Außerdem sind die Materialien für die einzelnen Versuche jeweils nur in dreifacher Ausführung vorhanden. Bevor die SchülerInnen mit ihrer Arbeit beginnen, werden sie gebeten, sich die Anleitungen vor jedem Versuch aufmerksam und vollständig durchzulesen. Alle für ihren Versuch benötigten Materialien finden sie in den entsprechend beschrifteten Materialkisten am Sammelplatz. Zusätzlich dienen den SchülerInnen Symbole im Forscherskript zur Orientierung, deren Erläuterungen in den Arbeitsanweisungen zu Beginn des Forscherskriptes ausgeführt sind. Auch wird darauf hingewiesen, dass alle mit \* gekennzeichneten Auswertungsaufgaben nicht während der Exkursion bearbeitet werden sollen, sondern erst später im Unterricht. Anschließend werden die Forscherskripte ausgeteilt, wobei darauf geachtet wird, dass vier Gruppen das

Forscherskript „Bodenuntersuchung Wald“ und vier Gruppen das Forscherskript „Bodenuntersuchung Freiland“ erhalten. Diese Aufteilung des Versuchs 4 soll später einen Vergleich zwischen Wald- und Freilandboden gewährleisten. Bevor die einzelnen Gruppen mit ihrer Arbeit beginnen, erfolgt vor Ort eine kurze Besprechung der verschiedenen Versuche.

Bei **Versuch 1**, der Messung der Lufttemperatur und Lichtintensität an den Standorten freies Feld, Waldrand und Waldinneres ( innerhalb der einzelnen Stockwerke), werden die SchülerInnen gebeten, alle Messungen für das freie Feld, den Waldrand und das Waldinnere jeweils immer an der gleichen Stelle durchzuführen, um spätere Vergleiche der einzelnen Messwerte zu gewährleisten.

Bei **Versuch 2**, dem Entdecken der Funktion des Waldbodens (mit Moos, Laubstreu, Bodenpflanzen...) als Wasserspeicher, können anstelle der Messbecher große Einweckgläser und anstelle der Siebe Plastikblumentöpfe verwendet werden. Der Blumentopf muss dabei mindestens zu  $\frac{3}{4}$  mit Waldboden befüllt werden, wobei darauf zu achten ist, das hierzu entnommene oberflächliche Waldbodensegment zunächst von einem großen Teil seiner Streuauflage zu befreien. Nur so wird die Wasserspeicherkapazität des Waldbodens und nicht der Streuauflage gemessen. Zusätzlich wird angemerkt, dass bei eventueller Bildung eines Überdrucks der Blumentopf leicht angehoben werden soll.

Beim zweiten Versuch des Versuchs 2 bei dem am Beispiel der Sickergeschwindigkeit die Auswirkung der Bodenverdichtung anschaulich wird, wird darauf hingewiesen, dass sich die Konservendosen beim Hineinklopfen in den Boden leicht verbiegen können und deshalb vorsichtig und behutsam damit umzugehen ist.

**Versuch 3** beinhaltet zum einen die Anfertigung einer Bodenleiter für das plastische „Begreifen“ des Aufbaus von Wald- und Freilandboden, zum anderen die Durchführung typischer Bodenuntersuchungen (Bodenart, Feuchtegrad, Humusgehalt, pH-Wert, Kalkgehalt) zum Wald- und Freilandboden. Auch hier werden die SchülerInnen nochmals gebeten, darauf zu achten, ob sie laut ihres Forscherskriptes die Bodenuntersuchungen im Freiland oder im Wald durchführen sollen.

Bei **Versuch 4**, einer Vegetationskartierung im Wald, ist es wichtig, die Fläche zur Vegetationsaufnahme so zu wählen, dass möglichst viele verschiedene Pflanzen dort vorzufinden sind. Allerdings sollte der Bewuchs auch nicht zu dicht sein, um den Rahmen der Aufgabe nicht zu sprengen. Um später Vergleiche anstellen zu können, werden verschiedene Flächen für die Vegetationsaufnahme ausgewählt (zum Beispiel Laub-Mischwald-Fläche, Fläche mit reinem Fichtenbestand), die zuvor mit den Betreuern abzusprechen sind.

Bei **Versuch 5** sollen die SchülerInnen nach Bodenlebewesen suchen und diese anschließend mithilfe von Bestimmungsschlüsseln nach Familien ordnen. Es wird der Tipp gegeben, dass viele der Bodenlebewesen unter Steinen oder an Baumstümpfen zu finden sind. Des Weiteren wird die Expertengruppe darauf aufmerksam gemacht, dass die Suche von Bodenlebewesen mithilfe des Berlesetrichters unmittelbar im Wald nicht möglich ist, da hierzu eine starke Lampe benötigt wird. Deshalb müssen die betreffenden SchülerInnen etwas Bodenprobe aus

dem Wald mit in die Schule nehmen und dort mithilfe des Berlesetrichters nach Bodenlebewesen suchen. Anschließend können die SchülerInnen diese ihrer Klasse vorstellen.

**Versuch 6** bezieht sich auf die Suche von Tierspuren im Wald.

Bei **Versuch 7** sollen die Lernenden den Begriff Sukzession selbstständig anhand von drei vorgegebenen Flächen, die die Initial-, Folge- und Klimaxphase darstellen, herleiten. Gemeinsam mit der Expertengruppe 8 werden unmittelbar nach Beendigung der Vorbesprechung rote Fahnen in die dafür vorgesehenen Flächen mit einem Gummihammer geschlagen.

Im **Versuch 8** wird ein direkter Lebensweltbezug zu den SchülerInnen hergestellt. Sie sollen erkennen, dass der Wald auch im direkten Zusammenhang mit Ihrem Leben steht. Holz ist eine der wenigen nachhaltigen und umweltschonenden Ressource die Deutschland zur Verfügung hat. Zudem muss der Wald viele Nutz-, Schutz- und Soziale Funktionen für Natur, Tier aber auch für den Menschen erfüllen.

Anschließend kann mit der Arbeit begonnen werden und die SchülerInnen führen selbstständig ihre Versuche durch.

Mit der Durchführung der Exkursion lernen die SchülerInnen vor allem Versuche sachgerecht zu protokollieren. Des Weiteren wenden sie biologische Arbeitstechniken an und lernen Untersuchungsmethoden zu erläutern. Dies sind vor allem Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung, die durch die nationalen Bildungsstandards gefordert werden. Im Laufe der Exkursion werden die SchülerInnen nicht nur im Beobachten, sondern auch im Auswerten selbst erhobener Daten geschult. Neben den Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung werden die SchülerInnen auch in kommunikativen Kompetenzen geschult. Durch die Arbeit in den Gruppen lernen die Jugendlichen die Ergebnisse zu kommunizieren und eine Fachsprache zu benutzen. Die Arbeit mit dem Forscherskript, in dem auch Diagramme und Fachtexte enthalten sind, lehrt den SchülerInnen Informationen aus diesen zu entnehmen, zu verarbeiten und zu kommunizieren.

Zum Abschluss der Exkursion werden im Stehkreis noch Fragen der SchülerInnen geklärt, Besonderheiten des Tages ausgetauscht und ein Feedback von Seiten der Lernenden gefordert. Des Weiteren sollen die SchülerInnen bei Versuch 1 und 3 ihre Messwerte austauschen. Im Anschluss daran wird die Hausaufgabe besprochen und den einzelnen Gruppen zugeteilt. Jede Expertengruppe soll bis zur nächsten Stunde ihre mit \* gekennzeichneten Auswertungsaufgaben bearbeiten und ihren gesamten Versuch auf Folie den anderen SchülerInnen vorstellen. Die Präsentation soll eine kurze Einleitung zur Durchführung des Versuches enthalten und die Ergebnisse und Auswertungen der Fragen in anschaulicher Form darstellen. Die dazu benötigten Folien und Stifte werden vor Ort an die einzelnen Gruppen ausgegeben. Gruppe 3 erhält zudem die zur Bearbeitung der Aufgabe 4 benötigten Kontaktanzeigen.

### 4.3 Beschreibung der Präsentation der Ergebnisse und die Durchführung der Nachtests

In den zwei Unterrichtsstunden nach der Exkursion erfolgt die Präsentation der Ergebnisse durch die SchülerInnen.

Die Klasse beginnt zunächst mit einem „Brainstorming“. Die SchülerInnen sollen die abiotischen und biotischen Umweltfaktoren, die sie zuvor im Wald kennen gelernt haben, zeichnerisch auf einer Folie darstellen. Zusätzlich sollen nach Möglichkeit Beziehungen zwischen den einzelnen Umweltfaktoren veranschaulicht werden. Anhand des abiotischen Umweltfaktors Sonne findet eine Überleitung zum ersten Versuch des Forscherskriptes, der Messung von Lufttemperatur und Lichtintensität statt. Die entsprechende Experten-gruppe präsentiert nun in einem circa zehnminütigen Vortrag ihre Ergebnisse. Anschließend werden die Präsentationen chronologisch von Versuch 1 bis Versuch 8 durchgeführt. Die Ergebnisse der einzelnen Gruppen werden anschließend im Klassenverband diskutiert und nach Bedarf entsprechend ergänzt. Zudem ist es wichtig, dass dabei auf mögliche Messfehler, die von den SchülerInnen begangen worden sind und somit die Ergebnisse verfälscht haben, eingegangen wird.

Nachdem alle Gruppen ihre Ergebnisse präsentiert haben, erfolgt eine gemeinsame Zusammenfassung der Ergebnisse anhand drei verschiedener Bilder auf Folie. Die SchülerInnen sollen dabei nach und nach jedes der drei Bilder zunächst einzeln beschreiben, um abschließend nach Einführung der Fachbegriffe Biotop und Biozönose einen Zusammenhang ableiten zu können.

Das erste Bild zeigt dabei ein Biotop, einen Lebensraum, der die Gesamtheit aller abiotischen Umweltfaktoren darstellt. Das zweite Bild veranschaulicht eine Biozönose, also die Lebensgemeinschaft aller Organismen in diesem Biotop. Die Gesamtheit der Beziehungen zwischen diesen Organismen werden als biotische Umweltfaktoren zusammengefasst. Das letzte Bild stellt eine Überlagerung der ersten beiden Bilder dar und damit ein Ökosystem. Die SchülerInnen können aufgrund dessen schlussfolgern, dass das Ökosystem eine Einheit bildet, in der Biotop und Biozönose in Wechselbeziehung zueinander stehen.

Abschließend wird nochmals die Folie der gemeinsam gestalteten Waldzeichnung aufgelegt. Die SchülerInnen können diese nun als ein Ökosystem definieren. Um die Zusammenhänge im Wirkungsgefüge „Ökosystem Wald“ nochmals anschaulich darzustellen, werden nun gemeinsam Pfeile als Symbol für die Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen den einzelnen abiotischen und biotischen Umweltfaktoren eingezeichnet.

## 4.4 Kompetenzerwerb der SchülerInnen

Mit der Durchführung und Auswertung der Versuche werden basierend auf den Bildungsstandards vor allem Kompetenzen aus dem Bereich der Erkenntnisgewinnung gefördert. Die Beherrschung von Arbeitstechniken, wie das Mikroskopieren, Präparieren und Zeichnen, aber auch die Durchführung chemischer Nachweismethoden und physikalischer Messungen, stellt eine Kompetenzdimension der Erkenntnisgewinnung dar. Vor allem das planvolle Anwenden der fachspezifischen Arbeitstechniken ist charakteristisch für naturwissenschaftliches Arbeiten. Erkenntnismethoden, wie Beobachten, Untersuchen, Vergleichen und Experimentieren, gehören zu dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess. Die SchülerInnen führen die Versuche des Forscherskriptes im Wald selbstständig durch und wenden oben genannte Arbeitstechniken und Erkenntnismethoden an. Gleichzeitig wechselt die Lehrperson von einer reinen wissensvermittelnden in eine unterstützende Rolle. Zusätzlich stellt das Konzept einen besonderen Anspruch an die Verknüpfung der gewonnenen Erkenntnisse aus der Exkursion mit den weiteren Unterrichtsinhalten. Neben der Anwendung naturwissenschaftlicher Arbeitstechniken, die einen charakteristischen Bestandteil biologischer Bildung darstellt, werden die SchülerInnen auch in kommunikativen Kompetenzen geschult. Die Präsentation der Ergebnisse in den nachfolgenden Unterrichtsstunden spielt hierbei eine besondere Rolle. Dabei schildern die „Experten“ ihren MitschülerInnen verwendete Methoden und gewonnene Erkenntnisse. Neben dem Gebrauch naturwissenschaftlicher Begriffe und Argumentationsweisen werden auch Kompetenzen, wie das freie Sprechen und Referieren vor einer Gruppe, geschult. Diese Kompetenzen können auch als Basis für außerschulische Kommunikation angesehen werden. Das Erfassen und Vermitteln biologischer Sachverhalte sowie eine fachlich basierte Sprach- und Mitteilungskompetenz sind Formen der Kommunikation, die auch in den nationalen Bildungsstandards gefordert werden. Eine besondere Bedeutung kommt hier der schlüssigen und strukturierten, sprachlichen Darstellung sowie der eigenen Stellungnahme zu. Des Weiteren arbeiten die SchülerInnen bei der Durchführung ihrer Versuche im Wald in kleinen Gruppen zusammen und unterstützen sich dabei gegenseitig. Durch das miteinander Kommunizieren und sich gegenseitig Anregen in einem sozialen Geschehen erwerben die SchülerInnen gemeinsam und in wechselseitigem Austausch Kenntnisse und Fertigkeiten. In solch einer kooperativen Lernform kann die „Forschergruppe“ demnach weitergehender Erkenntnisse erreichen, als die, die sich aus der Summe aller Einzelleistungen ergeben würden.

## 5 Didaktisches Konzept: Themenorientierter Unterricht – Ökosystem Wald

Std. zahl	Stundenthema und Inhalte	Didaktische und methodische Hinweise	Materialien	Sozialform <i>Aktionsform</i>
1	<b>Einführung in den Themenkomplex „Wald“</b>  Übersicht über alle Inhalte der Unterrichtseinheit  Vorbereitung der Exkursion	Vorstellung der Themenübersicht  Organisatorische Hinweise, kurze Vorstellung des Forscherskriptes	OH-Folie oder PPT  Elternbrief	Klassenunterricht <i>Lehrervortrag</i> <i>Instruktion durch Lehrkraft</i>
2-6	<b>Exkursion in den Wald</b>  Stockwerkaufbau des Waldes Walddtypen  Messung abiotischer Umweltfaktoren 1. Lufttemperatur und Lichtintensität 2. Bodenverdichtung und Wasserspeicherkapazität 3. Bodenuntersuchung Wald/Freiland  Messung biotischer Umweltfaktoren 4. Vegetationsaufnahme 5. Bodenlebewesen 6. Tierspuren im Wald (Verbiss, Borkenkäfer...) 7. Sukzession  Gesellschaftliche Ansprüche an den Wald	Einteilung der SchülerInnen in Arbeitsgruppen  Hinweise zum Ablauf der Waldexkursion und zur Durchführung der Versuche vor Ort  Durchführung der Versuche in den Gruppen mit anschließender Bearbeitung der Aufgaben	Infotafeln  Checkliste für den Lehrer Forscherskript, Materialkisten	<i>Lehrervortrag</i>  Gruppenunterricht <i>Durchführung von Messungen und Beobachtungen</i>

Std. zahl	Stundenthema und Inhalte	Didaktische und methodische Hinweise	Materialien	Sozialform Aktionsform
	8. Ressource Wald: Nachhaltigkeit			
7	<p><b>Vorstellen der Ergebnisse aus der Waldexkursion</b></p> <p>Zusammenhang von abiotischen und biotischen Umweltfaktoren</p> <p>Einführung der Begriffe „Biotop“, „Biozönose“ und „Ökosystem“</p>	<p>Kurze Präsentation der Versuchsergebnisse durch einzelne Gruppen</p> <p>Fixierung wesentlicher Erkenntnisse</p>	<p>Forscherskript</p> <p>OH-Folie</p>	<p><i>Präsentationen</i></p> <p>Klassenunterricht</p>
8	<p><b>Ökologische Potenz verschiedener Lebewesen</b></p> <p>Toleranzkurve</p> <p>Eurypotenz und Stenopotenz</p> <p>Limitierende Faktoren</p>	<p>Erarbeitung des Themas anhand vorgegebener Daten</p> <p>Übertragung der neuen Erkenntnisse auf <b>Versuch 1 und Versuch 4</b> aus der Exkursion</p>	<p>OH-Folie</p> <p>Forscherskript, Kontaktanzeigen</p>	<p>Klassenunterricht</p> <p><i>Unterrichtsgespräch</i></p>
9-10	<p><b>Energiefluss und Stoffkreislauf</b></p> <p>Stoffabbau durch Destruenten</p> <p>Stoffkreislauf</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Produzenten</li> <li>- Konsumenten</li> <li>- Destruenten</li> </ul>	<p>Erkenntnisgewinnung basierend auf <b>Versuch 6</b> und der Bearbeitung der materialgeleiteten Aufgabe</p> <p>Erarbeitung des Stoffkreislaufs anhand der Erkenntnisse zum Stoffabbau</p>	<p>Forscherskript, Aufgabe „Waldstreu“</p>	<p>Klassenunterricht</p> <p><i>Partnerarbeit</i></p> <p><i>Unterrichtsgespräch</i></p>

Std. zahl	Stundenthema und Inhalte	Didaktische und methodische Hinweise	Materialien	Sozialform Aktionsform
	Energiefluss	Erarbeitung einer Nahrungspyramide auf der Basis des Nahrungsnetzes aus <b>Versuch 6</b>	Forscherskript	<i>Einzelarbeit</i> <i>Unterrichtsgespräch</i>
<b>11-14</b>	<b>Beziehungen zwischen Lebewesen</b>			
	Nahrungsbeziehungen - Nahrungskette - Nahrungsnetz	Erarbeitung von Nahrungsketten und -netzen anhand der Ergebnisse aus <b>Versuch 6</b>	Forscherskript, Hausaufgabe: Aufgabe „Nahrungsbeziehungen“	<i>Unterrichtsgespräch</i> <i>Gruppenarbeit</i>
	Fressfeind-Beute - Räuber-Beute-Zyklus - Biologisches Gleichgewicht	Erarbeitung des Themas basierend auf den Ergebnissen aus <b>Versuch 6</b> und der materialgeleiteten Aufgabe	Forscherskript, Aufgabe „Borkenkäfer“	Klassenunterricht <i>Stillarbeit</i>
	Weitere Beziehungen zwischen Lebewesen - Symbiose - Parasitismus - Saprophytismus	Gruppenpuzzle und/oder Vergabe von Referaten	Schul-, Fachbücher, Internet	<i>Gruppenarbeit/ Referate</i>
<b>15-16</b>	<b>Ökologische Nische</b>			
	Konkurrenz / Konkurrenzvermeidung	Erarbeitung des Themas anhand der materialgeleiteten Aufgabe  Übertragung der neu gewonnenen Erkenntnisse auf die Ergebnisse aus <b>Versuch 1</b>	Forscherskript, Hausaufgabe: Aufgabe „Licht als Umweltfaktor“ oder „Konkurrenz und Konkurrenzvermeidung“ Forscherskript, Aufgabe „Anpassung an Umweltbedingungen“	<i>Gruppenarbeit</i> <i>Unterrichtsgespräch</i>

Std. zahl	Stundenthema und Inhalte	Didaktische und methodische Hinweise	Materialien	Sozialform Aktionsform
	Angepasstheiten	Erarbeitung der Angepasstheiten auf der Basis der Ergebnisse aus <b>Versuch 1</b> und der materialgeleiteten Aufgabe		Klassenunterricht <i>Stillarbeit</i>
17	<b>Sukzession</b>	Erarbeitung des Themas in Bezug auf die Ergebnisse aus <b>Versuch 7</b> und der materialgeleiteten Aufgabe  Zur Verdeutlichung können weitere Materialien wie Fotos, Abbildungen und Animationsfilme herangezogen werden	Forscherskript, Aufgabe „Der verschwundene Wald“  Hausaufgabe: Aufgabe „Ökosysteme im Wandel“	Klassenunterricht <i>Partnerarbeit</i>
18	<b>Ressource Wald: Nachhaltigkeit</b>	Thematisierung der nachhaltigen Waldnutzung durch Experteninput. Z.B durch Förster.	Evtl. Rollenspiel, „Erben-gemeinschaft und ihr Wald“	Expertenvortrag Rollenspiel Debatte
19-21	<b>Bedeutung und Gefährdung von Ökosystemen</b>  Ökologische und wirtschaftliche Bedeutung  Wasserspeicherfunktion des Waldbodens bzw. der Moose	Brainstorming zu den Funktionen des Waldes  Verteilen von Kurzreferaten oder Herausgreifen expliziter Beispiele  Erarbeitung des Themas auf der Basis der Ergebnisse aus <b>Versuch 2</b> und eines selbst geplanten Experiments  Exkurs: „Bodenprofil“	Forscherskript	Klassenunterricht  <i>Unterrichtsgespräch</i>

Std. zahl	Stundenthema und Inhalte	Didaktische und methodische Hinweise	Materialien	Sozialform Aktionsform
	<p>Bodenprofil</p> <p>Umweltindikator, Zeigerarten</p> <p>Gefährdung durch Eingriffe des Menschen Abholzung von Wäldern Bodenverdichtung Bodenversauerung</p> <p>Umwelt- und Naturschutzaspekte</p>	<p>Erarbeitung des Themas basierend auf den Ergebnissen aus <b>Versuch 3</b></p> <p>Erarbeitung des Themas anhand der Erkenntnisse zu den Funktionen des Waldes und den Ergebnissen aus <b>Versuch 2</b> und <b>Versuch 3</b></p> <p>Erarbeitung des Themas wahlweise durch Referate oder einen Expertenvortrag</p>	<p>Fotos (Bodengrube/-leiter), Abbildung (Bodenprofil)</p> <p>Forscherskript, Kontaktanzeigen</p> <p>Forscherskript, Schulbuch, Internet,</p> <p>Aufgabe „Tropischer Regenwald“</p>	<p><i>Lehrervortrag</i></p> <p>Klassenunterricht</p> <p><i>Unterrichtsgespräch</i> Plenum</p> <p><i>Referate/</i> <i>Expertenvortrag</i></p>
<b>22</b>	<p><b>Wildtiermanagement</b></p> <p>Wiederansiedlung bzw. Rückbesiedlung der großen Beutegreifer Wolf, Bär und Luchs</p>	<p>Diskussion Pro und Contra Wiederansiedlung</p>	<p>Schul-/Fachbücher, Internet, Expertengespräch Aufgabe „Wildtiermanagement“</p>	<p><i>Gruppenarbeit</i> Plenum <i>Debatte</i> <i>Rollenspiel</i></p>
<b>23</b>	<p><b>Rohstoff Wald– Nachhaltigkeit</b></p> <p>Holz als Rohstoff, regionale und globale Bedeutung Nachhaltige Forstwirtschaft in Bayern Was hab ich mit dem Wald zu tun?</p>	<p>Erarbeitung des Themas anhand der Expertenergebnisse des <b>Versuch 8</b> <b>Diskussion über den nachhaltigen Umgang mit Ressourcen</b></p>	<p>Internet, Expertengespräch Aufgabe „Ressource Wald –Nachhaltigkeit“</p>	<p>Gruppenarbeit Diskussion Referat Aktivität</p>

## 6 Exkursionsführer



„Ökosystem Wald“

## Inhalt

1. Lufttemperatur und Lichtintensität an verschiedenen Standorten .....	3
2. Waldboden ist nicht gleich Waldboden Versuch 1 .....	8
2. Waldboden ist nicht gleich Waldboden Versuch 2 .....	10
3. Bodenuntersuchung Waldboden/ Freilandboden .....	12
4. Vegetationsaufnahme .....	22
5. Tiere im Waldboden .....	26
6. Tieren auf der Spur .....	29
7. Sukzession .....	36
8. Ressource Wald - Nachhaltigkeit.....	38

## Liebe Schülerinnen und Schüler,

beachten Sie bitte folgende Arbeitsanweisungen!

- Bearbeiten Sie das Forscherskript in 3er- bzw. 4er – Gruppen!
  - Gruppe 1 startet mit Versuch 1, Gruppe 2 mit Versuch 2, usw.!
  - Lesen Sie sich zu Beginn jedes Versuches die Anleitung aufmerksam und vollständig durch!
  - Alle benötigten Materialien finden Sie entweder direkt vor Ort oder in den Materialkisten.
  - *Sollte in Ihrer Anleitung ein zusätzlicher Vermerk sein, finden Sie diese Materialien am Sammelpunkt.*
- Folgende Symbole dienen Ihnen dabei zur Orientierung:

		
Kontaktanzeigen	Bestimmungsschlüssel	Infotafel

blau = Baumschicht  
rot = Strauchschicht  
gelb = Krautschicht  
grün = Mooschicht

- Für Fragen stehen Ihnen die BetreuerInnen jederzeit zur Verfügung.
- Achten Sie auf eine gute Zusammenarbeit in der Gruppe und bearbeiten Sie die Arbeitsaufträge anschließend gemeinsam!
- Alle mit \* gekennzeichneten Auswertungsaufgaben werden nicht während der Exkursion bearbeitet, sondern erst später im Unterricht.

# 1. Lufttemperatur und Lichtintensität an verschiedenen Standorten

**Material:**

**Dauer:** 30 min

- *Thermometer*
- Meterstab
- Luxmeter

## Durchführung:

1. Führen Sie Messungen an drei verschiedenen Standorten (freies Feld, Waldrand, Waldinneres) durch!
2. Messen Sie an jedem Standort in 2 m Höhe die Lufttemperatur und Lichtintensität mit Hilfe der entsprechenden Messgeräte! Führen Sie im Waldinneren zusätzlich Messungen in den verschiedenen Stockwerken des Waldes (0,15 m, 1 m und 2 m Höhe) durch!
3. Notieren Sie sich bei den Messungen der Lichtintensität, welche Pflanzen Sie am jeweils gemessenen Standort im Umkreis von drei Metern vorfinden!
4. Tragen Sie das Datum, die aktuelle Wetterlage (Bewölkung, Niederschlag,...) und die Uhrzeit Ihrer Messung sowie Ihre Messwerte in die unten stehende Tabelle ein!
5. Ergänzen Sie die Tabelle im Unterricht mit den Messwerten (Tagesverlauf) der anderen Gruppen!



**Ergebnisse:**

Datum: \_\_\_\_\_

Aktuelle Wetterlage: \_\_\_\_\_

**Tabelle zur Messung der Lufttemperatur**

<b>Gruppe</b>								
<b>Zeit</b>								
<b>Freies Feld</b> (in 2 m Höhe)								
<b>Waldrand</b> (in 2 m Höhe)								
<b>Waldinneres</b>								
<i>Moosschicht</i> (in 0,15 m Höhe)								
<i>Krautschicht</i> (in 1 m Höhe)								
<i>Strauchschicht</i> (in 2 m Höhe)								

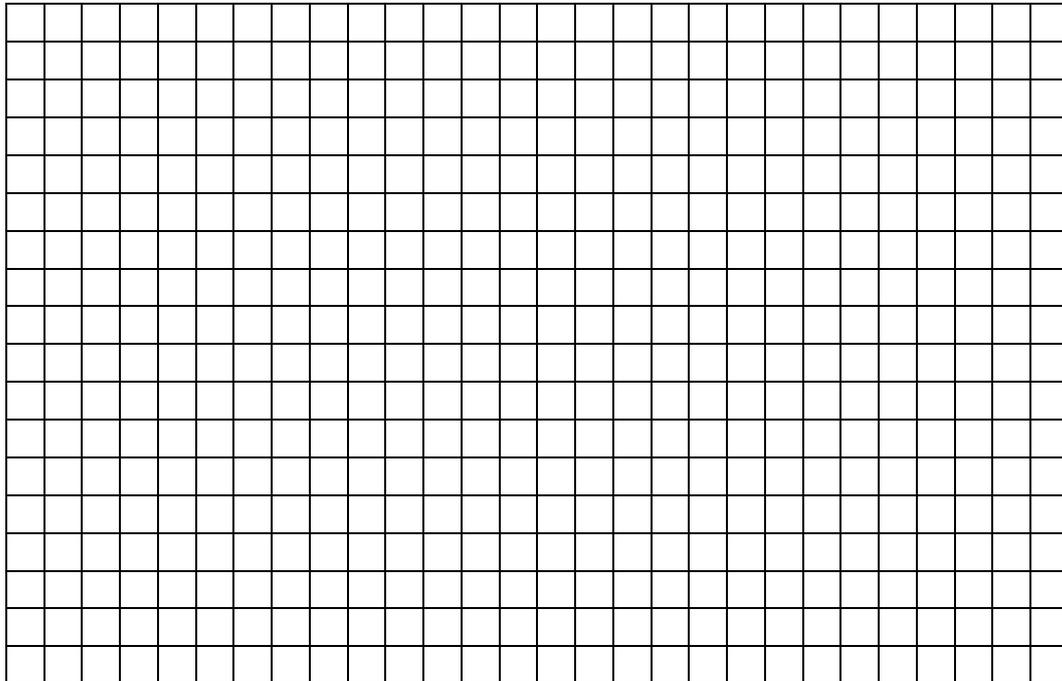
**Tabelle zur Messung der Lichtintensität**

<b>Zeit</b>		<b>Pflanzen</b>
<b>Freies Feld</b> (in 2 m Höhe)		
<b>Waldrand</b> (in 2 m Höhe)		
<b>Waldinneres</b>		
<i>Moosschicht</i> (in 0,15 m Höhe)		
<i>Krautschicht</i> (in 1 m Höhe)		
<i>Strauchschicht</i> (in 2 m Höhe)		

**Auswertung:**

1. Temperatur

1.1 Fertigen Sie aus den in 2 m Höhe gemessenen Werten der Lufttemperatur aller Gruppen ein Diagramm für jeden der drei Standorte (freies Feld, Waldrand, Waldinneres) in drei verschiedenen Farben an! Tragen Sie dabei die Lufttemperatur gegen die Uhrzeit auf!



1.2 Beschreiben und interpretieren Sie den Verlauf Ihrer Graphen hinsichtlich des Temperaturverlaufs eines Tages an den verschiedenen Standorten! Stellen Sie dabei auch Vergleiche bezüglich des Verlaufs der Graphen für die unterschiedlichen Standorte an!

---

---

---

---

---

---

---

---





## 2. Waldboden ist nicht gleich Waldboden

## Versuch 1

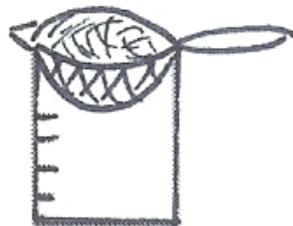
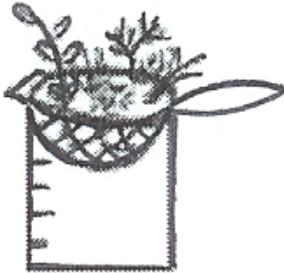
### Material:

- *Thermometer*
- *Meterstab*
- *Luxmeter*

**Dauer:** ca. 10 Minuten

### Durchführung:

1. Stechen Sie ein Stück oberflächliches Bodensegment ab, das Moos, Laubstreu oder Bodenpflanzen enthält und füllen Sie damit eines der beiden Siebe; das andere Sieb füllen Sie mit der bereitgestellten blanken Erde!
2. Legen Sie beide Siebe jeweils auf einen Messbecher!
3. Gießen Sie vorsichtig einen Liter Wasser über jedes Sieb!  
Fangen Sie anschließend mit dem Messbecher unter jedem Sieb das durchsickernde Wasser auf!  
In welchem Messbecher sammelt sich mehr Wasser?





## 2. Waldboden ist nicht gleich Waldboden

Versuch 2

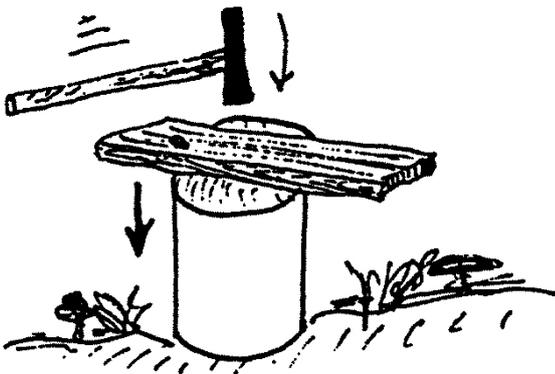
### Material:

Dauer: ca. 15 Minuten

- 2 gleich große Konservendosen (beidseitig geöffnet)
- Holzbrett
- Gummihammer
- Messbecher
- 1 Liter Wasser
- Stoppuhr

### Durchführung:

1. Klopfen Sie mit Hilfe von Brett und Hammer die beiden Dosen vorsichtig bis etwa zur Hälfte in den Boden! Entfernen Sie zuvor jeweils die Humusschicht!
  - a) Dose: lockerer Boden (Waldboden)
  - b) Dose: verdichteter Boden einer Rückegasse
2. Gießen Sie nacheinander in beide Dosen je  $\frac{1}{2}$  Liter Wasser und stoppen Sie die Zeit, bis das Wasser vollständig versickert ist!



**Ergebnisse:**

Beobachtungen:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Auswertung:**

Finden Sie eine Erklärung für Ihre Beobachtungen!

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Erläutern Sie mögliche Konsequenzen eines stark verdichteten Bodens für die Lebensbedingungen der bodenlebenden Tiere und Pflanzen auf diesem Areal!

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3. Bodenuntersuchung Waldboden/ Freilandboden

Im Folgenden sollen Sie mehrere Untersuchungen zum Waldboden durchführen!

*Fertigen Sie dazu eine Bodenleiter an!*

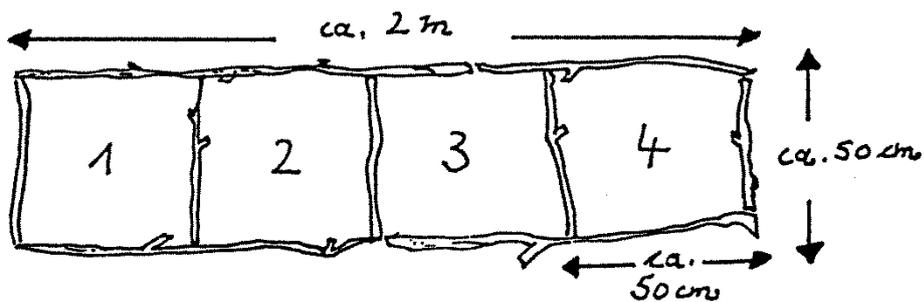
#### Material:

- kleine Handschaufel
- Meterstab
- Äste

Dauer: ca. 15 Minuten

#### Durchführung:

1. Wählen Sie im Waldinneren eine Stelle mit Laub- und/oder Nadelstreu aus
2. Legen Sie mit dünnen Ästen auf den Waldboden eine Bodenleiter mit 4 Fächern!



3. Entfernen Sie in

- Fach 1 nichts!
- Fach 2 ganze, unzersetzte Blätter/Nadeln, Zweige und Bodenpflanzen, so dass nur noch Blatteile darin liegen!
- Fach 3 sämtliches, noch als Blatt-/Nadelstreu erkennbares Material, so dass Sie auf die dunkle ebene Humusschicht blicken!
- Fach 4 die gesamte Humusschicht bis zum oberen hellbraunen Mineralboden!

### 3.1 Bestimmung der Bodenart mit Hilfe der Fingerprobe

**Material:**

**Dauer:** ca. 10 Minuten

- eine Bodenprobe aus Fach 4

**Durchführung:**

1. Reiben Sie die Bodenprobe zwischen Daumen und Zeigefinger und rollen Sie diese zwischen Ihren Handflächen aus!
2. Bestimmen Sie nun die Bodenart, indem Sie Zutreffendes ankreuzen!

<input type="checkbox"/> Einzelkörner gut fühlbar, insgesamt rau	<input type="checkbox"/> einzelne Körner sichtbar, mit Feinsubstanz	<input type="checkbox"/> glatt und glänzend
<input type="checkbox"/> nicht beschmutzend	<input type="checkbox"/> beschmutzend	<input type="checkbox"/> stark beschmutzend
<input type="checkbox"/> nicht ausrollbar	<input type="checkbox"/> ausrollbar bis bleistift dick z.T. rissig	<input type="checkbox"/> ausrollbar unter bleistift dick
<input type="checkbox"/> nicht formbar	<input type="checkbox"/> formbar	<input type="checkbox"/> gut formbar

Mit welchem Symbol stimmt Ihre Bodenprobe am meisten überein?

- Sand     Lehm     Ton

3. Tragen Sie die Ergebnisse in die Tabelle ein

### 3.2 Bestimmung des Feuchtegrades des Waldbodens

**Material:**

**Dauer:** ca. 10 Minuten

- eine Bodenprobe aus Fach 4

**Durchführung:**

1. Folgende Tabelle dient Ihnen zur Hilfe:

<b>trocken</b>	helle Farbe, bei Wasserzugabe dunkel, z.T. staubig
<b>frisch</b>	bei Wasserzugabe unverändert, Finger bleiben bei Probe trocken
<b>feucht</b>	Finger werden bei der Fingerprobe feucht
<b>nass</b>	Probe zerfließt bei Fingerprobe oder Beklopfen

### 3.3 Bestimmung des Humusgehaltes anhand der Farbe

**Material:**

**Dauer:** ca. 10 Minuten

- eine Bodenprobe aus Fach 4

**Durchführung:**

1. Stufen Sie den Humusgehalt anhand der Bodenprobe mit Hilfe folgender Tabelle und der Vergleichsbilder nach der Farbe des Oberbodens ein!

<b>Farbe</b>	<b>Humusgehalt</b>
hellgrau	sehr schwach humos
grau	schwach humos
dunkelgrau	humos
schwarzgrau	stark humos
schwarz	sehr stark humos
tiefschwarz	humusreich

2. Tragen Sie die Ergebnisse in die Tabelle am Ende ein!

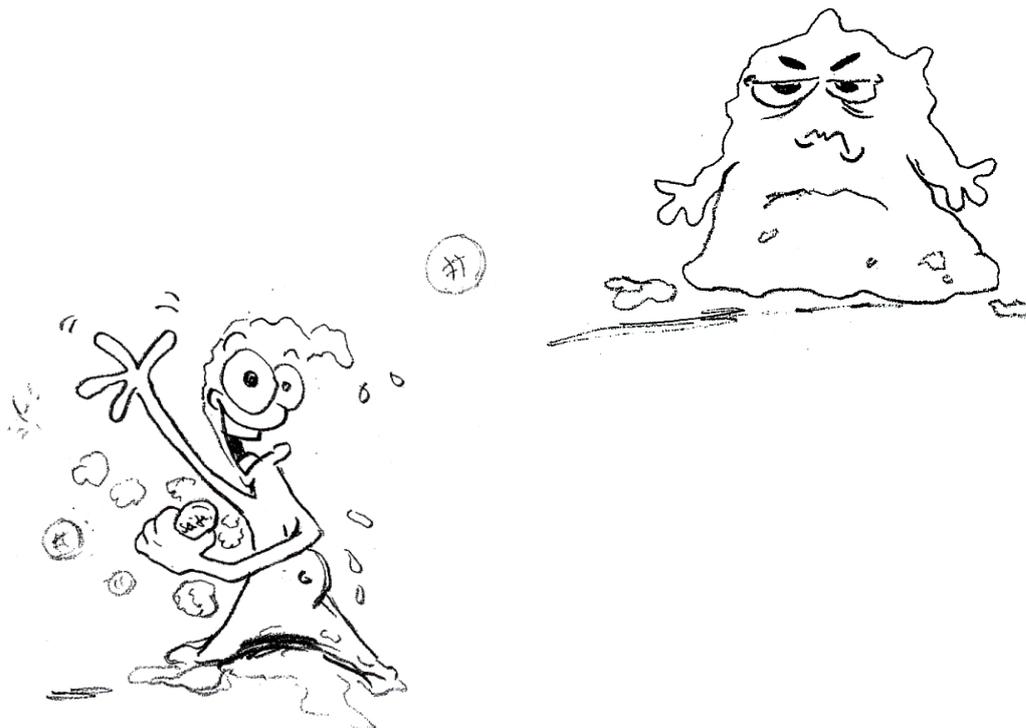
### 3.4 Bestimmung des pH-Wertes des Waldbodens

**Material:****Dauer:** ca. 15 Minuten

- jeweils eine oberflächliche Bodenprobe aus Fach 1 – 4
- Spatel
- Reagenzgläser
- destilliertes Wasser
- Trichter
- Filterpapier
- PH-Stäbchen

**Durchführung:**

1. Entnehmen Sie jeweils etwas oberflächliche Bodenprobe und trocknen Sie diese an der Luft!
2. Geben Sie die Proben anschließend etwa 2 bis 3 cm hoch in vier verschiedene Reagenzgläser und füllen Sie diese mit destilliertem Wasser auf!
3. Schütteln Sie die Ansätze gut durch und filtrieren Sie diese anschließend!
4. Ermitteln Sie mit Hilfe des pH-Stäbchens den pH-Wert der Filtrate!
5. Tragen Sie die Ergebnisse in die Tabelle am Ende ein!



### 3.5. Bestimmung des Kalkgehaltes des Waldbodens

**Material:**

**Dauer:** ca. 10 Minuten

- eine Bodenprobe aus Fach 4
- Spatel
- Porzellanschale
- Pipette
- verdünnte Salzsäure (10 %)
- Schutzbrille

**Durchführung:**

1. Entnehmen Sie etwas Bodenprobe und geben Sie diese in die Porzellanschale!
2. Setzen Sie eine Schutzbrille auf!
3. Tropfen Sie mit einer Pipette 10 Tropfen verdünnte Salzsäure zu der Probe!



**ACHTUNG:** Reizt die Augen, die Atmungsorgane und die Haut!

4. Beobachten Sie die Bodenprobe und bestimmen Sie mit Hilfe der unten stehenden Tabelle den Kalkgehalt des Bodens!

Reaktion (Aufschäumen)	Kalkgehalt in %
keine	unter 1 %
schwach	1 bis 3 %
deutlich, kurz	3 bis 5 %
anhaltend	über 5 %

5. Tragen Sie die Ergebnisse in die Tabelle am Ende ein!

**Ergebnisse:**

Ergänzen Sie Ihre Ergebnisse am Ende mit den entsprechenden Durchschnittswerten (Waldboden und Freilandboden) aus den Messungen aller Gruppen!

	Bodenart	Feuchtegrad	Humusgehalt	pH-Wert im Fach				Kalkgehalt
				1	2	3	4	
Gemessene Werte / Waldboden								
Durchschnittswerte/ Waldboden								
Durchschnittswerte/ Freilandboden								

**Auswertung:**

1. Stellen Sie Vermutungen über die unterschiedlichen pH-Werte der einzelnen Bodenproben auf!

*Tipp: Denken Sie an die fortgeschrittene Zersetzung des organischen Materials!  
Nehmen Sie gegebenenfalls das Internet zu Hilfe!*

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Vergleichen Sie in Bezug auf Bodenart, Feuchtegrad, Humusgehalt, pH-Wert und Kalkgehalt die Unterschiede zwischen Wald- und Freilandboden!

---

---

---

---

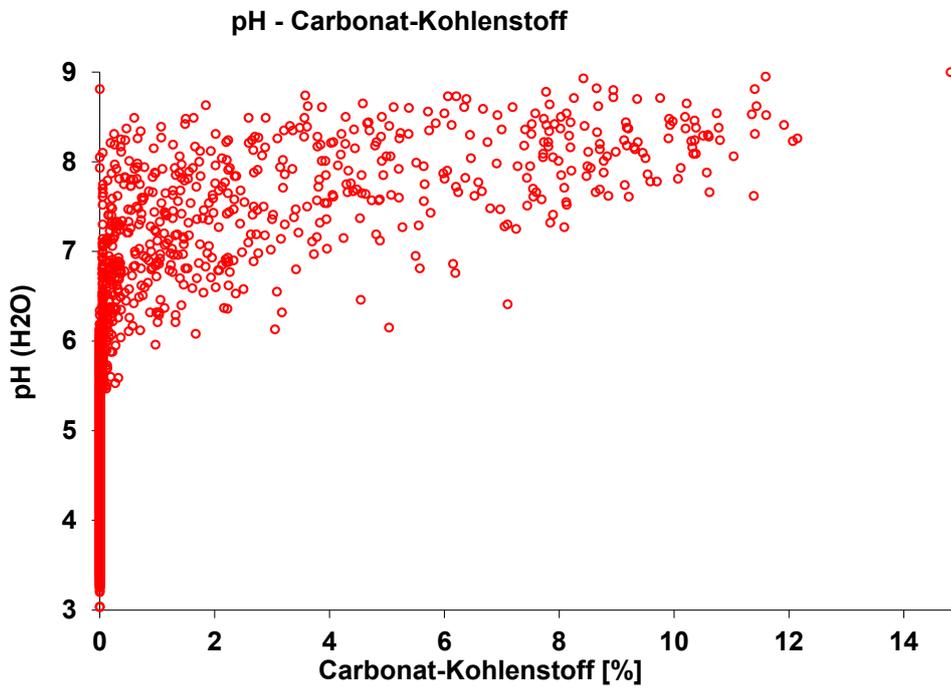
---

---

---

---

3. Erklären Sie anhand des Diagramms den Zusammenhang zwischen pH-Wert und Kalkgehalt (= Carbonat-Kohlenstoff) des Waldbodens!




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

4. Leiten Sie aus den Ergebnissen der Bodenanalysen ab, welche Voraussetzungen der Waldboden für die Ansprüche hier wachsender Pflanzen (Kontaktanzeigen!) im Gegensatz zum Freilandboden bietet!




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

5. Fassen Sie alle wichtigen Funktionen des Waldbodens, die im Waldzustandsbericht von 1998 genannt werden, stichpunktartig zusammen!

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

6. Analysieren Sie mit Hilfe des Waldzustandsberichtes, welche Rolle der pH-Wert des Bodens im Ökosystem Wald spielt!

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodenbericht

### a) Einführung

Boden ist das mit Luft, Wasser und Lebewesen durchsetzte Umwandlungsprodukt mineralischer Substrate und organischer Substanzen. Laub, Nadeln, Ästchen und andere Bestandteile, die von den Bäumen und Sträuchern des Waldes zu Boden fallen, müssten sich eigentlich im Laufe der Jahre zu mächtigen „Abfallpaketen“ auftürmen. Allerdings werden all diese Elemente durch die Tätigkeit der Bodenorganismen zersetzt. An diesem Prozess sind v. a. Pilze, Bakterien, Einzeller, Faden- und Regenwürmer, Doppelfüßler, Springschwänze und Insektenlarven beteiligt. Sie unterstützen sich gegenseitig und arbeiten einander zu. Daneben bewohnen auch zahlreiche räuberische Insekten den Waldboden. In hochkomplexen Nahrungsketten werden Stoffe in Energie verwandelt, abgebaut und umgewandelt. Wie eine dünne Haut überziehen Böden als Leben spendende Schicht das Festland. Von über 6000 Kilometer Erdradius sind nur wenige Zentimeter der obersten Kruste intensiv von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen besiedelt. Aus dieser Schicht wird zum großen Teil die Menschheit ernährt. Auch im Wald sind Böden die Grundlage für alles Leben. Die Waldbäume und fast alle anderen Glieder der Waldlebensgemeinschaft beziehen zumindest mittelbar Nährstoffe und Wasser aus dem Waldboden. Waldböden sind für den Wasser- und Stoffhaushalt ganzer Landstriche von besonderer Bedeutung. In ihnen werden Stoffe gespeichert und umgewandelt sowie auf- bzw. abgebaut. Damit erfüllen Waldböden die Funktion eines Filters, der eingetragene Schadstoffe wirkungsvoll zurückhält und verhindert, dass sie in tiefere Erdschichten oder gar in das Grundwasser eindringen. In ähnlicher Weise wird die Atmosphäre entlastet, wenn der Boden Kohlenstoff speichert und damit die Konzentration des klimawirksamen Kohlendioxids in der Luft mindert. Indem die Waldböden Wasser zurückhalten, tragen sie dazu bei, dass in den Flüssen Hochwasserspitzen gedämpft werden. Das reich verzweigte Wurzelsystem verankert die Bäume im Substrat und versorgt die oberirdischen Teile mit Wasser und Nährstoffen. Während der Wachstumsphase müssen Bäumen außer Wasser auch mineralische Nährelemente zugeführt werden. In größeren Mengen werden die Elemente Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Calcium und Magnesium (Makronährelemente) und im weitaus geringeren Maße Eisen, Mangan, Kupfer, Bor und Zink (Spurenelemente) von Bäumen aufgenommen. Wenn notwendige Nährelemente fehlen oder im Boden in zu geringen Konzentrationen vorliegen, zeigen die Bäume Mangelercheinungen. Wichtig für die Nährstoffverfügbarkeit ist der pH-Wert des Bodens. Durch Luftschadstoffe sind unsere Böden einer schleichenden Veränderung ausgesetzt. Die mit dem Niederschlag in den Boden gelangenden Säuren – insbesondere Schwefel- und Salpetersäure – führen allmählich zu einer Versauerung unserer Böden. Dies führt zu einer Verarmung an Nährstoffen, die häufig von einem Rückgang der pH-Werte begleitet ist. Über Jahrzehnte hinweg hat der „Saure Regen“ die Vorräte an wichtigen Pflanzennährstoffen wie Kalzium und Magnesium im Boden verringert. Auf der anderen Seite haben hohe Stickstoffeinträge die Ernährung der Waldbäume einseitig werden lassen. Vielerorts ist inzwischen Überernährung, Eutrophierung und Stickstoffsättigung eingetreten. Im Extremfall kann der Säureeintrag zur Mobilisierung giftiger Schwermetalle und zu einer drastischen Beeinträchtigung der Bodenlebewelt führen.

## b) Belastung des Waldbodens

Etwa ein Drittel der Fläche der Bundesrepublik ist von Wald bedeckt. Die Böden unter Wald zeigen eine große Vielfalt, was ihre Eigenschaften und ihre Funktionen im Landschaftshaushalt und in der Lebensgemeinschaft Wald betrifft. Schädliche Einwirkungen bedrohen diese natürliche Vielfalt. Gefahren und Nachteile für den einzelnen Waldbesitzer und die Allgemeinheit sind die Folge. Im Gegensatz zu Böden unter landwirtschaftlicher Nutzung sind Waldböden durch Bodenbearbeitung und Düngung häufig nicht oder nur wenig verändert worden. Ihr ursprünglicher Zustand ist aber zunehmend durch unterschiedliche Ursachen gefährdet:

### *Versiegelung der Böden:*

Jede Sekunde werden alleine in Bayern 2 Quadratmeter Boden, z. B. durch Straßenbau, Wohn- und Industriegebiete, versiegelt. Die Ressource Boden schwindet! Ein sparsamerer Umgang mit dem lebensnotwendigen und begrenzt vorhandenen Gut „Boden“ ist dringend notwendig.

### *Verlust der Bodenstruktur (Verdichtung):*

Unsere Böden sind sehr störanfällige Komplexe, die aus Luft, Wasser und Feststoffen bestehen. Das Hohlräumssystem des Bodens (= der Porengehalt) ist dabei entscheidend für den Luft- und Wasserhaushalt der Böden. Durch Befahren mit schweren Maschinen werden unsere Waldböden verdichtet. Das ausgewogene Verhältnis von Grob- zu Feinporen wird auf Jahrzehnte gestört; vor allem die luftführenden Grobporen gehen verloren – mit negativen Auswirkungen für Wurzelwachstum und Bodenlebewelt! Da die stärksten Verdichtungen schon bei den ersten (ein bis drei) Überfahrten zu verzeichnen sind, ist es das Ziel der Forstwirtschaft, die zum Rücken des genutzten Holzes benötigten Maschinen nur bei geeigneter Witterung und nur auf ausgewiesenen Rückegassen fahren zu lassen. Die große Restfläche zwischen diesen Gassen muss von jeglicher Befahrung verschont bleiben.

### *Verlust von Bodenmaterial (Erosion):*

Bei Fehlen jeglicher Vegetation besteht die Gefahr, dass die losen Bodenteilchen verloren gehen. Insbesondere Wind und Regen führen zu Erosionserscheinungen und Bodenverlusten. Je steiler das Gelände, desto größer ist die Gefahr. Durch naturnahe Forstwirtschaft wird die Entstehung von Kahlflächen im Wald verhindert.

Waldböden sind ein kostbares Gut und sollen nach dem Vorsorgeprinzip vor schädlichen Veränderungen bewahrt werden. Diese Prämisse ist weitaus wirksamer und kostengünstiger als die nachträgliche Sanierung von Bodenschäden. Bei bereits eingetretenen Bodenschäden oder auf Grund starker Umweltbelastungen sind Sanierungsmaßnahmen erforderlich. So hat man mit Waldkalkungen die Folgen des „sauren Regens“ gemildert und die Böden vor weiterer Versauerung geschützt.

## 4. Vegetationsaufnahme

### Material:

- Meterstab
- Absteckfahnen
- Bestimmungshilfen

**Dauer:** ca. 60 Minuten

### Durchführung:

1. Führen Sie Messungen an drei verschiedenen Standorten (freies Feld, Waldrand, Waldinneres) durch!
2. Verschaffen Sie sich zu Beginn der Vegetationsaufnahme einen Überblick über Ihre Probefläche!  
Fertigen Sie dazu ein Bedeckungsdiagramm (siehe Ergebnisteil) an!  
Die Symbole sollen Ihnen dabei behilflich sein, können jedoch jederzeit ergänzt werden!
3. Ermitteln Sie anschließend mit Hilfe der Bestimmungshilfen die Namen der auf der Probefläche wachsenden Pflanzenarten!
4. Ordnen Sie die gefundenen Pflanzenarten den einzelnen Stockwerken des Waldes zu und übertragen Sie die Ergebnisse in das Protokollblatt am Ende!
5. Schätzen Sie mit Hilfe des folgenden Musters den Bedeckungsgrad des Waldbodens durch die jeweiligen Pflanzen ab und tragen Sie die ermittelten Daten in Ihr Protokoll ein!



Bedeckung der Probefläche

- 1 = 0 – 5 %
- 2 = 6 – 25 %
- 3 = 26 – 50 %
- 4 = 51 – 75 %
- 5 = 76 – 100 %

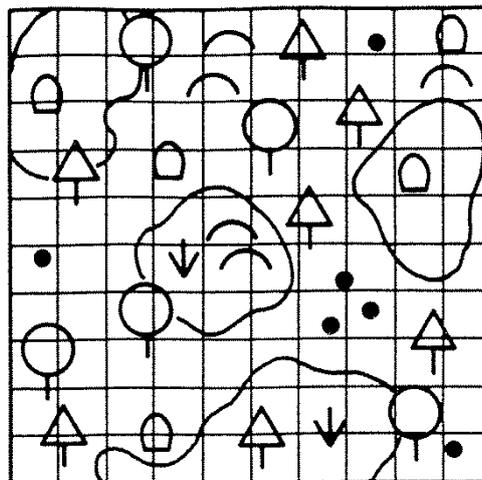
### Ergebnisse:

# Vegetationsaufnahme

Bedeckungsdiagramm Symbole:

-  Nadelbaum
-  Laubbaum
-  Busch
-  kleinere Pflanzen (Blumen, Farne usw.)
-  Gräser/Grasfläche
-  Moose

Beispiel  
10 x 10 m




# Vegetationsaufnahme

Kurzbeschreibung des Waldes (Lage, Baumarten, Lichtverhältnisse): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Artenliste

Tabelle zur Schätzung der Menge (Häufigkeit), nach Braun-Blanquet:

- |  |                           |
|--|---------------------------|
| 5 = 75 - 100 % der Probestfläche bedeckend | 1 = zahlreich, aber < 5 % |
| 4 = 50 - 75 %                    "         | + = wenig vorhanden       |
| 3 = 25 - 50 %                    "         | r = nur sehr selten       |
| 2 = 5 - 25 %                     "         |                           |
| oder < 5 % bedeckend, aber sehr zahlreich  |                           |

Die Zahlen 1 - 5 und die Zeichen + und r in der untenstehenden Tabelle in die Kolonne "Menge" eintragen.

Arten	Menge
<b>BAUMSCHICHT:</b>	
<b>STRAUCHSCHICHT:</b>	

Arten	Menge
<b>KRAUTSCHICHT:</b>	
<b>MOOSSCHICHT:</b>	

**Auswertung:**

Bestimmen Sie mit Hilfe Ihrer Vegetationsaufnahme diesen Waldtyp!

---

## 5. Tiere im Waldboden

### Material:

- Bodenprobe
- Pinsel
- Pinzette
- Sammelgläser
- Lupe
- Bestimmungshilfen

**Dauer:** ca. 60 Minuten

### Durchführung:

1. Entnehmen Sie etwas Bodenprobe aus der oberen Humusschicht!
2. Durchsuchen Sie die entnommene Bodenprobe auf einem weißen Papier/Tuch nach kleinen Tieren!
3. Transportieren Sie die Tiere mit Hilfe eines Pinsels oder einer Pinzette vorsichtig in die Sammelgläser!
4. Finden Sie mit Hilfe des Bestimmungsschlüssels heraus, um welche Bodentiere es sich handelt!
5. Fertigen Sie von einem Bodentier Ihrer Wahl eine detaillierte Zeichnung an!



**Ergebnisse:**

Bodentiere:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Zeichnung:

**Auswertung:**

Nennen Sie mögliche Funktionen der Bodenlebewesen!

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Überprüfen und ergänzen Sie diese mit Hilfe des Internets und des Bodenberichts (siehe Station 4)!

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

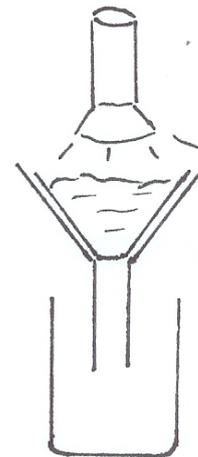
---

---

**Expertengruppe:**

**Durchführung mit Berlesetrichter (falls vorhanden) :**

Der Berlesetrichter erleichtert Ihnen die Trennarbeit der Bodenprobe. Durch das Erwärmen und Austrocknen der Probe werden die Bodentiere gezwungen, diese zu verlassen und wandern in das Becherglas nach unten.



1. Füllen Sie die Bodenprobe in den Trichter des Berleseapparates und schalten Sie die Lampe ein!
2. Es dauert etwas bis die ersten Bodentiere in das Becherglas fallen!
3. Nehmen Sie die Tiere vorsichtig einzeln heraus und legen Sie diese in eine Petrischale!
4. Betrachten Sie die Tiere mit Hilfe eines Mikroskops/Binokulars!
5. Finden Sie mit Hilfe des Bestimmungsschlüssels heraus, um welche Bodentiere es sich dabei handelt!

## 6. Tieren auf der Spur

**Material:**

**Dauer:** ca. 30 Minuten

- Anlagen 1 – 4

### Durchführung:

Viele Waldtiere bekommt man nur selten zu sehen. Ihre Anwesenheit verraten sie jedoch häufig durch vielerlei Hinweise. Ihre Fußabdrücke oder Fährten kann man beispielsweise gut auf weichem, feuchtem Untergrund erkennen.

Achten Sie bei Ihrem Rundgang neben den Fährten auch auf

- Fraßspuren an Pflanzen im Bereich der Wurzeln, des Stammes, der Zweige, Blätter und Früchte.
- Federn und andere „Hinterlassenschaften“.

**ACHTUNG:** *Gewölle, Federn und Ausscheidungen nicht berühren!*



**Ergebnisse:**

Auf welche Spuren sind Sie gestoßen? Notieren Sie sich dazu den jeweiligen Fundort!  
Gibt es Spuren, die besonders häufig auftreten?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Auswertung:**

1. Ordnen Sie mit Hilfe der Anlagen 1 – 4 den Spuren die entsprechenden Waldbewohner zu.

---

---

---

---

---

---

---

2. Begründen Sie, inwiefern das Vorkommen einer von Ihnen entdeckten Tierart durch abiotische Umweltfaktoren begünstigt wird!

---

---

---

---

---

---

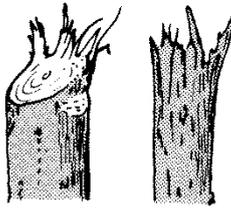
---



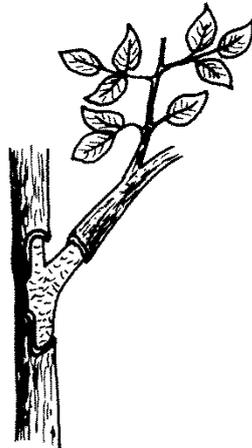
# FRASSSPUREN IM WINTER BZW. AUF DEM WALDBODEN

Anlage 1

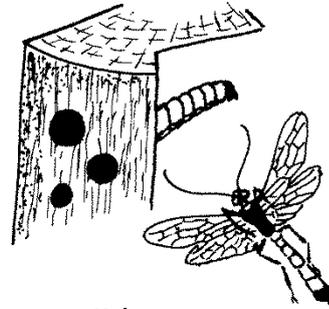
		max. Größe /cm		langsam → schnell		
		8				Wildschwein
		8				Rothirsch
		5				Reh
		5				Fuchs
		vorn 5 hinten 4				Marder
		5				Hase
		vorn 6 hinten 5				Dachs
		vorn 6,5 hinten 7,5				Otter
		Luchs 8 Hund				Luchs
		Wildkatze 4 Hauskatze 3				Katze
		vorn 3 hinten 4				Eichhörnchen
		vorn 2,5 hinten 2				Wiesel (Hermelin)
		vorn 1 hinten 1,5				Maus
		Haselh. 5				Haselhuhn
		Fasan 7				
		Kolkrabe 7				Kolkrabe



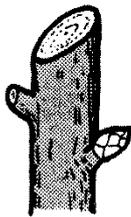
Verbiss von Reh- und Rotwild



Rötelmaus



Holzwespe  
(Ausfluglöcher)



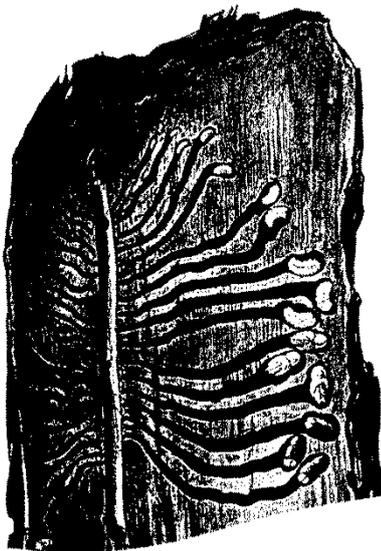
Verbiss von Feldhasen



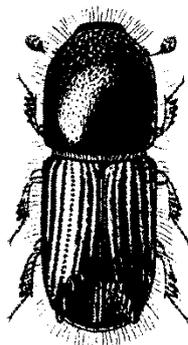
Bockkäfer



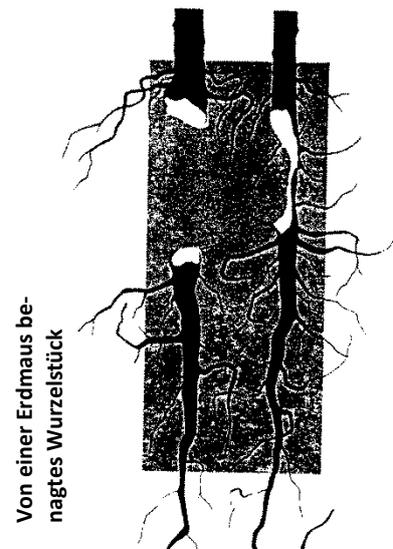
Fraßspuren sind scharf geschnitten.  
Doppelreihe der Nagezähne ist zu erkennen.  
Nagetiere wie Hase, Kaninchen,  
Eichhörnchen, Maus



Schadbild des Buchdruckers  
(zehnfach vergrößert)



Borkenkäfer



Von einer Erdmaus be-  
nagtes Wurzelstück

An Fichtenzapfen



Eichhörnchen:  
Fasern stehen von der  
Zapfenspindel ab



Maus:  
keine Fasern,  
Schuppen werden dicht  
abgenagt

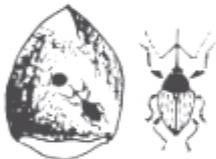


Fichtenkreuzschnabel:  
Samenschuppen der  
Länge nach abgebissen

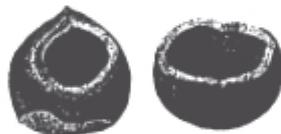


Specht:  
zerhacktes, zerfasertes  
Aussehen

An Haselnüssen



Haselnussbohrer:  
kreisrundes Rasselloch



Waldmaus:  
hinterlässt deutliche  
Zahnspuren



Rötelmaus:  
keine  
Zahnspuren



Eichhörnchen



Specht



Siebenschläfer:  
brechen kleine  
Stückchen aus  
der Schale

Fraßspuren an Blättern und Zweigen



Miniermotte



Buchenwolllaus

Gallen der  
Großen Buchen-  
blattgallmücke



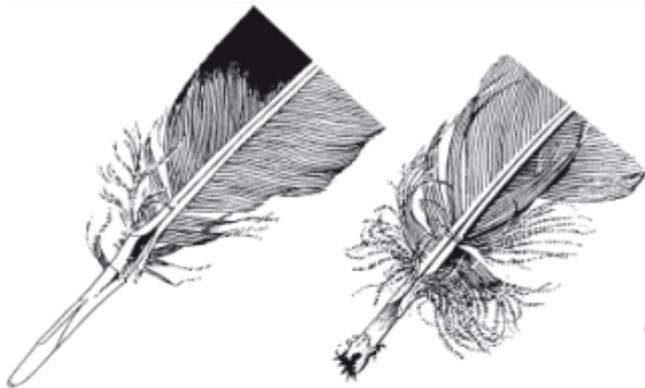
Eichengallwespe



Große Fichtengalllaus

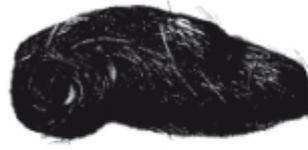
## FRASSSPUREN AN GERISSENEN TIEREN

Anlage 4



Rupfung eines Vogels  
durch einen Habicht:  
Federkiel bleibt ganz

Vogel, von einem Fuchs  
oder Marder gerissen:  
Federkiel ist abgebissen

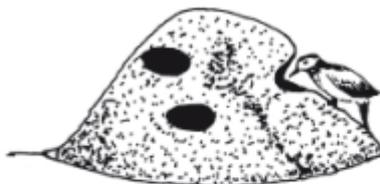


Gewölle von Taggreifen  
(meist ohne Knochen)



Gewölle von Nachtgrei-  
fen (meist mit Knochen)

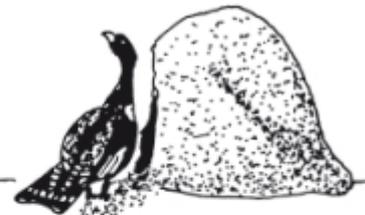
## FRASSSPUREN AN AMEISENHAFEN



Grünspecht:  
macht im Winter Löcher ins Innere  
des Baus, um Ameisen zu fressen



Fuchs/Dachs/Wildschwein:  
zerstören den Bau ganz



Auerwild:  
hinterlässt nur oberflächlich  
auf der Sonnenseite Kratz-  
spuren

Anlagen 1 – 4 aus:  
Forstliche Bildungsarbeit – Waldpädagogischer Leitfaden  
Bayer. Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten  
7. Auflage, München 2009





## 8. Ressource Wald - Nachhaltigkeit

**Material:**

**Dauer:** ca. 20 Minuten

- Schreibmaterialien
- Taschenrechner
- Armlangen Stock aus dem Wald
- Maßband

**Durchführung:**

Mein persönlicher CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Jahr

**Aufgabe I – Ermittlung von Festmetern:**

1. Wähle einen Baum aus und errechne sein Stammholzvolumen.

$$V = \pi/4 \times \text{BHD}^2 \times h \times f = \underline{\hspace{2cm}}$$

Bsp: Fichte 25m hoch; 30cm BHD =  $3,14/4 \times 0,30\text{m}^2 \times 25\text{m} \times 0,45 = 0,79 \text{ m}^3$

V = Volumen [m<sup>3</sup>]

BHD = Brusthöhendurchmesser in m

h = Höhe [m] mit der „Spazierstock-Methode“

f = Formzahl [ohne Einheit] von unten übernehmen

*Formzahlen häufiger Baumarten:*

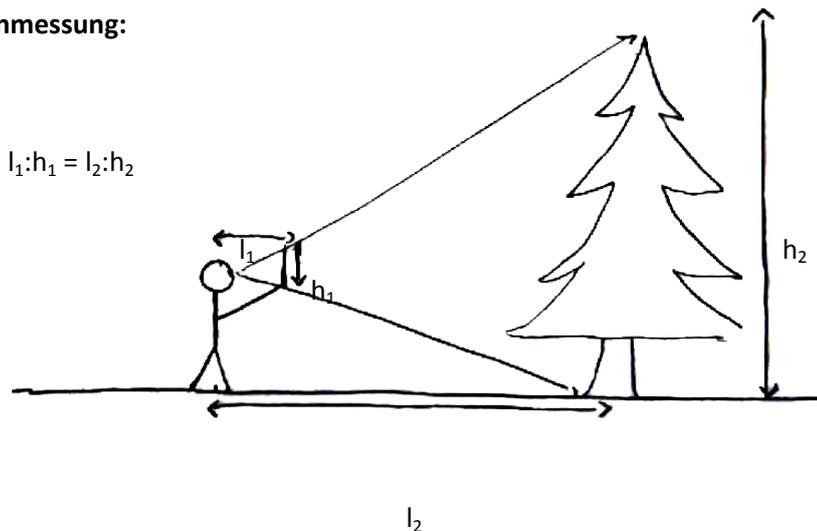
Fichte: 0,45

Buche: 0,50

Eiche: 0,53

Kiefer: 0,42

**Höhenmessung:**



2. Überschlage das Alter des Baumes.

Faustformel: Alter = d [cm] / jährliche Zuwachsrate [cm]

Zuwachsrate liegt im Schnitt bei 0,5cm

\_\_\_\_\_

## Aufgabe II – Mein eigener ökologischer Fußabdruck

1. Errechne welche Menge an CO<sub>2</sub> dein Baum in seinem bisherigen Leben gespeichert hat.

→ Der Gesamtspeicher an CO<sub>2</sub> eines Baumes errechnet sich aus seinem Volumen und seiner Holzdichte. Bei unseren heimischen Baumarten liegt der Wert bei etwa **0,9 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Kubikmeter** frischem Holze.

\_\_\_\_\_ Tonnen CO<sub>2</sub> speichert mein Baum = Gesamtspeicherung Stammholz

\_\_\_\_\_ Gesamtspeicherung = Gesamtspeicherung Stammholz \* 1,4 Zuschlag für Äste/ Wurzeln

\_\_\_\_\_ Tonnen CO<sub>2</sub> hat der Baum durchschnittlich jedes Jahr gespeichert (Gesamtspeicherung / Alter des Baumes)

2. Berechne deinen eigenen CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Jahr mit Hilfe der Angaben auf der nächsten Seite:

\_\_\_\_\_ Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr

3. Wie viele Bäume kompensieren Deinen jährlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß?

\_\_\_\_\_

**Grundemission (Haushalt)** Alle Werte in Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr

Personen in deinem Haushalt					
Wohnfläche	1	2	3	4	5
Bis 20m <sup>2</sup>	6,1	5,9	5,7	5,6	5,5
20-40m <sup>2</sup>	6,9	6,1	5,9	5,8	5,7
40-60m <sup>2</sup>	7,9	6,6	6,2	6,0	5,9
60-90m <sup>2</sup>	9,1	7,2	6,6	6,3	6,1
90-120m <sup>2</sup>	10,6	8,0	7,1	6,7	6,4
120-160m <sup>2</sup>	12,4	8,9	7,7	7,1	6,8
> 160m <sup>2</sup>	14,9	10,1	8,5	7,7	7,3

Deine **Grundemission** (siehe Tabelle) \_\_\_\_\_

Beziehst du Ökostrom \_\_\_\_\_ -1,0 \_\_\_\_\_

Pendler \_\_\_\_\_ Ja +1,0 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Nein (zu Fuß zur Schule) 0,0 \_\_\_\_\_

Fahrzeuge in der Familie \_\_\_\_\_ Je Auto / Motorrad +1,3 \_\_\_\_\_

Mein bevorzugtes Verkehrsmittel, \_\_\_\_\_ Auto +0,2 \_\_\_\_\_  
 das ich täglich benutze. ZumBei- \_\_\_\_\_ Bus / Bahn +0,1 \_\_\_\_\_  
 spiel für den Schulweg. \_\_\_\_\_ Fahrrad +0,0 \_\_\_\_\_

Je Flugreise im Jahr (Hin & Rückflug) \_\_\_\_\_ Innerdeutsch +0,1 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Europa/Mittelmeer +1,0 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Asien/Afrika/Nordamerika +5,0 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Südamerika/Fernost/Australien +9,0 \_\_\_\_\_

Ich esse \_\_\_\_\_ Vegetarisch / Biologischer Anbau +0,1 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Vorwiegend Vegetarisch und max. \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ 1x pro Woche Fleisch oder Wurst +1,2 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Täglich Fleisch/Wurst +1,8 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Sehr viel Fleisch und Wurst ohne \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Rücksicht auf Saison oder Herkunft +3,0 \_\_\_\_\_

**Summe (Mein persönlicher CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Tonnen pro Jahr)** \_\_\_\_\_



## 7 Hilfsmittel für die Exkursion

### 7.1 Checkliste und Materialien für die Exkursion

#### Planung

Genehmigung durch den Waldeigentümer (Kontakt über zuständigen Förster)  
 Erkundung eines geeigneten Waldstückes (Laub-, Nadel- oder Mischwald mit angrenzender Freifläche)  
 Festlegung eines passenden Termins für die Exkursion  
 Genehmigung durch das Direktorat  
 Finden von Begleitpersonen (zur Aufsicht)  
 Organisation der An- und Rückfahrt, Fahrtkosten  
 Verfassen eines Elternbriefes (nur schulintern)

#### Vorbereitung der TeilnehmerInnen auf die Exkursion

Einführungsstunde zur Vorbereitung auf die Exkursion (zeitlicher und inhaltlicher Ablauf, Verhaltensregeln)

#### Ausrüstung / Material

Forscherskripte für die Schüler  
 Materialien für die Versuche:

Versuch	Material
1. Lufttemperatur und Lichtintensität an verschiedenen Standorten	Thermometer Luxmeter Meterstab Markierungsbändchen
2. Waldboden ist nicht gleich Waldboden	3 Liter Wasser 2 Messbecher 2 Küchensiebe <u>Alternativer Versuchsaufbau:</u> 2 Liter Wasser 2 Einweckgläser 2 Blumentöpfe 2 gleich große Konservendosen (beidseitig geöffnet) Holzbrett Gummihammer Stoppuhr

Versuch	Material
3. Bodenuntersuchung	kleine Handschaufel Meterstab Spatel Reagenzgläser destilliertes Wasser Trichter Filterpapier pH-Meter Porzellanschale Pipetten verdünnte Salzsäure (10 %) Schutzbrillen
4. Vegetationsaufnahme	Meterstab Absteckfahnen Bestimmungshilfen
5. Tiere im Waldboden	weißes Papier/Tuch Pinzette Pinsel Sammelgläser Lupe Bestimmungshilfen
6. Tieren auf der Spur	Siehe Exkursionsführer Aufgabe 7
7. Sukzession	Schreibmaterialien drei mit roten Fahnen gekennzeichnete Flächen
8. Ressource Wald – Nachhaltigkeit	Schreibmaterialien Taschenrechner Maßband 30m – 50m (fakultativ)

Infotafeln, „Kontaktanzeigen“ (farblich gekennzeichnet), Bestimmungshilfen, Nachschlagewerke

Erste – Hilfe – Koffer

### Durchführung und Auswertung

Einteilung der TeilnehmerInnen in 8 Arbeitsgruppen

Vorgabe eines zeitlichen Ablaufs (= 4 Stationen ca. 2½ Stunden, anschließend ½ Stunde Pause, restliche 4 Stationen nochmals ca. 2½ Stunden)

Setzen eines markanten Schlusspunktes (Vorstellen der Gruppenergebnisse, Schlusswort)

Auswertung der einzelnen Versuche am Ende der Exkursion und teilweise in der darauffolgenden Biologiestunde

### Grundsätze für die LehrerInnen

Hinweis auf Unfallgefahren und Sicherheitsmaßnahmen geben

Hauptthema in den Mittelpunkt stellen -> Die Schüler sollen die vielfältigen Wechselbeziehungen der abiotischen und biotischen Umweltfaktoren zueinander in einem Ökosystem am Beispiel Wald erfassen und erklären können. Zudem sollen die Teilnehmer sich Gedanken über die Nutzung einer nachhaltigen Ressource machen

Miteinbeziehen interessanter Zufallsbeobachtungen

Aufmerksam machen auf allgemeine Fragen und Zusammenhänge (Ökologie)

Kritischen Fragen nicht ausweichen, auch Zweifel und Unsicherheiten können zum Ausdruck gebracht werden

### Visuelle Materialdarstellung

#### 1. Materialien : Lufttemperatur und Lichtintensität an verschiedenen Standorten



## 2. Materialien: Waldboden ist nicht gleich Waldboden



## 1. Materialien: Bodenuntersuchung

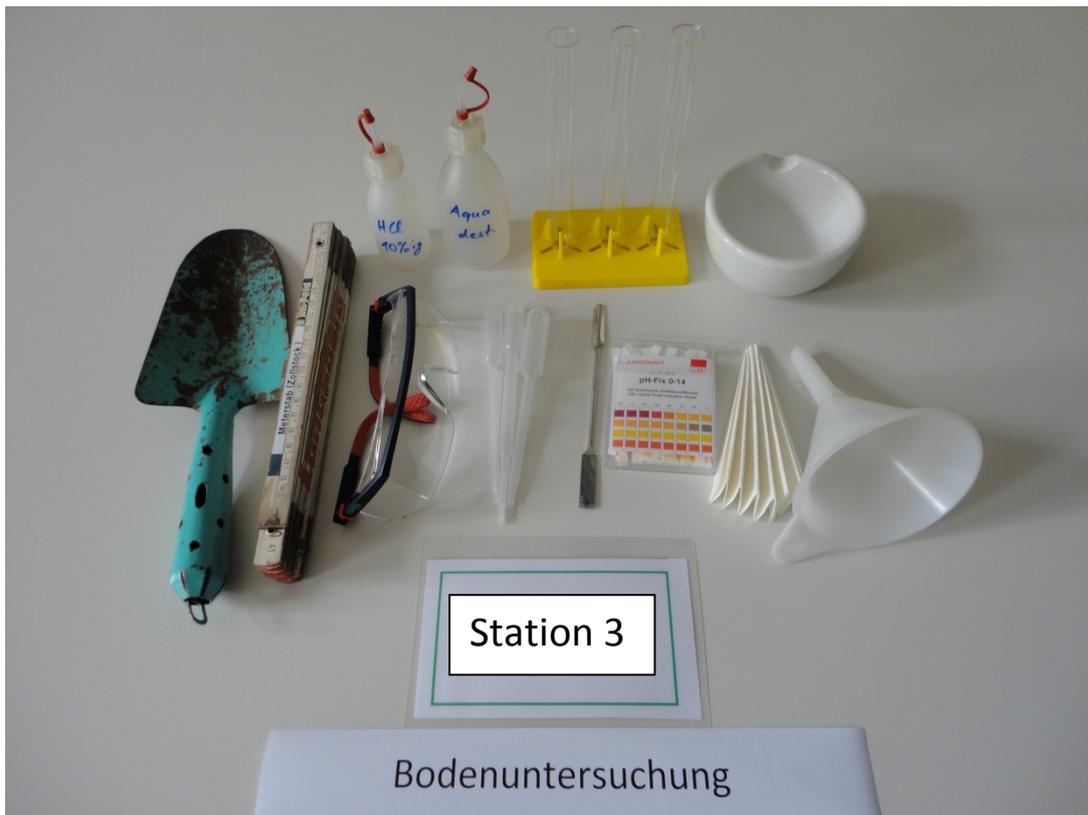


Abbildung 1: Aufbau einer Bodenleiter



## 2. Materialien: Vegetationsaufnahme



## 3. Materialien: Tiere im Waldboden



#### 4. Tieren auf der Spur

Siehe Exkursionsführer Aufgabe 7

#### 5. Sukzession

Abbildung 2: Alter Wald



Abbildung 3: Junger Wald



Abbildung 4: Freifläche



#### 6. Ressource Wald – Nachhaltigkeit

Siehe Arbeitsblatt im Exkursionsführer Aufgabe 8

Maßband 30 – 50m (zur Not geht auch Schrittmaß)

Schreibzeug

Taschenrechner/ Handy

### Materialien für die „Infokiste“



- Informationstafeln aus dieser Handreichung:
  - Stockwerke des Waldes
  - Waldtypen
  - Humusgehalt verschiedener Bodenarten
  - Kontaktanzeigen
- Beispiele für Bestimmungshilfen für Pflanzen
  - Kremer, B. (2005). *Bäume. Erkennen und Bestimmen*. Stuttgart: Ulmer.
  - Kremer, B. (2002). *Strauchgehölze. Erkennen und Bestimmen*. Niedernhausen: Mosaik.
  - Lüder, R. (2006). *Grundkurs Pflanzenbestimmung. Eine Praxisanleitung für Anfänger und Fortgeschrittene*. Wiebelsheim: Quelle & Meyer Verlag.
  - Pews-Hocke, C. (1994). *Schüler bestimmen Pflanzen*. Berlin: PAETEC Gesellschaft für Bildung und Technik mbH.
  - Manger, A., Manger, J., Moßner, H. & Staudinger, J. (2008). *NATURA Biologie für Gymnasien Bayern 10*. Stuttgart-Leipzig: Ernst Klett Verlag, 94-95.
- Beispiele für Bestimmungshilfe für Tiere
  - Autorenkollektiv (1999). *Natur bewusst 8. Lehrerband mit Kopiervorlagen*. Braunschweig: Westermann Schulbuchverlag.

**Beispiel: Anschreiben an den Förster oder die Försterin**

Name \_\_\_\_\_  
Schule \_\_\_\_\_  
Adresse \_\_\_\_\_  
Tel \_\_\_\_\_

Sehr geehrte(r) Herr/Frau \_\_\_\_\_

im Biologieunterricht der 10. Jahrgangsstufe behandle ich im Schuljahr 20\_\_/\_\_\_\_  
mit \_\_ Schülern das „Ökosystem Wald“ nach der gleichnamigen Praxishilfe, die vom  
Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten herausgegeben wurde.

Der Unterricht baut auf einer halbtägigen Waldexkursion auf, bei der die Schüler an  
verschiedenen Stationen Experimente durchführen und Daten erheben.

Ich möchte Sie bitten, mich bei der Planung – insbesondere der Suche nach einem  
geeigneten Waldstück – zu unterstützen:

Das Waldstück sollte (wenn möglich!) nahe der Schule gelegen und zu Fuß oder mit  
ÖPNV erreichbar sein.

Folgende Gegebenheiten sollten im dort, möglichst in Ruf- und Sichtentfernung von  
einem zentralen Standpunkt aus, vorhanden sein: eine Wiese, eine Rückegasse mit  
verdichteten Fahrspuren, ein Bodeneinschlag oder -loch, Jungbäume mit  
Verbiss Spuren, verschiedene Sukzessionsstadien (Kahlfläche bis Altholz).

Können Sie die Erlaubnis des Waldbesitzers zur Durchführung unserer Exkursion  
einholen, bzw. den Kontakt zu ihm herstellen?

Mit freundlichen Grüßen

## 7.2 Informationstafeln

## Informationstafel: Die Stockwerke des Waldes ((Aigner, S. &amp; Miller, S., 2009))

**Baumschicht**  
 bis zu 20-30 m

**Baumschicht**

- Nadelbäume
- Laubbäume

## Lebensraum für

- Vögel
- baumlebende Säugetiere (z.B. Eichhörnchen)

**Strauchschicht**  
 bis zu 5 m

**Strauchschicht**

- Jungbäume
- Sträucher
- Kletterpflanzen (z.B. Waldrebe)

## Lebensraum für

- Vögel (Nistgelegenheiten)
- Großwild

**Krautschicht**  
 bis zu 1 m

**Krautschicht**

- junge Gehölze, Zwergsträucher
- Farne, Gräser
- Blütenpflanzen, Kräuter

## Lebensraum für

- Insekten
- Schnecken

**Mooschicht**  
 bis zu 0,15 m

**Mooschicht**

- Moose
- Pilze
- Flechten

## Lebensraum für

- Insekten, Spinnen
- Würmer, Tausendfüßer
- Mikroorganismen

**Wurzelstockwerke**
**Wurzelstockwerke**

- Pflanzenwurzeln (tiefe und flache Wurzeln)
- abgewandelte Sprosssteile (z.B. Zwiebeln, Knollen)



### Informationstafel: Unsere Waldtypen (Aigner, S. & Miller, S., 2009)

Anteil des Waldes an der Gesamtfläche in %

Bayern 35 %

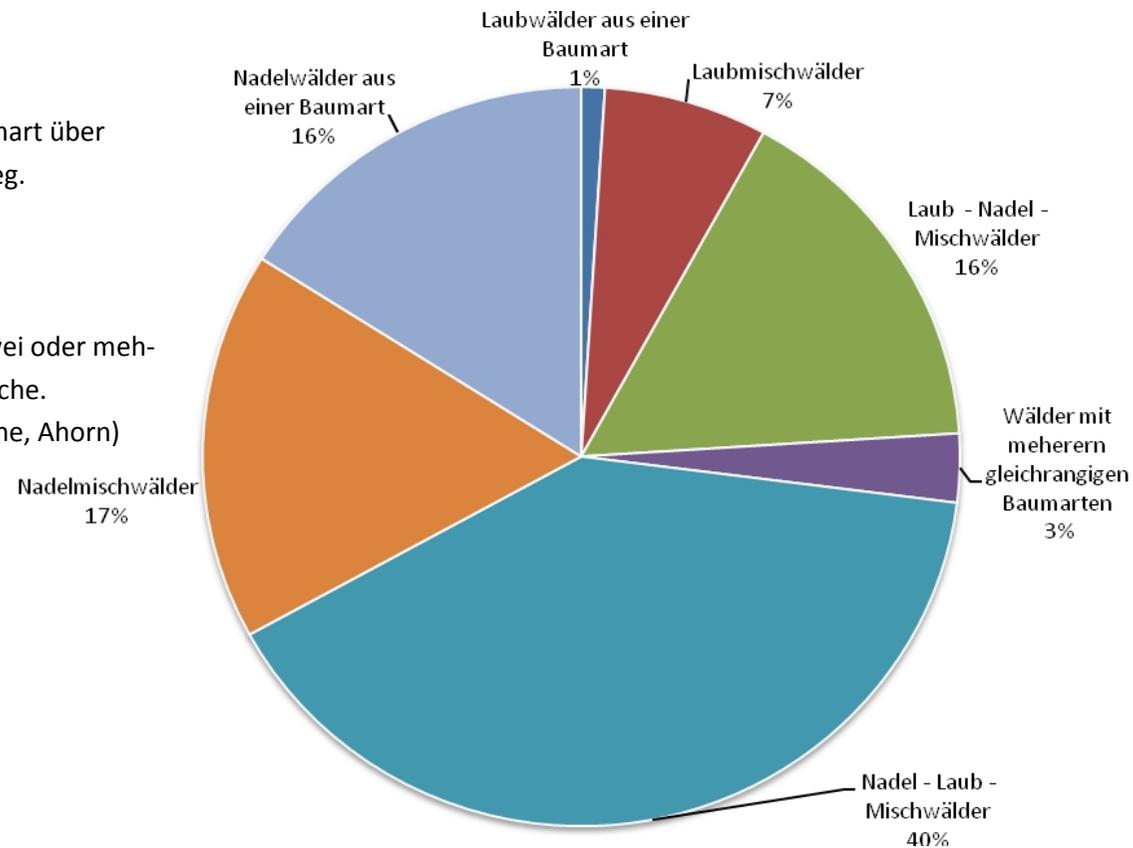
Deutschland 31 %

#### Monokultur

Der Anbau einer gleichen Baumart über einen längeren Zeitraum hinweg.  
(z.B. reine Fichtenmonokultur)

#### Mischkulturen

Der gleichzeitige Anbau von zwei oder mehreren Baumarten auf einer Fläche.  
(z.B. Mischbestand Fichte, Buche, Ahorn)



Nadelbäume:

Fichte, Kiefer, Lärche, Tanne, Douglasie

Laubbäume:

Buche, Eiche, Ahorn, Esche, Erle

#### Fazit:

Insgesamt dominieren in Bayern die Mischwälder. Allerdings besteht noch ca. ein Drittel der Waldfläche aus reinen Nadelwäldern. Im Rahmen des Waldumbaus wird es noch einige Zeit dauern, bis sich die heute noch nadelholzdominierten Bestände, welche sehr anfällig gegenüber Schädlingsbefall und Sturmereignissen sind, durch die konsequente Einbringung von Laubbäumen zu naturnahen Mischwäldern umwandeln.

### Informationstafel: Humusgehalt in Böden



**Abbildung 5:** Bodenproben mit unterschiedlichen Humusgehalten; Quelle: Wikipedia; Urheber: Dr. Eugen Lehle

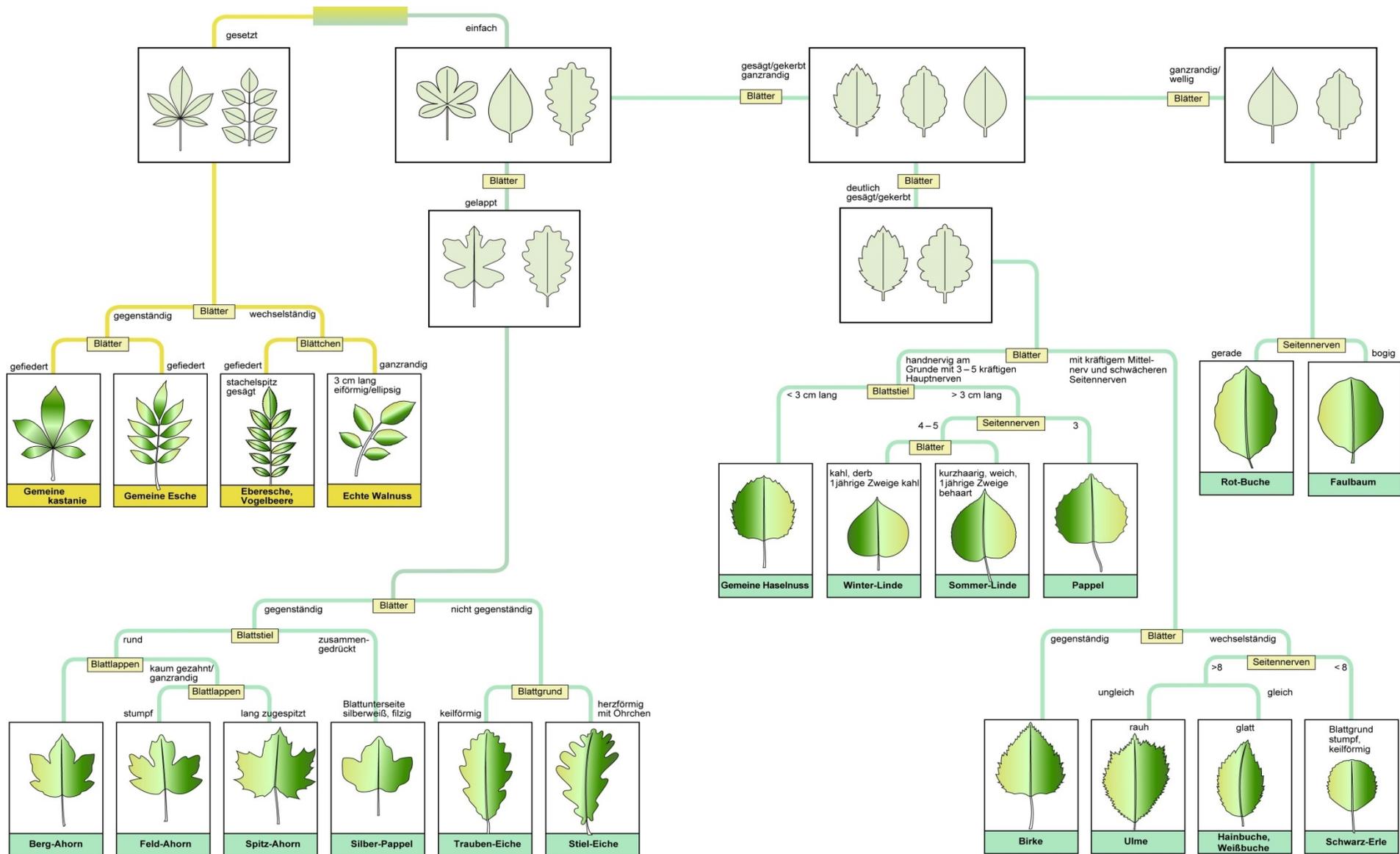


Abbildung 6: vereinfachter Bestimmungsschlüssel LWF verändert

## 7.3 Kontaktanzeigen

### Kontaktanzeige Baumschicht

(Bitte jede Schicht in einer anderen Farbe kopieren!)

Chiffre – Nr. Baumschicht/01/**Hängebirke**/Betula pendula

Ich, ein bis zu 30 m hoher Laubbaum, wurzle nur mäßig tief und bevorzuge Lichtstandorte. Du erkennst mich an meinen wechselständigen Blättern, die dreieckig-rautenförmig, vorne lang zugespitzt und doppelt gesägt sind. Meine Kätzchen verwandeln sich im Laufe des Jahres zu dickwalzigen Zäpfchen. Da ich so anspruchslos und standorttolerant bin, werde ich von anderen Baumarten oft auf feuchte oder trockene, nährstoffarme und saure Böden verdrängt. Meine Betulinkristalleinlagerungen, die mir im Alter eine weiße Farbe in die Rinde zaubern, dürfen dich jedoch nicht stören.

Chiffre – Nr. Baumschicht/02/**Hainbuche**/Carpinus betulus

Ich, ein bis zu 25 m hoher Halbschattenlaubbaum, trage wie die meisten Birkengewächse Kätzchen. Meine wechselständigen Blätter sind eiförmig elliptisch, vorne spitz und besitzen einen scharfen, doppelt gesägten Rand. Verwechsle mich jedoch nicht mit der Rotbuche (Chiffre – Nr. Baumschicht/03/Rotbuche/Fagus sylvatica); denn sie gehört zu den Buchengewächsen. Wenn du mir frische, feuchte, nährstoff- und basenreiche Böden, die tiefgründig und lehmig sind, bietest, fühle ich mich bei dir wohl.

Chiffre – Nr. Baumschicht/03/**Rotbuche**/Fagus sylvatica

Mich, einen bis zu 40 m hohen Laubbaum, findest du vor allem im Schatten. Suchst du jemanden mit eiförmigen bis elliptischen, vorne spitzen, wechselständigen Blättern mit einem schwach welligen, ganzrandig oder mitunter stumpf gezähnelten Rand und hohen Standortansprüchen, bist du bei mir an der richtigen Adresse. Erfüllst du mir meine Wünsche von nährstoff-, mineralreichen und kalkhaltigen Böden sowie einem sommerfeuchten Klima, bin ich wunschlos glücklich. Wenn du Dürre, Staunässe und Überflutung von mir fernhältst, wachse ich mit dir auch auf kalkarmen und sauren Böden. Aber Vorsicht, nasche nicht zu viel von meinen Früchten, den Bucheckern; denn sie sind schwach giftig und das könnte für dich gefährlich werden. Verwechsle mich jedoch nicht mit der Hainbuche (Chiffre – Nr. Baumschicht/02/ Hainbuche/Carpinus betulus); denn sie gehört zu den Birkengewächsen.

Chiffre - Nr. Baumschicht/04/**Stieleiche**/Quercus robur

Bis zu 40 m hoher lichtbedürftiger Laubbaum sucht dich. Du solltest mir entweder tiefgründige Lehmböden oder arme saure Böden bieten. Damit unsere Beziehung bis zu 800 Jahren anhält, biete ich dir im Gegenzug wellig gebuchtete, wechselständige Blätter und Kätzchen oder gestielte Eicheln, je nachdem zu welcher Jahreszeit wir beide uns begegnen.

Chiffre – Nr. Baumschicht/05/**Schwarzerle**/Alnus glutinosa

Ich bin ein bis zu 30 m hoher lichtbedürftiger Laubbaum mit runden, vorne eingebuchteten, doppelt gesägten, wechselständigen Blättern. Im Sommer kannst du meine Kätzchen bewundern, im Herbst und den ganzen Winter über meine gestielten, eiförmigen Zäpfchen. Allerdings solltest du mir dafür auch etwas bieten: Ich bin auf der Suche nach nassen, tiefgründigen Böden, die kalkarm, mäßig schwach sauer, nährstoff- und humusreich sind. Mein vorerst düsterer Eindruck trügt; denn ich bin etwas ganz Besonderes. Als fast einziges Holzgewächs wachse ich auch auf sauren, physiologisch nährstoffarmen Böden, da meine Freunde die Symbiosebakterien den Luftstickstoff für mich binden. Es gibt mich also nur im Doppelpack!

Chiffre – Nr. Baumschicht/06/**Gewöhnliche Esche**/Fraxinus excelsior

Halbschattenlaubbaum, bis zu 40 m hoch, mit tiefen Wurzeln, bevorzugt für sein optimales Wachstum frische, feuchte, tiefgründige und nährstoffreiche Böden. Zur Not gebe ich mich auch mit flachgründigen, trockenen Kalkstandorten zufrieden. Außerdem schätze ich die Luftfeuchtigkeit mehr als die Trockenheit. Du erkennst mich an meinen unpaarig gefiederten, gegenständigen Blättern und meinen schwarzen Knospen, aus denen im Frühjahr meine Blüten in Form hängender Rispen hervortreiben.

Chiffre – Nr. Baumschicht/07/**Gemeine Fichte**/Picea abies

Ich, ein bis zu 50 m großer, kerzengerader Nadelbaum, biete hängende Zapfen. Meine Nadeln sind 1 bis 2,5 cm lang, vierkantig, steif und spitz und sitzen auf einem stielartig verlängerten Nadelkissen. Als relativ anspruchslose Halbschattenbaumart bin ich auf der Suche nach frischen, feuchten und tiefgründigen Sand- oder Lehmböden.

Chiffre – Nr. Baumschicht/08/**Waldkiefer**/Pinus sylvestris

Ich bin ein bis zu 40 m hoher Nadelbaum mit 3 bis 7 cm langen, steifen, zugespitzten Nadeln, die paarweise an meinen Kurztrieben stehen. Zusätzlich besitze ich eiförmige Zapfen. Als Licht- beziehungsweise Halbschattenbaumart akzeptiere ich auch trockene Böden; denn mit meiner Pfahlwurzel gelange ich selbst in Dürrezeiten an Grundwasser. Du solltest mir einen lockeren Sandboden bieten, der auch nährstoff- und basenarm sein kann. Selbst kalkige Böden stellen für mich kein Problem dar.

Chiffre – Nr. Baumschicht/09/**Europäische Lärche**/Larix decidua

Ich, ein bis zu 50 m hoher Nadelbaum mit tiefen Wurzeln, biete an meinen Kurztrieben büschelig stehende 1,5 bis 3 cm lange, flache und weiche Nadeln. Meine eiförmigen Zapfen stehen aufrecht. Im Sommer gedeihe ich am besten bei Wärme und Lufttrockenheit, da ich eine Lichtbaumart bin. Bietest du mir Kalk- oder Urgestein zum Wachsen, stelle ich geringe Nährstoffansprüche.

Chiffre – Nr. Baumschicht/10/**Weißtanne**/Abies alba

Als ein bis zu 50 m hoher Nadelbaum biete ich 1,5 bis 3,5 cm lange, flache, vorne abgerundete Nadeln und aufrecht stehende Zapfen. Ich bin eine Schattenbaumart und stelle hohe Standortansprüche. Fehlen mir humose, nährstoffreiche Böden und feuchtes Klima, werde ich schnell krank.

## Kontaktanzeige Strauchschicht

(Bitte jede Schicht in einer anderen Farbe kopieren!)

Chiffre – Nr. Strauchschicht/01/**Eberesche/Vogelbeere**/Sorbus aucuparia

Mit einer Größe von 15 bis 20 m bin ich meistens in der Strauch-, jedoch manchmal auch in der Baumschicht anzutreffen. Du erkennst mich an meinen wechselständigen, unpaarigen Fiederblättern, die am Rand scharf und grob gesägt sind. Bewundernswert sind meine weißen, schirmförmigen Doldenrispen. Meinen anfangs gelben, später roten Früchten, den „Vogelbeeren“, die bis weit in den Winter hinein an mir hängen bleiben, verdanke ich meinen Spitznamen. Ich bin auf der Suche nach frischen, humosen Böden im Licht bis Halbschatten. Da ich anspruchslos bin, wachse ich zur Not auch auf mäßig trockenen, nährstoffarmen und sauren Böden.

Chiffre – Nr. Strauchschicht/02/**Gemeiner Efeu**/Hedera helix

Ich bin ein bis zu 15 m hoher Kletterstrauch mit Haftwurzeln, der vor allem an Buchen, Eichen oder Felsen zu finden ist. Trotzdem bin ich noch lange kein Schmarotzer, ich konkurriere lediglich mit meinen Stützbäumen um Licht. Du erkennst mich an meinen immergrünen ledrigen Blättern, die am Boden und im Schatten 3 bis 5 lappig, im oberen Teil der Sprosse ganzrandig sind. Das besondere an mir ist, dass ich im Herbst stark duftende gelbe Blüten trage, welche im Frühjahr zu erbsengroßen, schwarzblauen Beeren werden. Hältst du dich auch gerne auf halbschattig bis schattig gelegenen frischen, feuchten Böden auf, dann melde dich bei mir.

Chiffre – Nr. Strauchschicht/03/**Roter Hartriegel**/Cornus sanguinea

Im Gegensatz zur Kornelkirsche (Chiffre – Nr. Strauchschicht/06/**Kornelkirsche**/ Cornus mas) bin ich nur 2 bis 4 m groß. Ich besitze weiße Blüten in Form von Doldenrispen und rot gestielte, kugelige, erbsengroße und blauschwarze Früchte. Für mein optimales Wachstum bevorzuge ich sonnige Standorte und mäßig trockene bis frische, meist kalkreiche, neutrale Lehmböden.

Chiffre – Nr. Strauchschicht/04/**Gemeine Haselnuss**/Corylus avellana

2 bis 5 m hoher Strauch, mit drüsig behaarten Zweigen, liebt den Halbschatten! Meine wechselständig stehenden Blätter sind rundlich mit aufgesetzter Spitze und besitzen einen doppelt gesägten bis schwach gelappten Rand. Ich bin auf der Suche nach tiefgründigen, frischen, nährstoffreichen und lehmigen Böden, damit ich flach wurzeln kann. Im Gegenzug biete ich dir Hängekätzchen, aus denen im Herbst braune hartschalige Nüsse hervorgehen.

Chiffre – Nr. Strauchschicht/05/**Schwarzer Holunder**/Sambucus nigra

Ich bin ein 3 bis 6 m hoher Strauch, an dem du dich im Mai/Juni der weißen Blüten erfreuen kannst. Später zeige ich dir meine schwarzen Beeren, von denen du gerne naschen darfst. Meine gegenständigen Blätter sind spitz, elliptisch und unpaarig gefiedert. Besonders gerne wachse und gedeihe ich auf humos- und nährstoffreichen Böden. Dabei ist mir ausreichend Licht ebenso wichtig wie Stickstoff. Fühlst du dich angesprochen, dann besuche mich doch in der Strauchschicht.

Chiffre – Nr. Strauchschicht/06/**Kornellkirsche**/Cornus mas

Suche für gemeinsame Zukunft warme, trockene, lichte Wälder mit nährstoff- und kalkreichen Böden. Dich erwartet ein 2 bis max. 8m hoher Strauch, dessen Blütendolden bereits mehrere Wochen vor den gegenständigen Blättern erscheinen. Letztere sind ganzrandig und eiförmig mit ausgezogener Spitze. Im August/September biete ich dir hängende, kirschrote Steinfrüchte. Verwechsle mich jedoch nicht mit meinem nahen Verwandten, dem roten Hartriegel (Chiffre – Nr. Strauchschicht/03/Roter Hartriegel/Cornus sanguinea).

Chiffre – Nr. Strauchschicht/07/**Gemeiner Liguster**/Ligustrum vulgare

Langsam eilt es! Wegen zunehmender Vereinsamung suche ich, ein 1 bis 5 m hoher Strauch mit kreuzgegenständigen und lanzettlichen Blättern, dich! Verschaffst du mir einen besonnten Standort mit frischem bis feuchtem, neutral bis basischem und nährstoffarmen Boden, darfst du dich zunächst auf meine weißen Blüten freuen. Im Herbst biete ich dir anfangs grüne und später schwarz glänzende Beeren. Aber Achtung, Vergiftungsgefahr!

Chiffre – Nr. Strauchschicht/08/**Pfaffenhütchen**/Euonymus europaea

Ich bin ein 2 bis 5 m hoher Strauch mit elliptischen, am Rand gesägten Blättern. Meine rosa bis scharlachroten Kapseln öffnen sich im Herbst und geben an Fäden hängende, giftige Samen frei. Du solltest mir halbschattig bis besonnte Standorte und frische, neutral bis basische und mäßig nährstoffreiche Böden bieten.

Chiffre – Nr. Strauchschicht/09/**Schlehe**/Prunus spinosa

Ich, ein 2 bis 3 m hoher Strauch, suche besonnten, mäßig warmen Standort mit mäßig trockenen bis frischen, neutralen Böden. Wenn du dich angesprochen fühlst, dann halte in der Strauchschicht Ausschau nach einer weißen Blütenpracht, die mich bereits vor meinem Laubaustrieb überzieht. Im Herbst erkennst du mich an meinen fast kirschgroßen, kugeligen, aufrecht stehenden, blau bereiften Steinfrüchten. Aber Vorsicht, halte dich fern von meinen spitzen Sprossdornen.

Chiffre – Nr. Strauchschicht/10/**Weißer Waldrebe**/Clematis vitalba

Ich bin ein bis zu 8 m hoher Schlingstrauch, der jedoch auch bis in die Wipfel junger Bäume vordringen kann. Trotz unscheinbarer Blüten zeige ich dir im Herbst meinen „Teufelszwirn“ - weiß-wollige Fruchtstände mit geschwänzten Früchten. Bietest du mir einen besonnten Standort und frischen, neutralen und nährstoffreichen Kalkboden, klettere ich auch an dir hoch hinaus!

Chiffre – Nr. Strauchschicht/11/**Eingriffeliger Weißdorn**/Crataegus monogyna

Mit einer Größe von bis zu 10 m bin ich meistens noch in der Strauchschicht, jedoch manchmal auch in der Baumschicht anzutreffen. Bist du auf der Suche nach wechselständigen, ei- oder rautenförmigen, tief gebuchteten Blättern mit 3 bis 7 spitzen Lappen, weißen, aufrechten Doldenrispen und glänzend roten, kugeligen, etwa 1 cm großen Apfelfrüchten, einer tief wurzelnden Licht- und Halbschattenpflanze, deren Kurztriebe oft zu Dornen umgebildet sind? Stellst du mir mäßig trockene bis frische, meist kalkhaltige und neutrale bis basische Ton- oder Lehmböden zur Verfügung? Kannst du wie ich auch auf nährstoffarmen bis mäßig nährstoffreichen Böden wachsen, dann melde dich bei mir.

## Kontaktanzeige Krautschicht

(Bitte jede Schicht in einer anderen Farbe kopieren!)

Chiffre – Nr. Krautschicht/01/**Große Brennnessel**/Urtica dioica

30 bis 150 cm große, krautige Pflanze sucht auf diesem Weg frische bis feuchte, nährstoff- bis sehr nährstoffreiche, neutrale Böden zum Wachsen und Gedeihen. Du erkennst mich an meinen grünlichen, aus den Blattachsen hängenden Blütenrispen und meinen länglichen bis eiförmigen Blättern. Aber Vorsicht, sie sind mit Brennhaaren zum Schutz gegen Tierfraß besetzt.

Chiffre – Nr. Krautschicht/02/**Buschwindröschen**/Anemone nemorosa

5 bis 20 cm großer Frühblüher ist auf der Suche nach frischen, mullreichen und mineralstoffreichen Böden. Mich findest du nie alleine, sondern stets in Form eines dichten Blütenteppichs aus reinweißen bis intensiv rötlich-violett überlaufenen Blütenblättern. Ich besitze keine grundständigen Blätter, aber unter meiner Blüte einen Wirtel mit drei langgestielten, laubblattähnlichen Hochblättern.

Chiffre – Nr. Krautschicht/03/**Farne**

Wir, die Farnpflanzen, sind in der Krautschicht auf frischen und feuchten Standorten zuhause. Zu uns gehören die Familien der Bärlappgewächse (Lycopodiaceae), Schachtelhalmgewächse (Equisetaceae) und der Tüpfelfarngewächse (Polypodiaceae). Da wir uns sehr voneinander unterscheiden, möchten wir uns kurz einzeln bei euch vorstellen.

### Bärlappgewächse

Wir sind krautige, immergrüne Pflanzen mit kriechenden Sprossen. Du erkennst uns an unseren gabeligen Verzweigungen, wobei stets ein Seitentrieb den anderen übergipfelt. Unsere nadelförmigen Blätter stehen dicht und unregelmäßig an den Sprossachsen.

### Schachtelhalmgewächse

Wir sind leicht an unseren Sprossen zu erkennen, die in Knoten und dazwischen liegende Abschnitte gegliedert sind. An jedem Knoten entspringen wirtelig unscheinbare Blätter, manchmal auch Seitensprosse. Unsere Sprossachse kannst du beliebig oft aus der von den Blättern gebildeten Scheide herausziehen und wieder zurücksetzen.

### Tüpfelfarngewächse

Unsere Blätter sind meist fiedrige Wedel, die auf ihrer Unterseite Sporenkapseln mit Sporen tragen. Oft sind diese von einem dünnen Häutchen bedeckt.

Chiffre – Nr. Krautschicht/04/**Giersch**/*Aegopodium podagraria*

Eine bis zu 30 bis 80 cm große krautige Pflanze fühlt sich mit ihrem kahlen, hohlen Stängel, ihren dreizähligen Laubblättern und weißen Blüten sehr einsam. Erfüllst du die Voraussetzungen von einem frischen bis feuchten, neutralen, stickstoff- und nährstoffreichen Boden im Halbschatten, würde einer gemeinsamen Zukunft nichts mehr im Wege stehen.

Chiffre – Nr. Krautschicht/05/**Süßgras\_Drahtschmiele**/*Avenella flexuosa*

Bist du wie ich, ein 30 bis 50 cm hohes Süßgras, ebenfalls auf der Suche nach stark sauren bis sauren, nährstoff- und kalkarmen Böden? Hast du auch das Bedürfnis nach halbschattig bis besonnten Standorten? Dann halte Ausschau nach aufrecht wachsenden oder von Grund an gebogenen, glatten, sehr festen und dünnen Holmen mit ein bis drei Knoten. Meine sehr lockeren und offenen Rispen sind durch Ährchen mit überragender Granne gekennzeichnet.

Chiffre – Nr. Krautschicht/06/**Sauergras\_Waldsegge**/*Carex sylvatica*

Gesucht – gefunden!

Mit dir möchte ich auf dichten, frischen, mäßig sauren bis neutralen und mäßig nährstoffreichen Böden im Schatten wachsen. Ich bin ein bis zu 50 cm großes Sauergras mit einem dreikantigem Stiel. Meine lockeren Horste bestehen aus schlaffen, hellgrünen Blättern, aus denen sich relativ schlaffe Holme nur schräg aufstehend erheben. An der Spitze findest du dünne Ährchen.

Chiffre – Nr. Krautschicht/07/**Heidelbeere**/*Vaccinium myrtillus*

Mit einer Größe von 10 bis 50 cm bin ich in der Krautschicht zuhause. Du erkennst mich an meinen hellgrünen, fein gezähnelten, krautigen Blättern und meinen einzelnen krugförmig hängenden Blüten. Bietest du mir saure, nährstoffarme Böden im Halbschatten, auf denen ich mich bodenbedeckend ausbreiten darf, dann bist du genau der Richtige für mich.

Chiffre – Nr. Krautschicht/08/**Huflattich**/*Tussilago farfara*

Frühblüher, 10 bis 30 cm groß mit gelben Zungen- und Röhrenblüten, sucht Partner mit Vorliebe für Lehm- und Staunässe. Besitzt du wie ich Blätter, die erst nach der Blüte rundlich bis herzförmig und unterseits grau-filzig behaart sind, dann melde dich bei mir.

Chiffre – Nr. Krautschicht/09/**Leberblümchen**/Hepatica nobilis

Ich bin ein Frühblüher in der Krautschicht, nur wo bist du? Mit einer Größe von 10 bis 20 cm kann ich dir neben meinen wintergrünen, ganzrandigen, dreilappigen Blättern, die in einer grundständigen Rosette angeordnet sind, auch blau bis blauviolette Blüten bieten. Wächst und gedeihst auch du auf mullreichen, feuchten, kalk- und recht nährstoffhaltigen Böden, dann teilen wir die gleichen Vorlieben.

Chiffre – Nr. Baumschicht/10/**Weißtanne**/Abies alba

Als ein bis zu 50 m hoher Nadelbaum biete ich 1,5 bis 3,5 cm lange, flache, vorne abgerundete Nadeln und aufrecht stehende Zapfen. Ich bin eine Schattenbaumart und stelle hohe Standortansprüche. Fehlen mir humose, nährstoffreiche Böden und feuchtes Klima, werde ich schnell krank.

Chiffre – Nr. Krautschicht/11/**Echtes Springkraut**/Impatiens noli-tangere

Ich bin 30 bis 80 cm groß und auf sehr feuchten Böden im Schatten zuhause. Meine großen, goldgelben, reizvoll rot gepunkteten Blüten hängen in armlütigen Trauben, jeweils von einem Hochblatt regenschirmartig geschützt, an mir herab. Ich verbreite mich, indem meine Samen durch Aufspringen meiner Früchte herausgeschleudert werden. Wenn du mich näher kennen lernen willst, freue ich mich über deinen Besuch in der Krautschicht.

Chiffre – Nr. Krautschicht/12/**Gefleckte Taubnessel**/Lamium maculatum

Mit meinen 20 bis 60 cm bin ich in der Krautschicht zuhause. Ich besitze eine karminrote Blüte, die in eine Oberlippe und eine hellere rot gefleckte Unterlippe geteilt ist. An meinem vierkantigen Stängel wachsen kreuzgegenständige Blätter. Ich möchte nicht mehr länger auf frische bis feuchte, neutrale, nährstoff- bis sehr nährstoffreiche Böden im Halbschatten verzichten. Melde dich deshalb so schnell wie möglich bei mir.

Chiffre – Nr. Krautschicht/13/**Waldsauerklee**/Oxalis acetosella

Extreme Schattenpflanze, 5 bis 15 cm groß, sucht sie für Neuanfang auf mäßig feuchten, sauren, mineralstoff- und humusreichen, lehmhaltigen Böden. Bist du auf der Suche nach kleeähnlichen, dreifingrigen Blättern, die aufgrund ihres Oxalsäuregehaltes einen sauren Geschmack besitzen, und dekorativen rötlichen Adern auf weißen Blütenblättern, dann wage den Schritt in unsere gemeinsame Zukunft.

## **Kontaktanzeige Moosschicht**

(Bitte jede Schicht in einer anderen Farbe kopieren!)

### Chiffre – Nr. Moosschicht/01/**Flechten**

Wir sind Doppelwesen, die in Symbiose miteinander leben. Wir, das sind der Pilz und die Blau- oder Grünalge. Unsere krustenartigen Gebilde wachsen auf Steinen und Bäumen. Dabei bevorzugen wir kühle und nährstoffarme Standorte mit hoher Luftfeuchtigkeit. Zusammen sind wir stark und können Extremstandorte besiedeln, die für jeden einzelnen von uns zu lebensfeindlich wären. Zur Not können wir aber auch getrennt voneinander leben. Hast du Lust, die Krusten-, Blatt-, Bart- und Strauchflechten kennen zu lernen, dann melde dich bei uns.

### Chiffre – Nr. Moosschicht/02/**Moose**

Wir sind zwar nur 5 bis 15 cm groß, dafür aber sehr vielfältig. Du kannst uns als Laubmoose (Musci), in Stängel und Blätter gegliedert, oder als flächig-lappig geformte Lebermoose (Hepaticae) antreffen. Normalerweise sind wir dort zuhause, wo andere Pflanzen sich aufgrund von Lichtmangel nicht mehr wohlfühlen. Wir bevorzugen feuchte, saure Waldböden im tiefsten Schatten und sichern uns somit unseren eigenen konkurrenzarmen Lebensraum. Worauf wartest du noch, lerne uns, Torfmoos, Sternmoos, Filzmoos und viele andere doch einfach kennen.

## 8 Lernziele der einzelnen Exkursionspunkten

Dieses Kapitel zeigt Ihnen die einzelnen Lernziele bei den einzelnen Exkursionspunkten.

### 8.1 Lufttemperatur und Lichtintensität

**Inhalt:**

Messung der Lufttemperatur und Lichtintensität an den Standorten freies Feld, Waldrand und Waldinneres (innerhalb der einzelnen Stockwerke)

**Hinweise zur Durchführung:**

- Um einen Vergleich der Messwerte zu gewährleisten ist es sinnvoll, alle Messungen für das freie Feld, den Waldrand und das Waldinnere jeweils immer an der gleichen Stelle durchzuführen. Es empfiehlt sich die Stellen zu markieren.
- Es ist wichtig, dass die Schüler die Reihenfolge der Versuchsbearbeitungen während der Exkursion einhalten, damit bei diesem Versuch Temperaturwerte im Tagesverlauf gemessen werden können.
- Falls ein elektrisches Thermometer vorhanden ist, eignet sich dieses optimal zur Messung der einzelnen Temperaturen.
- Bei Aufgabe 2.3 müssen teils Hilfestellungen gegeben werden.

**Lerntätigkeit:**

Die SchülerInnen sollen mit einem Thermometer/Luxmeter die Temperatur/Lichtintensität messen können.

**Lernziele:**

Die SchülerInnen sollen

- die von ihnen ermittelten Daten zur Temperatur in einem Diagramm darstellen und anschließend selbstständig auswerten können.
- die Temperaturen/Lichtintensitäten innerhalb der verschiedenen Stockwerke des Waldes bezüglich Gemeinsamkeiten und Unterschiede vergleichen können.
- die ermittelten Lichtintensitäten für die Standorte freies Feld, Waldrand und Waldinneres auswerten und Anpasstheiten der Pflanzen an den Umweltfaktor Licht beschreiben können.

## 8.2 Waldboden ist nicht gleich Waldboden

### Versuch 1:

#### **Inhalt:**

Entdecken der Funktion des Waldbodens (mit Moosen, Laubstreu, Bodenpflanzen...) als Wasserspeicher

#### **Hinweise zur Durchführung:**

- Das entnommene oberflächliche Waldbodensegment muss zunächst größtenteils von der Streuauflage befreit werden, da sonst der gegenteilige Effekt zu beobachten ist. Mindestens  $\frac{3}{4}$  des Siebes muss mit „Waldboden“ gefüllt sein.
- Alternativer Versuchsaufbau:
  - 2 L Wasser
  - 2 Einweckgläser anstelle der Messbecher
  - 2 Blumentöpfe anstelle der Siebe
  - 2 Messbecher
  - Achtung: evtl. Überdruck, Blumentopf mehrmals anheben oder kleine Hölzchen zwischen den Blumentopf und das Auffanggefäß stecken

#### **Lernziele:**

Die SchülerInnen sollen

- eine Hypothese aufstellen und überprüfen können.
- mit Hilfe ihrer Beobachtungen dem Wald die Funktion als Wasserspeicher zuordnen können.

### Versuch 2:

#### **Inhalt:**

Am Beispiel der Sickergeschwindigkeit wird die Auswirkung der Bodenverdichtung anschaulich.

#### **Hinweise zur Durchführung:**

- Da die Konservendosen beim Hineinklopfen in den Boden leicht kaputtgehen, sollten genügend zur Reserve bereitgehalten werden oder man greift auf stabilere Metallzylinder zurück.
- Es empfiehlt sich den SchülerInnen eine Rückegasse zu zeigen oder sie zu markieren.

#### **Lernziele:**

Die SchülerInnen sollen

- den Unterschied zwischen verdichtetem und unverdichtetem Waldboden beschreiben können.
- mögliche Konsequenzen der Bodenverdichtung für die Lebensbedingungen der bodenlebenden Tiere und Pflanzen auf diesem Areal erläutern können.

### 8.3 Bodenuntersuchung

#### Inhalt:

- Bodenleiter: Plastisches „Begreifen“ des Aufbaus des Wald- und Freilandbodens
- Durchführung typischer Bodenuntersuchungen (Bodenart, Feuchtegrad, Humusgehalt, pH-Wert, Kalkgehalt) zum Wald- und Freilandboden

#### Hinweise zur Durchführung:

- Die Bodenleiter kann auch in einem kleineren Maßstab angefertigt werden.
- Es wäre empfehlenswert, den Schülern vor Exkursionsbeginn den Aufbau des Waldbodens zu erklären, damit es ihnen später bei der Anfertigung der Bodenleiter leichter fällt, die verschiedenen Schichten selbstständig zu erkennen. Geeignet wäre hierfür z.B. ein Bodenloch, das durch einen umgefallenen, entwurzelten Baum entstanden ist.
- Je nach Möglichkeit können die Messungen zum pH-Wert des Waldbodens sowohl in einem Nadel- als auch in einem Laubwald durchgeführt werden. Gründe für die unterschiedlichen pH-Werte können später im Unterricht gemeinsam erarbeitet werden.
- Beispiel für eine entsprechende Messung der pH-Werte in einem Nadel- und Laubwald:

Bodenprobe	pH-Wert (Nadelwald)	pH-Wert (Laubwald)
Fach I	4,81	5,66
Fach II	5,21	6,00
Fach III	5,62	6,42
Fach IV	7,53	-

#### Lerntätigkeit:

Die SchülerInnen sollen die einzelnen Schichten des Waldbodens/Freilandbodens auf Bodenart, Feuchtegrad, Humusgehalt, pH-Wert und Kalkgehalt untersuchen können.

#### Lernziele:

Die SchülerInnen sollen

- die einzelnen Schichten des Waldbodens/Freilandbodens nennen können.
- Vermutungen über die unterschiedlichen pH-Werte der einzelnen Bodenproben aufstellen können.
- die einzelnen Schichten des Waldbodens/Freilandbodens bezüglich Bodenart, Feuchtegrad, Humusgehalt, pH-Wert und Kalkgehalt beschreiben können.
- mit Hilfe eines Diagramms den Zusammenhang zwischen pH-Wert und Kalkgehalt des Bodens erklären können.

- unter Einbezug der Ergebnisse ihrer Bodenanalysen die Voraussetzungen, die der Waldboden für die Ansprüche hier wachsender Pflanzen im Gegensatz zum Freilandboden bietet, erklären können.
- alle wichtigen Funktionen des Waldbodens sowie die Rolle des pH-Wertes des Bodens im Ökosystem Wald, die im „Bodenbericht“ genannt werden, stichpunktartig zusammenfassen können.

## 8.4 Vegetationsaufnahme

### Inhalt:

Vegetationskartierung im Wald

### Hinweise zur Durchführung:

- Die Fläche zur Vegetationsaufnahme sollte so gewählt werden, dass möglichst viele verschiedene Pflanzen dort vorzufinden sind. Allerdings sollte der Bewuchs nicht zu dicht sein, um den Rahmen der Aufgabe nicht zu sprengen.
- Es ist möglich, verschiedene Flächen für die Vegetationsaufnahme auszuwählen, um später Vergleiche anstellen zu können (z.B. Laub-Mischwald-Fläche, Fläche mit reinem Fichtenbestand).

### Lerntätigkeiten:

Die SchülerInnen sollen

- eine Vegetationsaufnahme / ein Bedeckungsdiagramm anfertigen können.
- mit Hilfe des Bestimmungsbuches die Namen der auf der Probefläche wachsenden Pflanzenarten ermitteln können.
- die gefundenen Pflanzenarten den einzelnen Stockwerken des Waldes zuordnen können.
- den Bedeckungsgrad des Waldbodens durch die Pflanzen bestimmen können.
- mit Hilfe der Vegetationsaufnahme den Waldtyp bestimmen können.

### Lernziele:

Die SchülerInnen sollen

- einen Einblick in die pflanzliche Artenvielfalt des Ökosystems Wald erhalten.
- die verschiedenen Waldtypen unterscheiden können.

## 8.5 Tiere im Waldboden

### Inhalt:

Entdecken der Bodenlebewelt mit Hilfe des Berlesetrichters und anschließender Bestimmung der Bodentiere anhand von Bestimmungsschlüsseln.

### Hinweise zur Durchführung:

- Viele der Bodenlebewesen findet man unter Steinen oder an/in Baumstümpfen.
- Die Suche von Bodenlebewesen mit Hilfe des Berlesetrichters lässt sich nicht im Wald durchführen, da hierzu eine starke Lampe notwendig ist. Es ist allerdings möglich, dass die Expertengruppe etwas Bodenprobe aus dem Wald mit in die Schule nimmt und dort mit Hilfe des Berlesetrichters nach Bodenlebewesen sucht und diese anschließend der Klasse vorstellt.

### Lerntätigkeiten:

Die SchülerInnen sollen

- die Funktionsweise eines Berlesetrichters erproben und erläutern können.
- Lebewesen des Waldbodens anhand von Bestimmungshilfen ermitteln können.
- von einem Bodentier ihrer Wahl eine Zeichnung anfertigen können.

### Lernziele:

Die SchülerInnen sollen

- die Artenvielfalt der Tiere im Waldboden kennen lernen.
- die Funktionen der Bodenlebewesen nennen können.

## 8.6 Tieren auf der Spur

### Inhalt:

Suche von Tierspuren im Wald

### Hinweise zur Durchführung:

Je nach Bedarf können den Schülern Hilfestellungen gegeben werden. Vor allem Fraß- und Borkenkäferspuren sind oft zu finden.

### Lerntätigkeit:

Die SchülerInnen sollen verschiedene Tierspuren im Wald suchen.

### Lernziele:

Die SchülerInnen sollen

- die gefundenen Tierspuren den passenden Tieren des Waldes zuordnen können.
- begründen können, inwiefern das Vorkommen einer von ihnen entdeckten Tierart durch abiotische Umweltfaktoren begünstigt wird.
- eine von ihnen ausgewählte Tierart in ein Nahrungsnetz einbetten können.
- in Bezug auf ihre ausgewählte Tierart eine mögliche Räuber-Beute-Beziehung aufstellen können.

- aufgrund der Anzahl der gefundenen Tierspuren Rückschlüsse auf die Artenvielfalt dieses Waldes ziehen können.

## 8.7 Sukzession

### Inhalt:

Selbstständige Herleitung des Begriffs Sukzession anhand drei vorgegebener Flächen, die die Initial-, Folge- und Klimaxphase darstellen.

### Hinweise zur Durchführung:

- Bei der Auswahl und Kennzeichnung der drei Flächen ist darauf zu achten, die verschiedenen Phasen der Sukzession darzustellen.
  1. Fläche: Freifläche mit einjährige, lichtliebende Pflanzen, Gräser, Kräuter...
  2. Fläche: niederwüchsige, lichtliebende Sträucher, Jungbäume, Verjüngung
  3. Fläche: größere lichtliebende Baumarten; Wald
- Es empfiehlt sich den Schülern beratend zur Seite zu stehen.

### Lernziele:

- Die SchülerInnen sollen
- vorgegebene Flächen beschreiben und bezüglich ihres Bewuchses miteinander vergleichen können.
- den Begriff Sukzession definieren können.
- ein Diagramm, welches die Phasen der Sukzession im Wald zeigt, beschreiben und einen Zusammenhang zu den Ergebnissen ihrer Exkursion herstellen können.

## 8.8 Ressource Wald – Nachhaltigkeit

### Inhalt:

Auseinandersetzung mit nachhaltiger Ressourcennutzung und einen Bezug zur eigenen Lebenswelt herstellen. Wo kann der Teilnehmer mehr nachhaltige Ressourcen nutzen.

### Hinweise zur Durchführung:

- Lassen Sie die SchülerInnen eigenständig auf ein Ergebnis kommen welches Ihnen zusagt.
- Nicht passieren sollte allerdings das der heimische Rohstoff geschützt werden soll und man stattdessen andere Gegenden der Welt ausbeutet. Z.B. Holz aus Tropenwälder abholt statt heimisches Holz kauft.

### Lernziele:

Die SchülerInnen sollen

- Erkennen das Ihr Handeln regionale und globale Auswirkungen auf Ökosysteme haben
- Sich mit der Problematik des CO<sub>2</sub> Ausstoßes und des Klimawandels befassen.

## 9 Lehrplanbezug der Versuche

(in Klammern: Bezug zu Versuch z.B. V1)

### 9.1 Biologie 10 Jahrgangsstufe Allgemein

[...] Bei der Beschäftigung mit Wechselwirkungen zwischen Lebewesen und Umwelt lernen die Schüler an konkreten Beispielen ökologische Grundbegriffe und Konzepte kennen und erfassen Grundprinzipien in der Vielfalt der sie umgebenden Lebensgemeinschaften. Sie gewinnen über die Betrachtung des Einzelorganismus eine Vorstellung von der Ökologie als dem wissenschaftlichen Teilbereich der Biologie, in den Erkenntnisse vieler Forschungsrichtungen einfließen und in dem eine systemisch-modellhafte Betrachtung der Natur im Vordergrund steht. Gleichzeitig entwickeln die Schüler Verständnis für Maßnahmen des Natur- und Umweltschutzes und lernen, ökologische und ökonomisch-gesellschaftliche Interessen sachgerecht abzuwägen.

**In der Jahrgangsstufe 10 erwerben die Schüler folgendes Grundwissen:**

- [...] Sie haben einen Einblick in die vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen Organismen und ihrer Umwelt.
- Sie können Beziehungen zwischen Lebewesen systematisch ordnen und kennen das Konzept der ökologischen Nische.
- Sie können Stoffkreisläufe und den Energiefluss in einem Ökosystem darstellen.
- Sie kennen die Bedeutung umweltgerechten Verhaltens im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung.

### 9.2 Biologie 10.3 Grundlegende Wechselbeziehungen zwischen Lebewesen (ca. 29 Std.)

Die Schüler begreifen Ökosysteme als Beziehungsgefüge von Biotop und Biozönose (V 5, 6), deren Zusammensetzung als Ergebnis evolutionärer Prozesse, aber auch menschlicher Eingriffe zu verstehen ist (V 7,8). Ihnen wird deutlich, dass alle Organismen von abiotischen und biotischen Faktoren beeinflusst werden (V 1, 3, 4, 5, 6,) und in einen durch die Energie des Sonnenlichts angetriebenen Stoffkreislauf eingebunden sind. Die Jugendlichen sollen die mit menschlichen Eingriffen verbundenen Probleme und Gefahren für Ökosysteme erkennen und die Bereitschaft entwickeln, durch bewusstes Handeln zur nachhaltigen Nutzung und Erhaltung der Natur beizutragen. (V 2, 7, 8)

Versuche und Freilandbeobachtungen erleichtern es den Schülern, theoretisch erarbeitete Kenntnisse und Modellvorstellungen auf ein typisches Ökosystem ihrer Heimat anzuwenden. (V 1-8)

#### **Die Umwelt eines Lebewesens**

- abiotische Umweltfaktoren, z. B. Temperatur, Licht (V1), Wasser, Boden (V2, 3, 5)
- ökologische Potenz, limitierende Faktoren (V1)

**Beziehungen zwischen Lebewesen**

- Fressfeind-Beute-Beziehung, z. B. auch Insekten fressende Pflanzen
- Symbiose: Formen und Anpassungen, z. B. Blütenpflanzen und Blütenbestäuber, Korallen, Mykorrhiza, Flechten
- Parasitismus: Formen und Anpassungen, z. B. Zecke, Bandwurm, parasitische Pilze und Pflanzen
- Saprophytismus: Bakterien und Pilze
- Konkurrenz und Konkurrenzvermeidung: Konzept der ökologischen Nische (V 1, 2)

**Aufbau und Merkmale eines Ökosystems der gemäßigten Breiten an einem konkreten Beispiel (V 4, 5, 6, 7)**

- Kennzeichen des ausgewählten Biotops (V 2, 3, 4, 6)
- Biozönose: Auswahl typischer Lebewesen (V 6); Ordnen nach systematischen Gesichtspunkten (V 4, 5)
- Stoffkreislauf: Produzenten, Konsumenten, Destruenten
- Energiefluss: Photosynthese und Atmung
- dynamische Prozesse in Ökosystemen: Räuber-Beute-Zyklus (V 6), Sukzession (7)

**Bedeutung und Gefährdung von Ökosystemen (V 2)**

- ökologische und wirtschaftliche Bedeutung (V 2, 8) [→ WR 10.3, WSG-W 10.3 Nachhaltigkeit]
- Gefährdung durch direkte und indirekte Eingriffe des Menschen (V 2, 8)
- Nachhaltige Nutzung, Umwelt- und Naturschutz: z. B. Artenschutz, nachhaltige Bewirtschaftung (V 2, 8), Renaturierungsmaßnahmen [→ Geo 10.5 Umweltschutz]

Quelle: (<http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26227>; 02.10.2014)

**9.3 Basiskonzepte:**

(in Klammern: Bezug zu Versuch)

**Struktur und Funktion:** Lebewesen und Lebensvorgänge sind an Strukturen gebunden; es gibt einen Zusammenhang von Struktur und Funktion

(V 2: Waldboden)

**Organisationsebenen:** Lebensphänomene lassen sich auf verschiedenen Organisationsebenen erklären

(V 1, 2, 3, 4, 5, 7: Ökosystem Wald)

**Stoff- und Energieumwandlung:** An allen Lebensvorgängen sind Stoff- und Energieumwandlungen beteiligt

**Information und Kommunikation:** Lebewesen nehmen Informationen auf, speichern und verarbeiten sie und kommunizieren

**Steuerung und Regelung:** Lebewesen halten bestimmte Zustände durch Regulation aufrecht und reagieren auf innere und äußere Veränderungen  
(V 1, 7: Umweltfaktoren, Fototropismus, Konkurrenz; V 3: Umweltfaktoren; V 4: Umweltfaktoren, Fototropismus, Konkurrenz, Symbiose; V 5: Konkurrenz, Nahrungskette, Räuber – Beute; V 6: Winterschlaf, gleichwarme Tiere, Konkurrenz, Nahrungskette, Räuber – Beute)

**Reproduktion:** Lebewesen sind fähig zur Reproduktion, dabei geben sie Erbinformationen weiter

**Variabilität und Anpasstheit:** Lebewesen sind bezüglich Bau und Funktion an ihre Umwelt angepasst. Anpasstheit wird durch Variabilität ermöglicht  
(V 1, 4, 5, 6, : Physiologische Anpasstheit, Ökologische Nische, Konkurrenzabschlussprinzip; V 2: Physiologische Anpasstheit; V 3: Bodenarten)

**Entwicklung:** Lebendige Systeme verändern sich mit der Zeit. Man unterscheidet die Individualentwicklung und die evolutionäre Entwicklung  
(V 7: Sukzession mit Initial-, Folge- und Klimaxphase)

(<http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26386>;  
24.09.2014)

## 10 Anknüpfungsmöglichkeiten

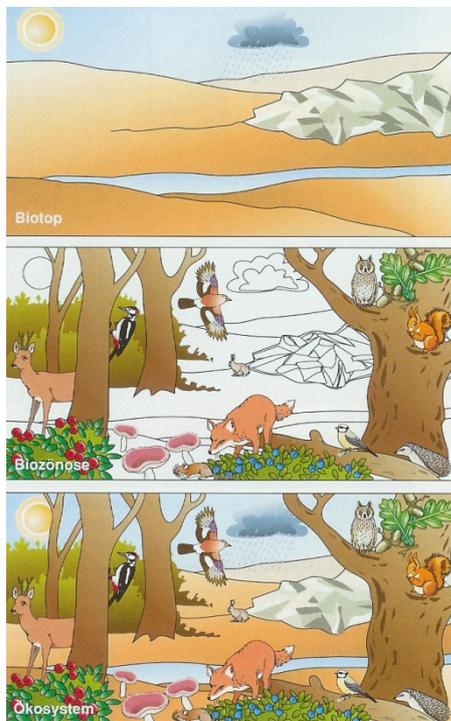
### 10.1 Vorstellen der Ergebnisse aus der Waldexkursion (ca.1 Unterrichtsstunde)

Die SchülerInnen sollen

- die zu den verschiedenen abiotischen und biotischen Umweltfaktoren durchgeführten Versuche aus der Exkursion beschreiben und deren Intentionen erläutern können. (*Kommunikationskompetenz*)
- die Ergebnisse aus den durchgeführten Versuchen als Basis für weitere Fragestellungen und Probleme verwenden können. (*Erkenntnisgewinnung*)
- die Begriffe „Biotop“, „Biozönose“ und „Ökosystem“ definieren können. (*Lernziel*)

In der Unterrichtsstunde nach der Waldexkursion erfolgt die Präsentation der Ergebnisse der einzelnen Versuche durch die entsprechenden Expertengruppen. Einleitend bietet es sich an, zusammen mit den SchülerInnen die abiotischen und biotischen Umweltfaktoren zunächst zeichnerisch auf Folie oder an der Tafel festzuhalten. Nach und nach entsteht so eine Zeichnung von einem Wald. Anschließend erfolgt die Präsentation der Ergebnisse durch die Expertengruppen. Die MitschülerInnen ergänzen und verbessern dabei ihr eigenes **Forscherskript**.

Abbildung 7: Biotop und Biozönose bilden ein Ökosystem Jungbauer, 2008



Im weiteren Unterrichtsverlauf werden die Begriffe „Biotop“, „Biozönose“ und „Ökosystem“ definiert.

Hierzu dienen drei Abbildungen auf Folie, die nacheinander aufgedeckt und von den SchülerInnen beschrieben werden. Abschließend wird nochmals die Zeichnung des Waldes, welche die Jugendlichen bereits zu Beginn der Stunde angefertigt haben, gezeigt. Es folgt die Erkenntnis, dass es sich dabei ebenfalls um ein Ökosystem handelt.

## 10.2 Ökologische Potenz verschiedener Lebewesen (ca.1 Unterrichtsstunde)

Die SchülerInnen sollen

- die Begriffe „Ökologische Potenz“, „Toleranzbereich“, „Eurypotenz“, „Stenopotenz“ sowie den „limitierenden Faktor“ definieren und anhand von Beispielen erläutern können. (Lernziel, Kommunikationskompetenz)
- eine gegebene Toleranzkurve beschreiben und interpretieren können. (Lernziel, Kommunikationskompetenz)
- anhand von selbst ermittelten Daten für ausgewählte Pflanzenarten Toleranzkurven skizzieren und erläutern können. (Lernziel, Kommunikationskompetenz)

Theoretische Einführung in das Thema „Ökologische Potenz“ anhand vorgegebener Daten:

Jede Pflanze stellt arteigene Ansprüche an ihren Standort, also an ihre Umwelt.

- Die Fähigkeit einer Art, Schwankungen von Umweltfaktoren innerhalb eines Bereiches zu ertragen, bezeichnet man als **ökologische Potenz**.

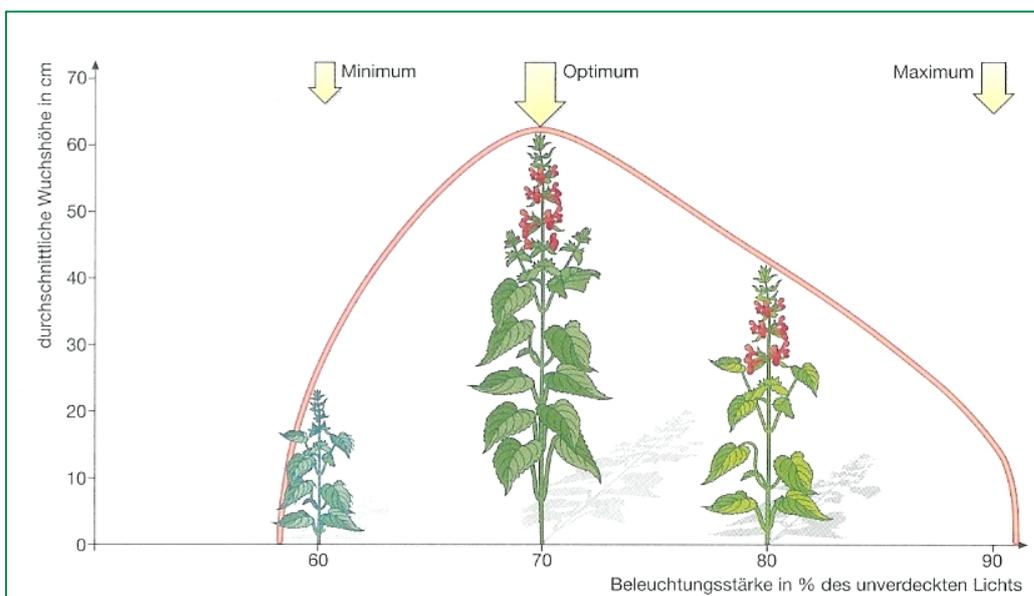
Umweltfaktoren, die das Pflanzenwachstum beeinflussen, sind unter anderem Feuchtigkeit, Licht, Temperaturverhältnisse sowie die Zusammensetzung der Mineralsalze im Boden.

Beispiele:

- Knäuelgras ist fast überall zu finden.
  - große ökologische Potenz
- Waldsauerklee ist oft nur an dunklen, feuchten Stellen im Wald zu finden (Schattepflanze).
  - geringe ökologische Potenz

Folgende Toleranzkurve kann im Unterricht als Beispiel dienen:

**Abbildung 8:** Wachstum von Waldziest bei unterschiedlichen Lichtstärken Jungbauer, 2008



- Optimum: Waldstellen, an denen die Lichtmenge etwa 70 % des unverdeckten Lichts be- trägt -> purpurrote Blüten, herz- bis eiförmige Blätter
- Maximum: durchschnittliche Lichtmenge von 90 %  
-> kleinere Pflanzen, deutlich kleinere gelbgrüne Laubblätter, weniger Blüten
- Minimum: durchschnittliche Lichtmenge 60 %  
-> kleine Pflanzen, kleine dunkel-grüne Laubblätter, keine Blüten
- Spanne zwischen Minimum und Maximum: **Toleranzbereich**

Im Anschluss daran kann auf **stenöke und euryöke** Arten eingegangen werden. Arten, die große Schwankungen eines Umweltfaktors vertragen, bezeichnet man als euryök in Bezug auf diesen Faktor. Arten, die nur einen geringen Toleranzbereich gegenüber der Schwankung eines Umweltfaktors zeigen, nennt man stenök. In gewissem Umfang können alle Lebewesen Schwankungen von Umweltfaktoren tolerieren. Ein Umweltfaktor wird zu einem **limitierenden Umweltfaktor**, wenn er das Vorkommen einer Art begrenzt.

Im weiteren Unterrichtsverlauf erstellen die SchülerInnen eine Toleranzkurve für eine im Wald vorgefundene Pflanze bezüglich des am Standort gemessenen limitierenden Faktors Licht. Dazu verwenden sie hauptsächlich die Ergebnisse des Exkursionsversuchs „*Lufttemperatur und Lichtintensität an verschiedenen Standorten*“. In der Teilaufgabe 3 haben sich die SchülerInnen bereits im Wald die an den verschiedenen Standorten gemessenen Lichtintensitäten sowie die dort vorgefundenen Pflanzen notiert. Mithilfe der Kontaktanzeigen lassen sich zudem die Ansprüche der Pflanzen an verschiedene Umweltfaktoren nachvollziehen. Exemplarisch soll nun eine Pflanze, die an verschiedenen Standorten mit unterschiedlichen Lichtverhältnissen vorgefunden wurde, herausgegriffen werden. Die SchülerInnen erstellen aufgrund ihrer Beobachtungen zum Vorkommen und Wachstum dieser Pflanze sowie der gemessenen Lichtverhältnisse eine Toleranzkurve. Diese Beobachtungen können eventuell bereits im Exkursionsversuch „*Vegetationsaufnahme*“ dokumentiert worden sein. Zudem lassen sich auch Toleranzkurven bezüglich anderer Umweltfaktoren wie beispielsweise des pH-Wertes des Bodens erstellen. Des Weiteren können die SchülerInnen nun aufgrund der gemessenen klimatischen Bedingungen den Lebewesen im Wald die Begriffe „*Eurypotenz*“ und „*Stenopotenz*“ zuordnen. Schließlich sollen sie in Bezug auf die vorgefundene Pflanzenvielfalt in den einzelnen Stockwerken des Waldes auf verschiedene limitierende Faktoren und deren Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum eingehen.

## 10.3 Energiefluss und Stoffkreislauf

(ca. 2 Unterrichtsstunden)

Die SchülerInnen sollen

- mithilfe von Abbildungen zum Körperbau verschiedener Bodenlebewesen auf deren spezielle Funktion im Stoffabbau schließen können. *(Lernziel, Kommunikationskompetenz)*
- die Bedeutung der Bodenlebewesen für das Ökosystem Wald im Rahmen des Stoffkreislaufs erläutern können. *(Lernziel, Kommunikationskompetenz)*
- anhand gegebener abiotischer und biotischer Daten Unterschiede bei der Zersetzungsdauer zwischen einem Buchen- und einem Auwald erklären können. *(Lernziel, Kommunikationskompetenz)*
- die Rolle größerer Bodentiere und Mikroorganismen bei der Zersetzung erläutern können. *(Lernziel, Kommunikationskompetenz)*
- den Stoffkreislauf des Ökosystems Wald anhand der Schlüsselbegriffe „Produzenten“, „Konsumenten“ und „Destruenten“ erläutern können. *(Lernziel, Kommunikationskompetenz)*
- eine Nahrungspyramide für das Ökosystem Wald graphisch darstellen und die entsprechende Energiebilanz beim Durchlauf der einzelnen Trophieebenen erläutern können. *(Lernziel, Kommunikationskompetenz)*

### Stoffabbau durch Destruenten

Anhand der gefundenen Bodenlebewesen, deren Bestimmung und genaue Beobachtung sowie den Überlegungen zu deren Funktionen lässt sich das Thema „Stoffabbau durch Destruenten“ erläutern.

Im Unterricht können die SchülerInnen zunächst von den entdeckten Bodentieren und ihren jeweiligen Fundorten berichten. Auch ihre Vermutungen über die Funktionen der Bodenlebewesen im Ökosystem Wald können im Unterrichtsgespräch diskutiert werden. Durch eventuelle weitere Beobachtungen der SchülerInnen über das tote organische Material, welches sich in der Streuschicht befindet, kann der Stoffabbau durch Destruenten erläutert werden. Hier bietet sich zudem die Möglichkeit, die **Aufgabe** „Waldstreu“ einzugliedern.

- Aus den Beobachtungen lässt sich feststellen, dass in den oberen Schichten der Laubstreu erste Fraßspuren auffallen. Springschwänze und Schnakenlarven verursachen diesen Fensterfraß. Andere Tiere wie Asseln, Milben und Fliegenlarven fressen Löcher in die Blätter. Man spricht deshalb von Lochfraß. In den unteren Schichten der Laubschicht, in denen nur noch Blattskelette vorliegen, findet man vor allem Asseln, Ohrwürmer und Haarmückenlarven vor. All diese Tiere gehören zu den **Primärzersettern**, deren es ist, die Pflanzenteile zu zerkleinern. Diese scheiden mit dem Kot organische Stoffe aus, von denen sich Milben und Fadenwürmer ernähren. Durch das mehrfache Fressen und Ausscheiden werden die organischen Stoffe auch mit Mineralien gemischt. Es entsteht **Humus**. Einen wesentlichen Anteil an dieser Durchmischung haben Regenwürmer, die von den SchülerInnen eigentlich immer gefunden werden. Diese haben einen wesentlichen Anteil an der Durchmischung und Krümelbildung des Waldbodens.

- All diese Bodenlebewesen sind mit Hilfe *des Berlestrichters oder aber einem Nudelsieb und einem weißem Laken* zu finden. Es ist zudem möglich, kleinere Zersetzer mit dem Mikroskop oder Binokular ausfindig zu machen.
- **Mineralisierer**, wie Pilze und Bakterien, bauen die Ausscheidungen schließlich weiter ab. Diese Mikroorganismen zersetzen die organischen Reste vollständig zu anorganischen Stoffen.

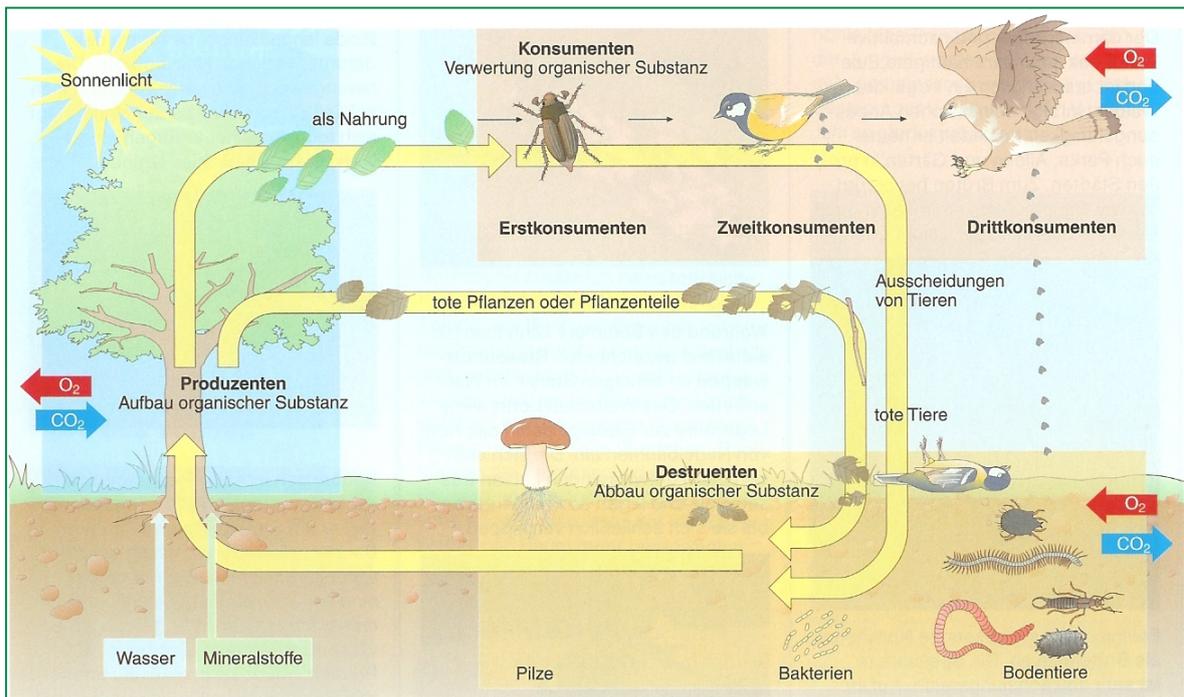
### Stoffkreislauf

Ausgehend von den Überlegungen zur Bedeutung der Destruenten und deren Stoffabbau für das Ökosystem Wald kann nun Schritt für Schritt in einem Unterrichtsgespräch der **Stoffkreislauf** erarbeitet werden.

- Im Stoffkreislauf beteiligt sind unter anderem die Erzeuger, auch **Produzenten** genannt. Diese Pflanzen bauen mit den Produkten aus der Fotosynthese ihren Pflanzenkörper auf. Das bedeutet, dass sie aus energiearmen anorganischen Stoffen, nämlich dem Kohlenstoffdioxid der Luft und dem über die Wurzeln aufgenommenen Wasser mithilfe von Sonnenlicht, energiereiche organische Substanz, den Traubenzucker, aufbauen. Dieser dient als Ausgangsprodukt für den Aufbau anderer lebenswichtiger organischer Substanzen, wie beispielsweise Stärke und Cellulose. Als weiteres Produkt der Fotosynthese entsteht Sauerstoff, der an die Atmosphäre abgegeben wird. Somit sind grüne Pflanzen autotroph.
- Es folgen als nächste Glieder der Nahrungskette die sogenannten Verbraucher oder auch **Konsumenten**, die für ihr Wachstum auf die organischen Bestandteile des jeweils vor ihnen stehenden Lebewesen angewiesen sind. Sie sind somit heterotroph. Um Stoffwechsel und Zellatmung aufrechtzuerhalten, verbrauchen sie Sauerstoff und setzen dabei Kohlenstoffdioxid frei. Man unterscheidet dabei die Erstverbraucher, auch Pflanzenfresser genannt, von den Zweitverbrauchern, den Organismen, die sich von den Pflanzenfressern ernähren. Der Endverbraucher bildet den letzten Konsumenten einer Nahrungskette. Neben Produzenten und Konsumenten muss noch auf die **Destruenten**, die sogenannten Zersetzer, hingewiesen werden. Diese sorgen durch die Ernährung von Ausscheidungen und toten Organismen unter Sauerstoffverbrauch für den Abbau dieser zu Mineralstoffen, Wasser und Kohlenstoffdioxid. Die in Wasser gelösten Mineralien können dann von den Pflanzen wieder aufgenommen werden.
- Neben dem **Kohlenstoffkreislauf** können auch weitere Kreisläufe (**Stickstoff- und Sauerstoffkreislauf**) besprochen werden.

Auf dieser Basis gewinnen die SchülerInnen so die Erkenntnis, dass die Destruenten und deren Arbeit für die Schließung des Stoffkreislaufs notwendig sind.

Abbildung 9: Stoffkreislauf am Beispiel Wald Grafik Jürgen Wirth, Dreieich



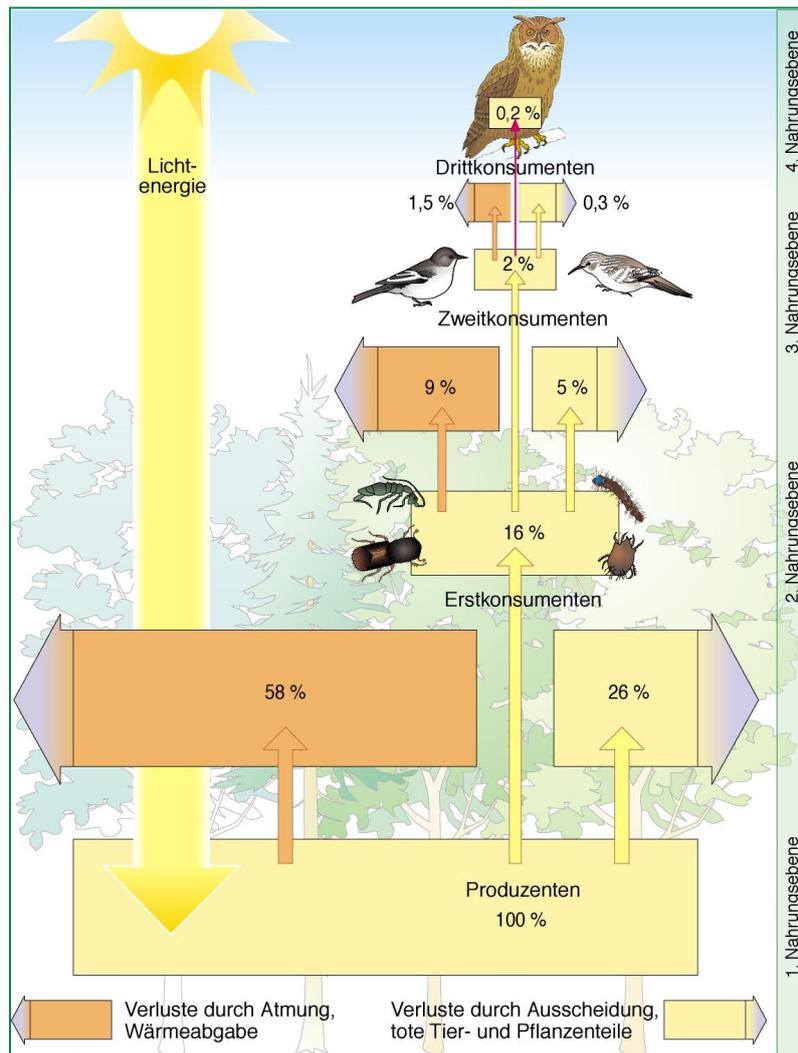
## Energiefluss

Anhand der Erarbeitungen zum Thema „Stoffkreisläufe im Wald“ kann nun weitergeleitet werden zum Thema „Energiefluss im Ökosystem Wald“.

Auf der Basis des eigens angefertigten Nahrungsnetzes während der Waldexkursion erstellen die SchülerInnen nun selbstständig eine Nahrungspyramide. Dazu sollen die Jugendlichen die Lebewesen des Waldes in Bezug auf deren Ernährungsweise vergleichen und in Gruppen einordnen. Des Weiteren folgt schließlich eine Einteilung in verschiedene Nahrungsebenen und eine Ordnung dieser in über- und untergeordnete Kategorien aufgrund der Ernährungsweisen. So entsteht nach und nach eine Nahrungspyramide, anhand derer im gemeinsamen Unterrichtsgespräch der Energiefluss beziehungsweise die Energiebilanz beim Durchlauf der einzelnen **Trophieebenen** erarbeitet wird.

Im weiteren Unterrichtsverlauf werden Energiepyramiden verschiedener Ökosysteme gemeinsam diskutiert und miteinander verglichen.

Abbildung 10: Energie- und Nahrungspyramide Grafik Jürgen Wirth, Dreieich



## 10.4 Beziehungen zwischen Lebewesen

(ca. 4 Unterrichtsstunden)

Die SchülerInnen sollen

- basierend auf selbst ermittelten Daten eigenständig Nahrungsketten/-netze erstellen können. (*Lernziel, Kommunikationskompetenz*)
- Ursachen, Auswirkungen und Maßnahmen im Hinblick auf den Borkenkäferbefall erläutern können. (*Lernziel*)
- mithilfe eines Schemas Räuber-Beute-Beziehungen in einem Mischwald beziehungsweise einer Fichtenmonokultur darstellen und miteinander vergleichen können. (*Lernziel*)
- Formen und Anpassungen von Symbiose, Parasitismus und Saprophytismus jeweils anhand eines selbstgewählten Beispiels erläutern können. (*Lernziel*)

### Nahrungsbeziehungen

Anhand der entdeckten Tierspuren im Wald und möglichen Rückschlüssen, die sich aus dem Fundort ergeben können, lässt sich der Themenbereich Nahrungsbeziehungen im Wald und Wechselbeziehungen zwischen Räuber und Beute näher erläutern.

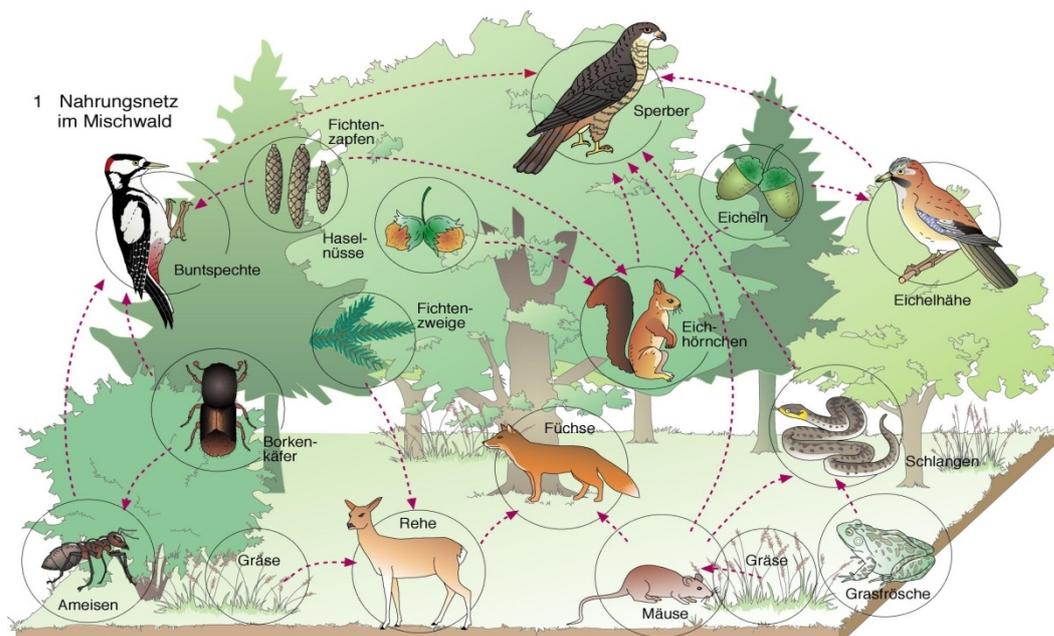
Der Unterricht baut hier auf den praktischen Erfahrungen der SchülerInnen im Wald auf.

Passend zu ihren Funden können verschiedene Nahrungsbeziehungen aufgestellt werden.

Aufgrund von Überlappungen in einzelnen Nahrungsbeziehungen (z.B. Borkenkäfer als Räuber bezüglich der Fichte, aber gleichzeitig Beute bezüglich des Buntspechtes) können die SchülerInnen nun auf **Nahrungsketten** und schließlich auf **Nahrungsnetze** schließen.

Anschließend werden in Gruppenarbeit weitere Nahrungsketten/-netze verschiedener Ökosysteme (z. B.: Meer, See, Bach, Fluss, Wüste, Regenwald, ...) erstellt und präsentiert. Dabei ist es wichtig, den Unterschied zwischen Nahrungskette und Nahrungsnetz zu betonen.

**Abbildung 11:** Nahrungsnetz im Wald Grafik Jürgen Wirth, Dreieich



Als Hausaufgabe bietet sich die **Aufgabe** „Nahrungsbeziehungen“ an. Zusätzlich werden die Themen „Stoffkreislauf“ und „Energiefluss“ wiederholt.

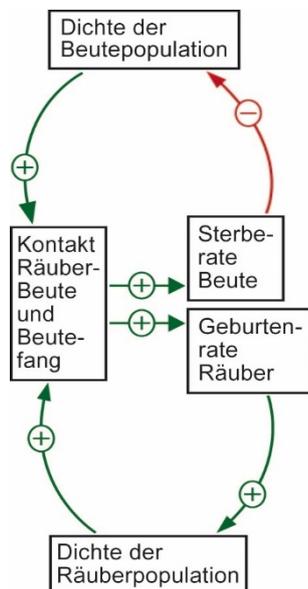
### Fressfeind-Beute

Die anschließenden Themen „Räuber-Beute-Zyklus“ und „Biologisches Gleichgewicht“ können auf der Grundlage des **Exkursionsversuchs** „Tieren auf der Spur“ anhand des Beispiels Borkenkäfer erläutert werden.

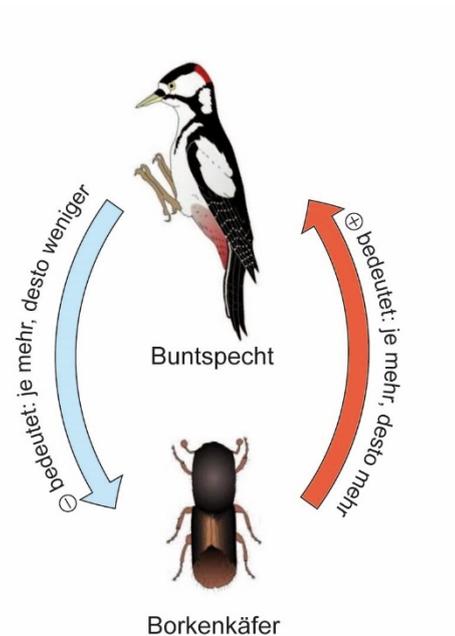
Borkenkäferspuren sind von SchülerInnen in den meisten Fichtenwäldern zu finden.

Außerdem bietet sich die Möglichkeit, die **Aufgabe** „Borkenkäfer“ zu bearbeiten und damit auch auf Ursachen, Auswirkungen und Maßnahmen gegen den Borkenkäferbefall einzugehen.

**Abbildung 12:** Nahrungsbeziehung zwischen Borkenkäfer und Buntspecht LWF verändert nach Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel



**Abbildung 13:** Regelkreis Räuber-Beute-Beziehung LWF verändert nach Natura Biologie für Gymnasien" Ernst Klett Verlag



Anschließend können die SchülerInnen in Stillarbeit eigenständig und an selbst gewählten Beispielen weitere Räuber-Beute-Beziehungen im Wald beziehungsweise in anderen Ökosystemen erstellen.

### Weitere Beziehungen zwischen Lebewesen

Anknüpfend an die Beobachtungen der SchülerInnen im Wald, unter anderem bei der Vegetationsaufnahme und der Spurensuche beziehungsweise dem Thema „Nahrungsbeziehungen im Wald“, wird auf weitere Beziehungen zwischen Lebewesen eingegangen.

Es bietet sich beispielsweise an, ein Gruppenpuzzle mit den SchülerInnen durchzuführen. Die Expertengruppen behandeln die Themen „Symbiose“, „Parasitismus“ und „Saprophytismus“, welche sie später in den Stammgruppen vorstellen.

Je nach Umfang können zu diesen Themen auch Referate vergeben werden, die über die Waldexkursion hinausgehen (z.B. Bakterien im Darm des Menschen oder im Wiederkäuermagen, Fuchsbandwurm, Zecken...usw.).

## 10.5 Ökologische Nische

(ca. 2 Unterrichtsstunden)

Die SchülerInnen sollen

- die Begriffe „Konkurrenz“ und „Konkurrenzvermeidung“ sowie „Ökologische Nische“ definieren und erklären können. (*Lernziel*)
- in Bezug auf die Begriffe „Konkurrenz“ und „Konkurrenzvermeidung“ sowie „Ökologische Nische“ ihre selbst ermittelten Daten bezüglich der Lichtintensität und des Pflanzenbewuchses in den einzelnen Stockwerken des Waldes auswerten und mithilfe des Konzepts des Konkurrenzausschlussprinzips deuten können. (*Erkenntnisgewinnung*)
- verschiedene Angepasstheiten der Pflanzen hinsichtlich des Umweltfaktors Licht nennen und anhand selbst gewählter Beispiele erläutern können. (*Lernziel*)

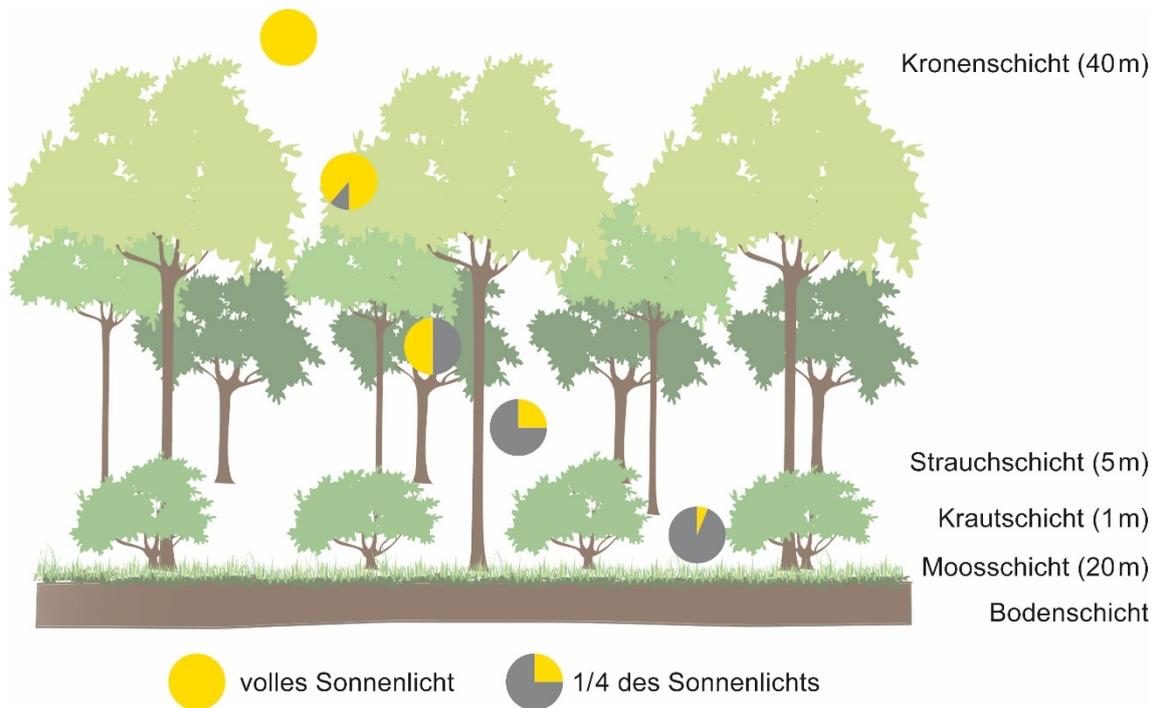
### Konkurrenz und Konkurrenzvermeidung

Die **materialgeleitete Aufgabe** „Ökologische Nische“ wird im Unterricht in Gruppenarbeit und im Unterrichtsgespräch erarbeitet. Dabei werden die Begriffe „Konkurrenz“, „Konkurrenzvermeidung“ sowie „Ökologische Nische“ definiert und erläutert. Im Anschluss daran sollen die SchülerInnen ihre nun gewonnenen Erkenntnisse zum Thema „Ökologische Nische“ vom Ökosystem Bach auf das Ökosystem Wald übertragen. Dabei greifen sie auf ihre Ergebnisse aus der Messung der Lichtintensität in den einzelnen Stockwerken des Waldes sowie den dort vorgefundenen Pflanzen zurück. Vor allem die Werte aus der Tabelle zur Messung der Lichtintensität im **Exkursionsversuch** „Lufttemperatur und Lichtintensität an verschiedenen Standorten“ sollen an dieser Stelle herangezogen werden. Passend zu den Lichtverhältnissen in den einzelnen Stockwerken haben sich die Jugendlichen im Wald die dort vorgefundenen Pflanzen notiert. Zusätzlich kann auf einzelne Kontaktanzeigen, welche die Ansprüche der jeweiligen Pflanzen an einen Standort verdeutlichen, zurückgegriffen werden. Aus den Zusammenhängen von gegebenen Lichtverhältnissen und den an diesen Standorten wachsenden Pflanzen soll schließlich die Erkenntnis folgen, dass die Lichtverhältnisse im Wald durch die Stockwerke beeinflusst werden und die dort wachsenden Pflanzen um den limitierenden Faktor Licht konkurrieren.

- Im Sommer fällt auf das oberste Stockwerk, die Kronen der Bäume, das volle Sonnenlicht. Unterhalb dieser Kronenschicht nimmt die Lichtintensität deutlich ab. In der Strauchschicht wachsen Sträucher, die weniger Licht brauchen. Bis zur Krautschicht kommt im Sommer nur noch wenig Licht. Dort können dann nur noch Pflanzen wachsen, die mit sehr wenig Licht auskommen. In der Moosschicht wachsen Moose und Pilze.

**Abbildung 14:** Licht und Stockwerkaufbau in einem Laubwald im Sommer

LWF verändert nach Hausfeld &amp; Schulenberg, 2008



- Die Pflanzen des Laubwaldes stehen im Wettbewerb um Licht, sie konkurrieren um Licht. Je nachdem zu welcher Jahreszeit die Exkursion durchgeführt wird, können die SchülerInnen erkennen, dass zum Beispiel die Frühblüher vor den Bäumen und Sträuchern austreiben, wodurch für die Frühblüher der Wettbewerb um Licht vermindert wird. Pflanzen, wie der Waldmeister, wachsen im Sommer im Schatten der Bäume und Sträucher, weil diese auch mit wenig Licht leben können.
  - Ökologische Nische: Jedes Lebewesen hat bestimmte Ansprüche an seine unbelebte und belebte Umwelt. Die Gesamtheit dieser Beziehungen einer Art zu ihrer Umwelt bezeichnet man als ökologische Nische.
    - Konkurrenzvermeidung

Hier bietet sich zudem die Möglichkeit, den Stockwerkaufbau des Waldes anhand der Informationstafeln zu wiederholen und die **Aufgabe** „Licht als Umweltfaktor“ einzugliedern. Alternativ kann auch die **Aufgabe** „Konkurrenz und Konkurrenzvermeidung“, die zusätzlich das Thema „Ökologische Potenz“ wiederholt, bearbeitet werden.

### Angepasstheiten

Zusätzlich kann aufgrund der Ergebnisse Aufgabe 2.3 aus **Exkursionsversuch** „Lufttemperatur und Lichtintensität an verschiedenen Standorten“, auf verschiedene Angepasstheiten von Pflanzen bezüglich des Umweltfaktors Licht eingegangen werden. Hier können die SchülerInnen auf ihre Beobachtungen aus dem Wald zurückgreifen.

- Je nach Lichtintensität kann sich die Form oder Farbe von Blättern verändern, z.B. beim Waldsauerklee.
- Hinweis: Dieser Effekt kann auch bei Pflanzen, die unter Steinen herauswachsen oder im Keller standen, beobachtet werden. Die Sprosse werden gelb und wachsen in die Länge. Diese so genannte Vergeilung ist eine Form der Fotomorphogenese.
- Ein weiteres Beispiel für die optimale Anpassung an die Lichtverhältnisse sind z.B. die Sonnen- und Schattenblätter der Rotbuche. Dabei gibt es sowohl physiologische als auch morphologische Anpassungen (Fläche, Dicke, Fotosyntheserate, Position in der Baumkrone).
- Pflanzen wachsen immer zum Licht hin. Dieses Phänomen nennt man Phototropismus (= Wachstumsbewegungen, die durch Licht ausgelöst werden). Dies lässt sich zum Beispiel gut am Waldsauerklee und Efeu beobachten.
- Es kann auch auf die grundsätzliche Unterscheidung zwischen Licht- und Schattenpflanzen eingegangen werden.

Als Hausaufgabe kann die **Aufgabe** „Anpassung an Umweltbedingungen“ bearbeitet werden.

## 10.6 Sukzession

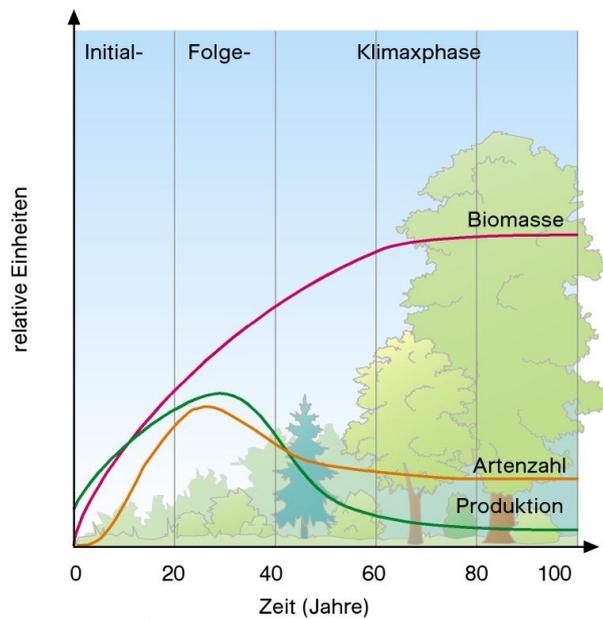
(ca. 1 Unterrichtsstunde)

Die SchülerInnen sollen

- den Begriff „Sukzession“ definieren und die einzelnen Phasen nennen können. (*Lernziel*)
- die Phasen der Sukzession in Bezug auf Biomasse- und Artenzahlverlauf beschreiben können. (*Kommunikationskompetenz*)
- den Einfluss des Menschen auf die Sukzessionsabfolge erläutern können. (*Kommunikationskompetenz*)
- potentielle und reale Vegetation des Mittelmeerraums anhand von Kartenmaterial in Bezug auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede vergleichen können. (*Lernvorgang*)
- mögliche Auswirkungen einer Entwaldung auf die weitere Sukzessionsabfolge beschreiben können. (*Lernziel*)

In Anlehnung an die Beobachtungen der SchülerInnen in Exkursionsversuch „Sukzession“ und den angefertigten Fotos von den drei gekennzeichneten Flächen im Wald kann das Thema Sukzession genauer erläutert werden. Dabei kann die Auswertung der Aufgaben gemeinsam erfolgen. Des Weiteren können Abbildungen aus Schulbüchern oder Animationsfilme gezeigt werden. Neben den einzelnen Phasen der Sukzession bietet es sich an, eine Diskussion über die Auswirkungen eines starken Sturms oder die Abholzung eines Waldes durch den Menschen zu führen.

Abbildung 15: Phasen der Sukzession im Wald Grafik Jürgen Wirth, Dreieich



Hierzu kann die **materialgeleitete Aufgabe** „Der verschwundene Wald“ bearbeitet werden. Als Hausaufgabe bietet sich die **Aufgabe** „Ökosysteme im Wandel“ an.

## 10.7 Bedeutung und Gefährdung von Ökosystemen (ca. 4 Unterrichtsstunden)

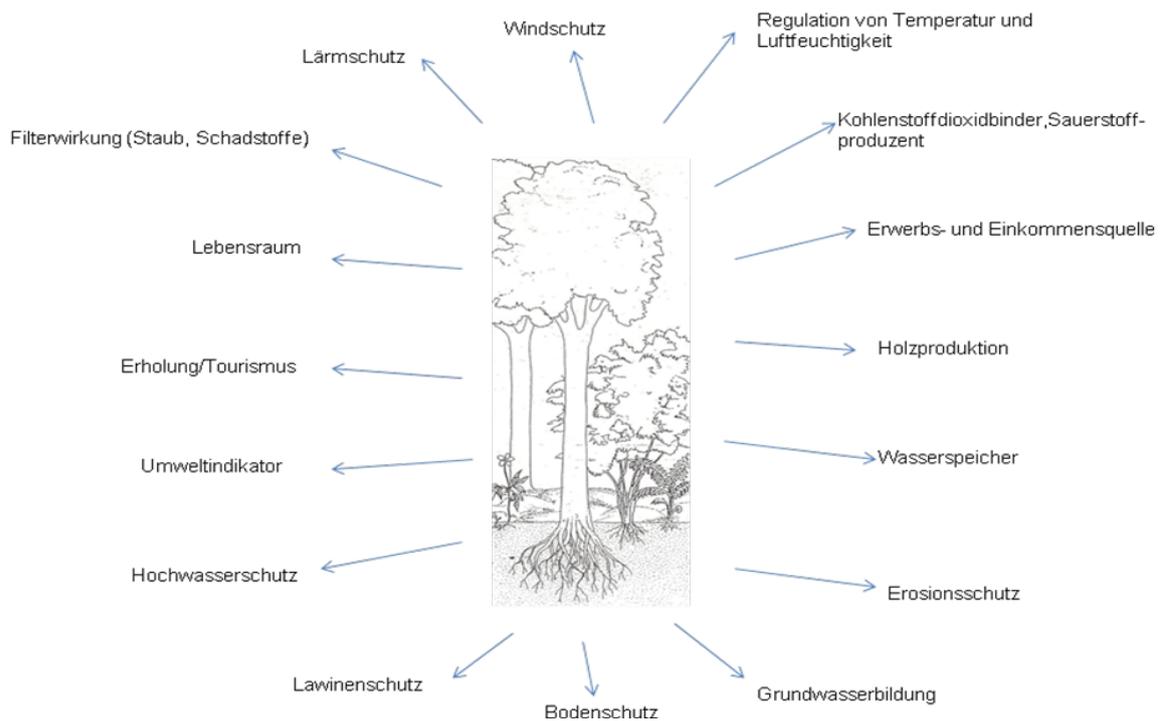
Die SchülerInnen sollen

- die ökologische und wirtschaftliche Bedeutung des Ökosystems Wald an Beispielen erläutern können. (*Lernziel*)
- den Bodenaufbau anhand einer Abbildung eines Bodenprofils beschreiben können. (*Lernziel*)
- die dauerhafte Veränderung der abiotischen Bedingungen durch die komplette Abholzung eines Waldes als Grundlage für die Lebewesen dieses Lebensraums erläutern können. (*Lernziel*)
- Konsequenzen eines stark verdichteten Bodens für die Bodenorganismen und den Pflanzenbewuchs beschreiben können. (*Lernziel*)
- Gründe und Auswirkungen der Bodenversauerung auf die Bodenorganismen und den Pflanzenbewuchs beschreiben und erläutern können. (*Lernziel*)
- Maßnahmen gegen die Bodenversauerung beschreiben können. (*Lernziel*)
- Luftschadstoffe nennen und deren Auswirkung auf Bodenorganismen und Pflanzenbewuchs beschreiben können. (*Lernziel*)

### Ökologische und wirtschaftliche Bedeutung

Zu Beginn dieser Einheit bietet es sich an, im Klassenverband ein Brainstorming bezüglich der Funktionen des Waldes durchzuführen. Folgendes Tafelbild könnte dabei entstehen:

Abbildung 16: Funktionen des Waldes Aigner, S. & Miller, S., 2009



Anschließend kann im Unterrichtsverlauf auf einzelne Funktionen des Waldes näher eingegangen werden. Hierzu bietet es sich an, Kurzreferate an die SchülerInnen zu verteilen.

Des Weiteren können im Klassenunterricht Themen wie die „Wasserspeicherfunktion des Waldbodens bzw. der Moose“ genauer behandelt werden. Aufgrund der Erkenntnis der SchülerInnen aus dem **Exkursionsversuch** „Waldboden vs. unbewachsener Erdboden“, dass sowohl der Waldboden als auch die Moose Wasser speichern können, lässt sich die Bedeutung des Waldes als Wasserspeicher ableiten.

Der Unterricht baut hier auf den Beobachtungen der SchülerInnen im Wald auf. Sie haben festgestellt, dass die Moose einen Teil des Wassers gespeichert haben. Regnet es im Wald, saugen die Moospolster das Regenwasser ähnlich wie ein Schwamm auf. Hierzu können sich die Schüler ein Experiment überlegen, mithilfe dessen man die Wasserspeicherkapazität der Moose genau überprüfen kann.

Beispiel: Wie viel Wasser speichert ein Moospolster von etwa 10 cm<sup>2</sup>?

- Entnehmen Sie dem Waldboden ca. 10 cm<sup>2</sup> zusammenhängende Moosfläche!
  - Begießen Sie diese langsam mit einem Liter Wasser!
  - Drücken Sie die Moosfläche nach kurzem Warten vorsichtig über dem Messzylinder aus!
  - Bestimmen Sie die gespeicherte Wassermenge des Moores in Liter!
- Durch das hohe Speichervermögen von Wasser haben Moose eine wichtige Funktion im Wasserhaushalt des Waldes.

Auch der Bezug zum Freilandboden und dessen Unterschiede im Vergleich zum Waldboden (z.B. der Bodenaufbau) sollten zur Sprache kommen. Zudem bietet sich hier ein kleiner Exkurs in die Geografie an.

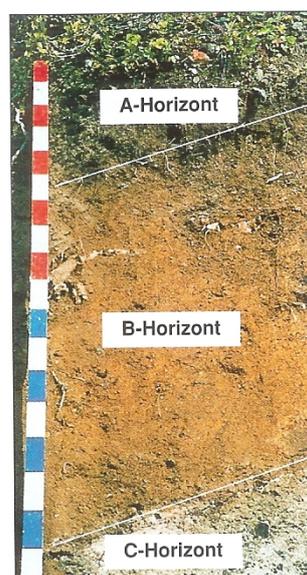
### Boden

Es können Bodenprofile besprochen und eventuell miteinander verglichen werden. Dabei ist auch der ständige Rückbezug zu den praktischen Erfahrungen (Bodenleiter) und Beobachtungen (Bodengrube) der SchülerInnen aus der Exkursion wichtig. Eventuell können Fotos, die während der Exkursion von der Bodengrube oder einer Bodenleiter angefertigt wurden, zu Hilfe genommen werden.

Bodenprofil anhand des Beispielbildes (hier eine Braunerde):

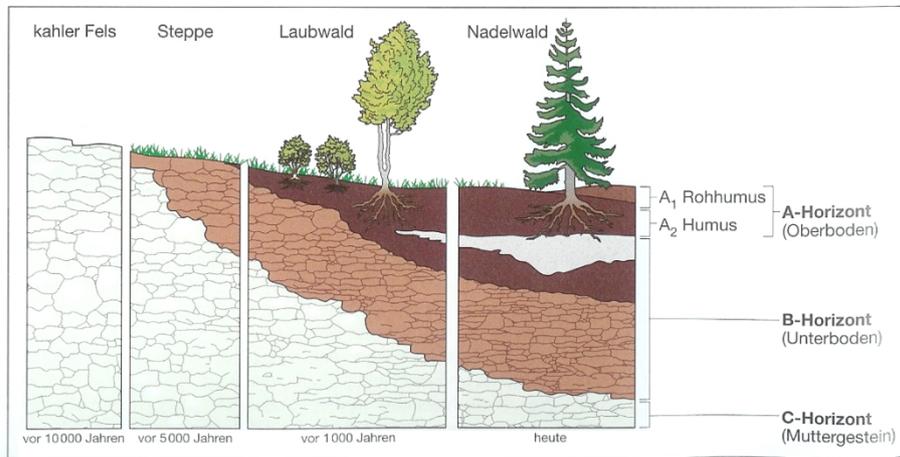
- Der Boden ist von einer lockeren Streuschicht aus abgestorbenen, teils zersetzten Pflanzenresten, wie Blättern und Nadeln, bedeckt. Darunter befindet sich der A-Horizont, der auch Oberboden genannt wird. Diese Schicht besteht aus abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Resten und Mineralboden aus dem geologischen Ausgangsgestein, welche jedoch von den Bodenorganismen schon unterschiedlich weit vermischt wurden. Aufgrund des relativ hohen Humusanteils ist der A-Horizont dunkel gefärbt. Des Weiteren ist er gut durchlüftet und kann viel Feuchtigkeit speichern. Die meisten Wurzeln breiten sich in diesem Horizont aus.
- Weiter unten folgt der B-Horizont, eine breite Schicht eines hellbraun bis rötlich gefärbten, schon verwitterten Mineralboden. Im Vergleich zum A-Horizont findet man hier weniger Bodenorganismen und Wurzeln. Mineralsalze, wie beispielsweise Eisenverbindungen, die hier vom Wasser ausgewaschen werden, verleihen dem Boden die typisch rotbraune Farbe.
- Letztendlich findet sich ganz unten das Ausgangsgestein, der sogenannte C- Horizont, der aus wenig verwittertem, kaum durchwurzelttem geologischem Ausgangsmaterial besteht.

**Abbildung 17:** Bodenprofil eines Waldbodens *Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel*



Ebenso können Themen wie „Bodenbildung“ und „Bodenarten“ eine Rolle spielen. Hierbei können die SchülerInnen ihre gesammelten Beobachtungen und Erfahrungen aus dem **Exkursionsversuch** „*Bodenuntersuchung Waldboden*“ mit einbringen.

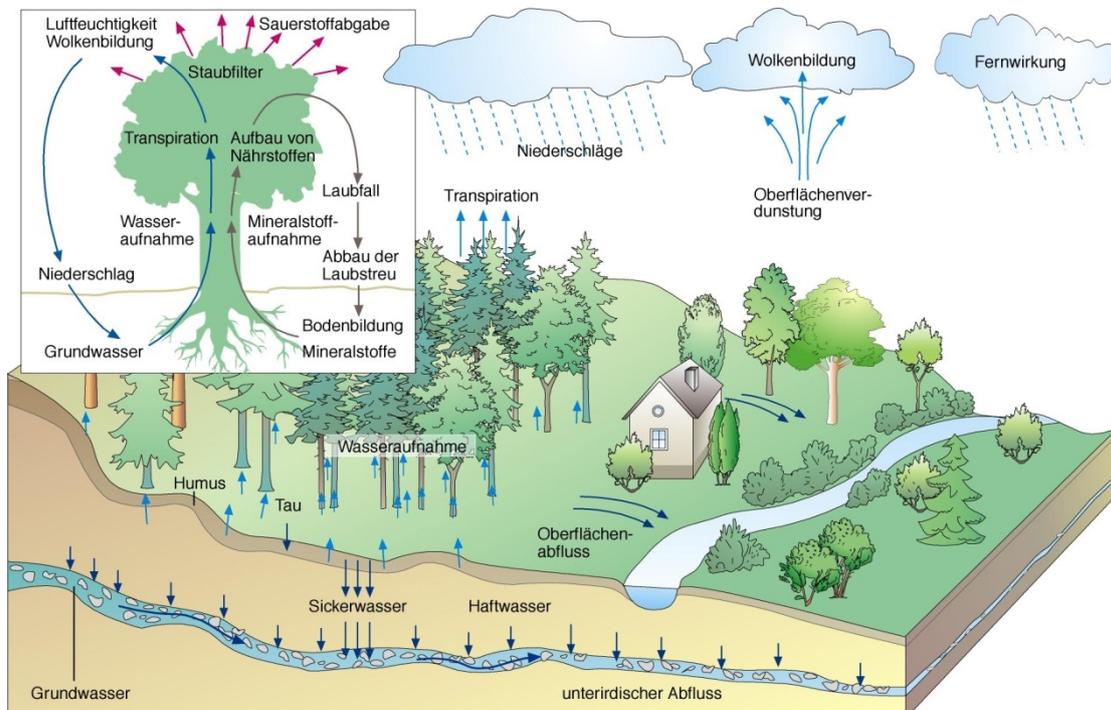
**Abbildung 18:** Bodenentwicklung *Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel*



Zusätzlich soll der gesamte Wald als Wasserspeicher betrachtet werden. Die SchülerInnen können hier von ihren Beobachtungen und Hypothesen aus **Exkursionsversuch** „*Waldboden vs. unbewachsener Erdboden*“ berichten.

Gemeinsam wird nun der Wasserkreislauf, der sich im Ökosystem Wald ergibt, erarbeitet.

**Abbildung 19:** Der Baum als Umweltfaktor und Bedeutung des Waldes für den Wasserhaushalt *Grafik Jürgen Wirth, Dreieich*



- Ein Teil des Regenwassers wird von den Baumkronen zurückgehalten. Der größte Teil tropft langsam auf den Waldboden. Moos- und Humusschicht können große Mengen Wasser aufnehmen und speichern. Ein Teil des Niederschlags sickert ins Grundwasser, ein kleiner Rest fließt über die Bodenoberfläche direkt in Bäche und Flüsse ab. Das gespeicherte Wasser wird langsam an den Boden abgegeben, sodass auch während niederschlagsfreien Zeiten genügend Wasser zur Verfügung steht. Das von den Pflanzen aufgenommene Wasser verdunstet zum größten Teil wieder über die Blätter. In die Atmosphäre abgegebener Wasserdampf kondensiert zu Wolken, sodass er schließlich als Regen wieder zur Erde zurückgelangt.

Eine weitere Funktion des Waldes, die explizit herausgegriffen werden kann, ist die Funktion als **Umweltindikator**.

Mithilfe der Ergebnisse aus Aufgabe 4 aus **Exkursionsversuch „Bodenuntersuchung Waldboden“**, die die SchülerInnen durch Kontaktanzeigen gewinnen konnten, wird das Thema „**Zeigerarten**“ näher erläutert.

Im Unterricht lässt man die Ergebnisse von verschiedenen SchülerInnen zu Aufgabe 4 vortragen. Schnell wird sich herausstellen, dass sich die Pflanzenarten der Schülergruppen, die ihre Untersuchungen im Wald durchführten, ähneln ebenso wie sich die Pflanzenarten der Freilandgruppen gleichen. Allerdings lassen sich beim Vergleich der gefundenen Pflanzenarten im Wald und Freiland starke Unterschiede erkennen. Um dies näher zu untersuchen, werden die genauen Ansprüche der gefundenen Pflanzenarten nochmals mit den gegebenen Bedingungen des Wald- und Freilandbodens verglichen.

Daraus soll die Erkenntnis folgen, dass Pflanzen an ganz bestimmte Umweltbedingungen angepasst sind. Man kann daher oft von ihrem Vorkommen auf die Umweltbedingungen des entsprechenden Standortes schließen. Das gilt besonders, wenn die Pflanze nur in einem begrenzten Umweltbereich gedeihen kann. Solche Arten bezeichnet man als **Zeigerarten**.

Es können die verschiedenen Umweltfaktoren, für die es Zeigerarten gibt, sowie deren Nutzung als Bioindikatoren besprochen werden. Zeigerarten, die bei der Exkursion gefunden wurden, können vorgestellt und anschließend mit den eigenen Messungen verglichen werden (z.B. für den pH-Wert: Heidelbeere (pH 3,5 – 4,5); Bärlauch (pH 5,5 – 7)).

Eine weitere Möglichkeit wäre, den SchülerInnen für andere Zeigerarten Kontaktanzeigen analog zu den vorgegebenen Beispielen formulieren zu lassen.

### **Gefährdung durch Eingriffe des Menschen**

Auf der Basis der verschiedenen Funktionen des Waldes kann nun auf die Gefährdungen näher eingegangen werden. Zum einen kann das Problem eines *vom Sturm geworfenen oder aber kahlgeschlagenen Wald* diskutiert werden. Die Wirkungskette sollte hier gemeinsam mit den SchülerInnen im Unterrichtsgespräch erarbeitet werden.

- Schmelz- und Regenwasser können im Frühjahr nicht mehr so gut zurückgehalten werden. Es fließt nicht langsam nach und nach, sondern auf einmal ab, wobei fruchtbarer Boden mit geschwemmt wird und es letztendlich zu einer Erosion kommt.

- Wurzeln, die bisher den Boden zusammenhalten, fehlen. Somit können bei Niederschlägen steile Hänge ins Rutschen geraten.
- Die vom Wald angereicherten Nährstoffe gehen durch Auswaschung verloren.

Es bietet sich an, dazu auch die Ergebnisse des **Exkursionsversuchs** „*Waldboden ist nicht gleich Waldboden*“ mit einzubeziehen.

Anhand der entsprechenden Beobachtungen und den weiteren Überlegungen sollen die möglichen Konsequenzen eines *stark verdichteten Bodens* hergeleitet werden.

Aufgrund der Beobachtungen der SchülerInnen zur Sickergeschwindigkeit stellt sich die Frage des Bodenaufbaus und inwieweit sich die beiden Proben voneinander unterscheiden. Das Thema „*Bodenluft und Poren*“ kann in einem Lehrervortrag kurz erläutert werden.

- Bodenluft steuert die im Boden ablaufenden Oxidationsprozesse, ermöglicht die Atmung der Pflanzenwurzeln und der aeroben Mikroorganismen sowie Zersetzer. Auch die Zusammensetzung der Luft ist aufgrund der geringen fotosynthetischen Aktivität im Boden anders.

„Bodengefüge“, „Krümelbildung“ und „Bodenwasser“ sind weitere Punkte, die sich anschließen lassen.

Zusätzliche Überlegungen zu den möglichen Konsequenzen eines stark verdichteten Bodens und der Rolle des Menschen können auf dieser Grundlage erfolgen. Auch hier bietet sich eine Sammlung der einzelnen Konsequenzen eines stark verdichteten Bodens für das Ökosystem Wald im Klassenunterricht an.

- Mögliche Konsequenzen:
  - Wasser staut sich auf der Waldbodenoberfläche -> Fäulnis + Absterben von Bodenorganismen
  - Wasser fließt schnell oberflächlich ab -> Erosion -> Trockenheit
  - wenig Poren, keine Lufteinschlüsse -> anaerobe Bedingungen
  - Lebensraum für bestimmte Bodenlebewesen nicht mehr gegeben -> Artenvielfalt sinkt
  - Wurzeln können Boden nur schwer durchdringen -> Versorgung der Pflanzen
  - mit Wasser und Mineralstoffen gefährdet, evtl. Absterben einiger Pflanzen
  - fehlende Wurzeln -> Boden wird nicht mehr so gut zusammengehalten -> an Steilen Hängen kann Erde nach Niederschlägen ins Rutschen geraten

Eine weitere Gefährdung von Ökosystemen ist die *Bodenversauerung*. In diesem Zusammenhang sollte zuerst einmal die Rolle des pH-Wertes des Bodens im Wald besprochen werden. Die unterschiedlichen pH-Werte in den Bodenproben und die Rolle des pH-Wertes des Bodens im Ökosystem Wald können aufgrund der Schülermessungen des **Exkursionsversuchs** „*Bodenuntersuchung Waldboden*“ näher erläutert werden. Der Bodenbericht dient dabei als Grundlage. Weiterführend kann auf das Thema „*Waldgefährdung durch Bodenversauerung und Eingriffe durch den Menschen*“ eingegangen werden.

Aus den Messergebnissen der SchülerInnen zu den pH-Werten sollten sich für die unterschiedlichen Schichten im Waldboden verschiedene pH-Werte ergeben. Die SchülerInnen sollen nun selbstständig eine Erklärung dafür finden. Dazu dienen der Bodenbericht, das Schulbuch und das Internet. Gemeinsam werden die Informationen gesammelt und aufbereitet.

Anschließend lässt sich auch die Rolle des pH-Wertes im Ökosystem Wald erklären.

Die Problematik der Bodenversauerung durch Emission (Abgase von Kraftfahrzeugen belasten die Luft mit Kohlenstoffmonoxid, Stickoxiden und Rußpartikeln) sollte hier angesprochen werden.

- Diese Schadstoffgemische wirken als Gas oder schlagen sich als feste Schadstoffteilchen auf den Boden und die Pflanzen nieder (Immission). Einige Stoffe aus den Abgasen können durch chemische Reaktionen in andere Schadstoffe umgewandelt werden und beispielsweise als Salpeter- oder Schwefelsäure im Regen und im Schnee wieder auf die Erdoberfläche zurückkehren.

Weiter sind Informationen über die Folgen der Bodenversauerung zu sammeln. Dabei können sich die SchülerInnen Vieles selbstständig herleiten:

- negative Auswirkungen auf Bodenorganismen und Wurzelwerk
- vermehrte Auswaschung von Mineralstoffen
- Schwermetallsalze werden gelöst und über die Wurzeln von den Pflanzen aufgenommen
- Symbiosepilze sterben ab
- Zersetzungsprozesse laufen langsamer ab
- Zersetzerkette gestört

Gemeinsam können nun Maßnahmen gegen die Bodenversauerung erarbeitet werden. Dazu kann u. a. das Diagramm der Aufgabe 3 aus **Exkursionsversuch** „*Bodenuntersuchung Waldboden*“ dienen.

- Eine Sofortmaßnahme ist die Waldkalkung , um Calcium-Magnesiumcarbonat in den Wald einzubringen
- Ebenfalls ist es möglich, Baumarten zur Wiederaufforstung einzusetzen, die nicht so anfällig gegenüber schädlichen Umwelteinflüssen sind, z.B. die heimische Buche.
- Filteranlagen zur Reduktion der Emissionen
- Schaffung von stabilen Waldökosystemen durch naturnahe Mischwälder mit artenreichen Waldrändern

Weitere Gefährdungen des Waldes und Gegenmaßnahmen lassen sich anschließen.

Hier bietet sich die Möglichkeit, die **materialgeleitete Aufgabe** „*Gefährdungen des Waldes: Wirkungsketten zwischen Luft und Boden*“ einzusetzen.

## Umwelt- und Naturschutzaspekte

Im Unterricht kann dieses Thema beispielsweise durch Referate wie „Artenschutz“, „nachhaltige Bewirtschaftung“ oder „Renaturierungsmaßnahmen“ abgedeckt werden. Sollten bereits ausreichend Referate zu anderen Themenbereichen vergeben worden sein, bietet sich auch ein Expertenvortrag, z.B. durch einen Förster oder durch einen Umweltschutzverband an.

Im Themenbereich „*Bedeutung und Gefährdung von Ökosystemen*“ lässt sich zusätzlich die **materialgeleitete Aufgabe** „*Tropischer Regenwald*“ eingliedern.

## 10.8 Wildtiermanagement

(ca. 1 Unterrichtsstunde)

Die SchülerInnen sollen

- Vor- und Nachteile einer Wiederansiedlung großer Beutegreifer erläutern können. (Lernziel)
- in einem Rollenspiel verschiedene Positionen einnehmen und deren Standpunkte argumentativ vertreten können. (Lernziel)

In dieser Unterrichtsstunde wird ein Rollenspiel durchgeführt. Die SchülerInnen werden in verschiedene Gruppen eingeteilt, die unterschiedliche Positionen zum Thema „Wiederansiedlung der großen Beutegreifer Wolf, Bär und Luchs in Bayern“ einnehmen sollen. Dies können z.B. Vertreter einer Gemeinde, Tierschützer, Jäger oder Förster sein. Die SchülerInnen sammeln in ihren Gruppen möglichst viele Argumente für ihren entsprechenden Standpunkt. Als Hilfe dienen Bücher, Internetrecherchen oder Gespräche mit Experten. Die Sammlung der Argumente kann auch als Hausaufgabe erledigt werden.

In einer Art Podiumsdiskussion argumentieren die Vertreter der einzelnen Gruppen für ihren Standpunkt. Anschließend kann im Klassenverband weiter diskutiert werden.

### Beispiel: Bürgerversammlung

Der Bürgermeister/Gemeinderat hat erfahren, dass die Gemeinde von einem geplanten Wiederansiedlungsprojekt betroffen sein könnte. Um die Stimmung und Sichtweisen in der Gemeinde zu erkunden und sich selbst zu positionieren, wird zu einer Bürgerversammlung eingeladen, in der Vertreter von unterschiedlichen Interessen ihren Standpunkt vorstellen und miteinander diskutieren sollen.

Teilen Sie die Klasse in Kleingruppen ein, teilen Sie jeder Gruppe eine Interessensgruppe zu und händigen ihr die entsprechende Beschreibung (siehe unten) aus. Lassen Sie jede Gruppe sich in ihre Positionen einarbeiten, weitere Argumente überlegen und evtl. eine Diskussionsstrategie erarbeiten.

Lassen Sie sodann den Gemeinderat die Versammlung einberufen und gemäß der Beschreibung „Gemeinderat“ leiten.

- Gemeinderat  
Ihr leitet die Versammlung. Einer von Euch ist der Bürgermeister. Teilt die Abschnitte 1. bis 4. unter Euch auf (1. und 4. sollte der Bürgermeister übernehmen).
  1. Begrüßung / Ziel der Versammlung: Stimmung und Sichtweisen in der Gemeinde bezüglich des geplanten Wiederansiedlungsprojektes zu erkunden und abzuwägen.
  2. Jede Interessensgruppe darf ihren Standpunkt vorstellen (hier keine Diskussion zulassen!).
  3. Diskussion der Gruppen untereinander  
Gesprächsregeln: Es spricht immer nur einer (wird nach Handmeldung vom Gemeinderat aufgerufen); Jede Wortmeldung soll beginnen mit z.B. „Wir als...“, damit alle wissen, welche Interessensgruppe gerade spricht.
  4. Dank für die Teilnahme; Zusammenfassung des Ergebnisses (falls möglich); Verabschiedung
  
- orientierte Jagdpächter  
Ihr nehmt den jagdgesetzlichen Auftrag sehr ernst, einen gesunden und artenreichen Wildbestand zu erhalten. Deshalb ist Euch jede zusätzliche Art willkommen. Da z.B. der Luchs vor allem krankes und schwaches Rehwild erbeutet, seht Ihr in ihm eine Art Gesundheitspolizei sowie einen Mitstreiter bei der Reduktion überhöhter Rehbestände.
  
- traditionell orientierte Jagdpächter  
Für Euch sind die großen Raubtiere Konkurrenten bei der Jagd und Hege des Schalenwildes. Ihr zahlt hohe Preise für die Jagdpacht und seht nicht ein, dass der Wolf den stolzen Hirsch reißt, in den Ihr schon so viel Futter investiert habt und für dessen Geweih Ihr schon einen Platz an Eurer Wohnzimmerwand reserviert habt.
  
- Landwirte mit Schafhaltung  
Ihr befürchtet, dass die Raubtiere in die Weide eindringen und Schafe reißen. Ihr habt zwar gehört, dass es hierfür Entschädigungszahlungen geben soll, seid aber skeptisch und fürchtet den bürokratischen Aufwand. Und selbst wenn nur ein Schaf gerissen wird, erleidet die gesamte Herde eine extreme Stresssituation.
  
- Waldbesitzer  
Um Euren Wald fit für den Klimawandel zu machen, habt Ihr für die kommende Waldgeneration auch Buchen, Tannen und Eichen gepflanzt. Ihr erlebt, dass trotz der Jagd diese Pflanzungen vom Rehwild stark verbissen und zerstört werden. Ihr habt Hoffnung, dass das Raubwild zusätzlich zu den Jägern den Rehen Beine macht, nach dem Motto „Konkurrenz belebt das Geschäft“.

- Förster  
Ihr würdet Euch als örtliche Förster freuen, wenn es gelingt, Arten, die an der Spitze der Nahrungspyramide stehen, wieder anzusiedeln. Wenn das funktioniert, zeigt das, dass das ökologische Gleichgewicht intakt ist. Ihr wisst, dass dafür große, zusammenhängende Waldgebiete nötig sind. Ihr könnt berichten, dass Menschen das sehr scheue Raubwild nur selten zu Gesicht bekommen und Angriffe auf Menschen eine absolute Seltenheit darstellen.
- Eltern des örtlichen Kindergartens  
Ihr habt Angst, dass den Kindern z.B. bei einem Ausflug etwas zustößt. Ihr habt auch schon gehört, dass Raubtiere bis in Siedlungen vorgedrungen sind. Die Sicherheit der Kinder hat für Euch absolute Priorität. Und Ihr seid überzeugt, es kommt nicht von ungefähr, dass die Raubtiere in den Märchen als böse und blutrünstig dargestellt werden. Denn die Märchen wurden geschrieben, als die Raubtiere noch frei in der Natur lebten.
- Mitglieder des Wandervereins  
Ihr seid gegen das Projekt. Für Euch ist es eine Errungenschaft der Zivilisation, dass das Wandern und jeder sonstige Aufenthalt in der Natur heute gefahrlos möglich ist. Durch Brotzeit und Picknick werden diese Tiere Eures Wissens nach geradezu angelockt. Zudem befürchtet Ihr, dass Wandergruppen und sonstige Gäste die Region im Falle einer Wiederansiedlung meiden werden.
- Mitglieder des Naturschutzvereins  
Ihr wollt die ursprünglichen Wildarten zurückhaben. Ihr findet, die Jäger, die vor über hundert Jahren Wolf, Bär und Luchs ausgerottet haben, hätten nun einiges gut zu machen. Angst und Gefahr für die Bevölkerung können gebannt werden, indem für die entsprechenden Bereiche Betretungsverbote erlassen werden, was der Natur auch insgesamt zugutekommt.

## 10.9 Ressource Wald – Nachhaltigkeit

(ca. 1 Unterrichtsstunde)

Die SchülerInnen sollen

- den Wald als wichtige Rohstoffquelle erkennen die aber nachhaltig bewirtschaftet werden muss.

Im Rahmen der Aktivität „Die Erbgemeinschaft und ihr Wald“ befassen sich die Teilnehmer mit dem Thema Nachhaltige Nutzung. In der ersten Spielrunde spielen die Spieler gegeneinander, in der zweiten arbeiten sie zusammen. Dann erfolgt ein Vergleich der beiden Spielrunden. Die Teilnehmer erfahren, wie Konkurrenzsituationen die nachhaltige Nutzung einer Ressource erschweren oder verhindern können. Sie lernen, den optimalen Nutzungsgrad (Entnahmemenge) festzustellen und erfahren das Prinzip „Nachhaltigkeit“ spielerisch.

### Material

Spielregeln, Zahnstocher(sie symbolisieren Bäume), Hölzchen zum Abgrenzen einer Fläche von ca. 30 cm x 30 cm oder das Spielbrett (siehe Bild), Kärtchen mit der Liste erlaubter Entnahmemengen pro Teilnehmer

### Vorbereitung

Kopieren Sie die Spielregeln.

### Ablauf

Schildern Sie die Regeln und nennen Sie die Aufgabenstellung der ersten Spielrunde Bilden Sie Gruppen zu je drei Personen. Die Gruppen räumen jede für sich ein kleine Fläche am Waldboden frei (ca. 30 x 30 cm) und begrenzen sie mit Hölzchen.

Jede Gruppe erhält 61 Zahnstocher und eine Karte mit den erlaubten Entnahmemengen 12 Zahnstocher werden auf den mit Hölzchen umfassten Fläche gelegt. Sie symbolisieren 12 Bäume, die auf der Fläche stehen.

- In der ersten Spielrunde spielen die Teilnehmer innerhalb der Gruppe gegeneinander. Sieger ist, wer innerhalb der Gruppe die meisten Bäume (Zahnstocher) geerntet hat, also mehr Bäume hat als jeder andere Spieler in seiner Gruppe.
- Rufen Sie die Gruppen zusammen. Fragen Sie die Teilnehmer, wie bei ihnen das Spiel abgelaufen ist und was sie dabei erlebt haben. Hier endet die erste Spielrunde.

### Lage vor der ersten Spielrunde

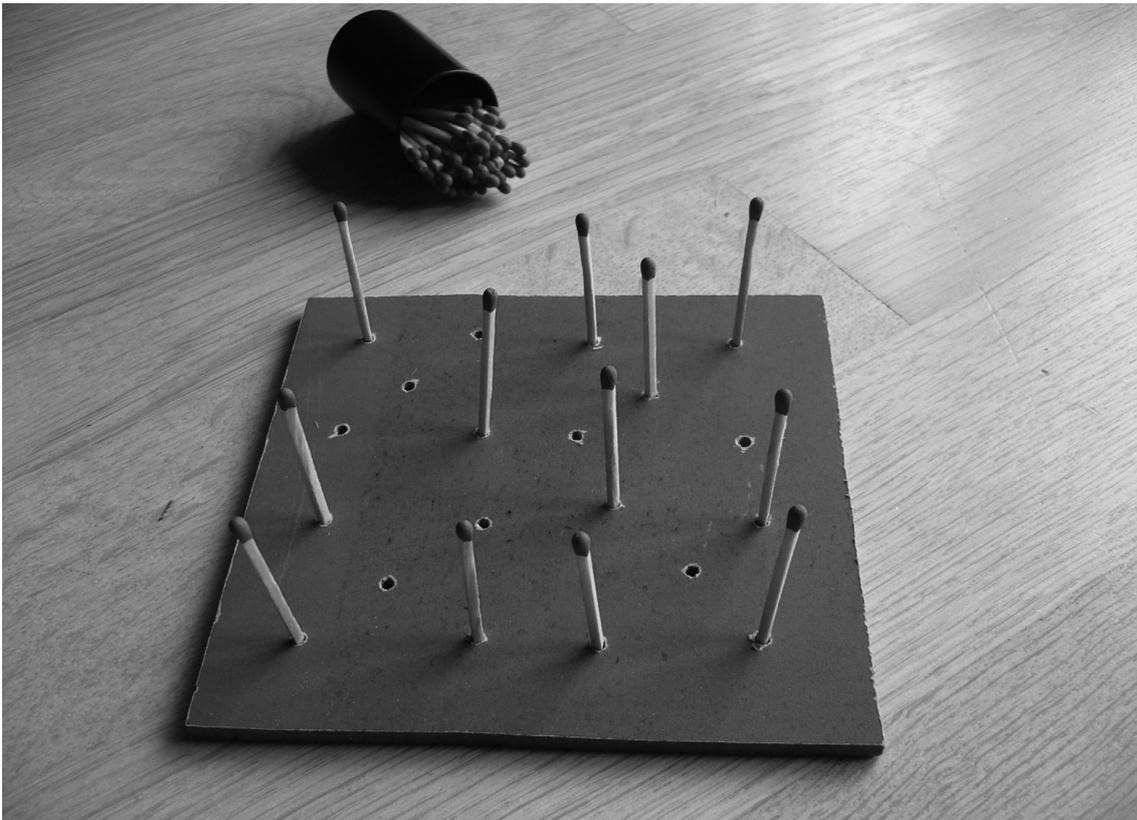
- Drei Geschwister haben von ihren Eltern gemeinsam einen kleinen Wald geerbt. Sie bilden eine Erbgemeinschaft.
- Jedes Jahr darf jeder von ihnen Bäume aus dem gemeinsamen Wald fällen und das Holz verkaufen. Je mehr Bäume der Einzelne fällt und verkauft, umso mehr Geld hat er.
- Dazu bilden wir kleine Gruppen mit je drei Spielern. Diese drei Spieler stellen die drei Geschwister dar. Falls bei der Aufteilung in Gruppen Spieler übrig bleiben, so wird je einer einer Gruppe als Beobachter beigelegt. Er passt auf, dass die Regeln eingehalten werden und beobachtet, wie das Spiel verläuft.

- Im geerbten Wäldchen stehen zu Beginn 12 Bäume. Die Bäume werden durch Zahnstocher im Spiel dargestellt.
- Jede Gruppe sucht sich einen Platz, und legt Hölzchen, um eine kleine Fläche abzugrenzen. Das ist die Fläche, auf der die Bäume wachsen. Dort hinein werden die Zahnstocher gelegt.
- Derjenige, der in der Gruppe als nächster Geburtstag hat, beginnt. Reihum im Uhrzeigersinn dürfen die Spieler Bäume (Zahnstocher) herausnehmen. Wie viele von jedem Spieler entfernt werden dürfen, steht auf dem Kärtchen, das jede Gruppe erhält.
- Jeder Spieler entscheidet für sich, welche der erlaubten Entnahmemengen er wählt. Er muss aber immer zumindest einen Baum entnehmen.
- Nachdem reihum jeder der Spieler Bäume entnommen hat, wachsen für die nächste Entnahmerunde wieder Bäume nach. Das heißt, es werden weitere Zahnstocher in die umgrenzte Fläche auf dem Waldboden gelegt.
- Es wächst immer genau die gleiche Anzahl Bäume nach, die übrig geblieben ist, sodass für die nächste Entnahmerunde immer doppelt so viele Bäume zur Verfügung stehen wie übrig geblieben sind. Sind z. B. fünf Bäume übrig geblieben, so wachsen fünf nach und für die nächste Entnahmerunde stehen zehn zur Verfügung.
- Es können aber nie mehr als 20 Bäume im Wäldchen Platz finden. Das heißt, auch wenn bei der Verdoppelung mehr als 20 Bäume im Wäldchen stehen müssten, wird nur bis 20 aufgefüllt.
- Gibt es keine Bäume mehr, ist der Wald gerodet und das Spiel ist aus. Ansonsten dauert das Spiel fünf Entnahmerunden.
- Jeder zählt, wie viele Bäume er herausgenommen hat. Derjenige, der die meisten hat, ist der Sieger in der Gruppe.

### **Nennen Sie die Aufgabenstellung der zweiten Spielrunde**

- Die Spielregeln sind die gleichen wie in der ersten Spielrunde. Dieses Mal arbeiten aber die Spieler in der Gruppe zusammen. Ziel ist es, in fünf Entnahmerunden als Gruppe möglichst viele Bäume zu produzieren, d. h. zu entnehmen und nachwachsen zu lassen.
- Dazu dürfen alle Spieler miteinander reden und sich eine gemeinsame Strategie ausdenken. Ist ein Beobachter vorhanden, darf er natürlich beraten. Am Schluss der fünf Entnahmerunden werden alle entnommenen Bäume und auch die, die am Ende nach der Verdoppelung verblieben sind, zusammengezählt.
- Wir vergleichen dann, wie viele Bäume jede Gruppe produzieren konnte. Die Gruppe, die zusammen die meisten Bäume produziert hat, hat gewonnen.

**Abbildung 20:** Mit einfachen Mitteln kann eine dauerhafte Indoor Ausführung des Erbgemeinschaftsspiels gebastelt werden. *Forstliche Bildungsarbeit 2009*



Kärtchen mit erlaubten Entnahmemengen: Bitte kopieren Sie diese für jede Gruppe. Da Restbestände immer verdoppelt werden, sind die Anfangsbestände in jeder Entnahmerunde durch gerade Zahlen gekennzeichnet.

In jeder Entnahmerunde muss jeder Spieler mindestens 1 Baum entnehmen.

Bäume im Wäldchen	Jeder Spieler darf entnehmen:
2	1
4	1
6	1 oder 2
8	1 oder 2
10	1, 2 oder 3
12	1, 2, 3 oder 4
14	1, 2, 3 oder 4
16	1, 2, 3, 4 oder 5
18	1, 2, 3, 4, 5 oder 6
20	1, 2, 3, 4, 5 oder 6

Beispiel für 1. Spielrunde:

Entnahmerunde	Anfangsbestand Bäume	Entnahme Petra	Entnahme Franz	Entnahme Melanie	Restbestand Bäume
1	12	4	3	2	3
2	6	2	1	1	2
3	4	1	1	1	1
4	2	1	1	0	0
<b>Summe</b>		8	6	4	

Ergebnis: Petra hat „gewonnen“. Der Wald hat aber nur vier Spielrunden überstanden

Beispiel für 2. Spielrunde

Entnahmerunde	Anfangsbestand Bäume	Entnahme Petra	Entnahme Franz	Entnahme Melanie	Restbestand Bäume
1	12	1	1	1	9
2	18	2	2	2	12
3	20	4	3	3	10
4	20	3	3	4	10
5	20	3	4	3	10
<b>Summe</b>		13	13	13	

Ergebnis: Die Gruppe hat insgesamt 59 Bäume „produziert“. Gezählt werden die genutzten Bäume und der (bis zur Obergrenze von 20) verdoppelte Restbestand nach der fünften Entnahmerunde. Jeder Spieler hat mehr Bäume genutzt als bei der 1. Spielrunde. Es ist also jeder sogar reicher geworden als beim ersten Spiel. In der Entnahmerunde 3 haben die Spieler das Optimum für die Baumentnahme gefunden und behalten es die folgenden Entnahmerunden bei. Bei einem Restbestand von 10 Bäumen ist der Zuwachs optimal. Sind im Restbestand mehr Bäume (siehe Entnahmerunde 2), wachsen weniger Bäume zu, denn im Wald können höchstens 20 Bäume stehen. Jeder der Spielteilnehmer erwirtschaftet gleich viel Ertrag und ein weiterer Erfolg ist, dass auch nach fünf Entnahmerunden der Wald erhalten geblieben ist. So könnte man das Spiel bis ins unendliche spielen.

Die Schüler sollten alleine auf die nachhaltige Lösung kommen.

Aktivität „Erbengemeinschaft und ihr Wald“ ist aus dem Ordner „Forstliche Bildungsarbeit“

# 11 Materialgeleitete Aufgaben für den Unterricht

## 11.1 Anpassung an Umweltbedingungen

### 1. Überlebensstrategien von Rotbuche und Waldkiefer

Ein Lebewesen kann sich seiner Umgebung so anpassen, so dass seine Überlebensfähigkeit deutlich erhöht wird. Dies nennt man auch Überlebensstrategie. Waldkiefer, als Nadelbaum, und Rotbuche, als Laubbaum, besitzen unterschiedliche Überlebensstrategien.

*Beschreiben Sie diese Strategien vergleichend in einen Text!*

In ihrem Text sollten die folgenden Aspekte vorkommen:

hohe Fotosyntheserate während der Vegetationsperiode, geringe Wasserverluste, Wasserversorgung der Blätter im Winter, ganzjährige Fotosynthese, geringere Blattoberfläche.

### 2. Sonnen- und Schattenblätter der Rotbuche

**Abbildung 21:** Unterschiedlicher Aufbau eines Sonnen und Schattenblattes *Grafik Jürgen Wirth, Dreieich*

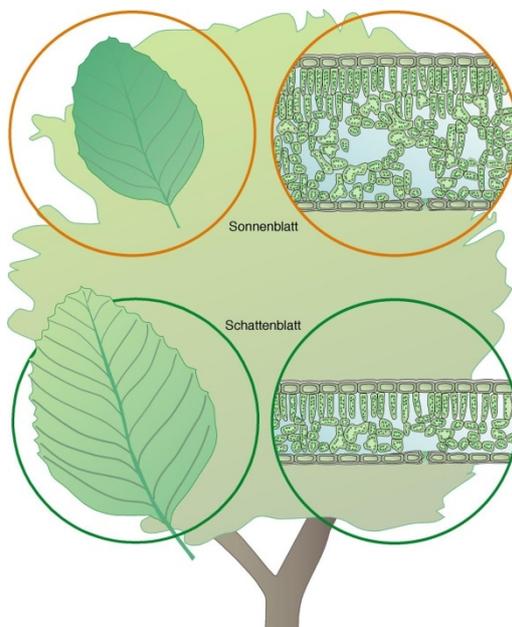
Beispielhaft für eine gelungene Anpassung an bestimmte Umweltbedingungen stellen die Sonnen- und Schattenblätter der Rotbuche dar.

Im Bereich der Baumkrone, in die viel Licht einfällt, befinden sich die sogenannten Sonnenblätter. Im inneren und im unteren Bereich des Baumes kommen Schattenblätter vor.

Da in das Innerer des Baumes meist sehr wenig Licht gelangt, bilden sich Sonn- und Schattenblätter von ein und demselben Baum unterschiedlich aus.

Bei Untersuchungen von Sonnen- und Schattenblätter ergaben sich folgende Ergebnisse:

Die durchschnittliche Blattoberfläche betrug bei Sonnenblättern  $28 \text{ cm}^2$  und bei Schattenblättern  $47 \text{ cm}^2$ . Die Sonnenblätter waren etwa  $0,2 \text{ mm}$ , die Schattenblätter  $0,1 \text{ mm}$  dick. Der Gehalt an Farbstoffen, die Licht absorbieren und für die Fotosynthese verfügbar machen, ist bei Schattenblättern pro Gramm Blattmasse doppelt so hoch wie bei Sonnenblättern.



a. Vergleichen Sie in Form einer Tabelle die Sonnen- und Schattenblätter der Rotbuche! Welche Unterschiede in der Anpassung an die Licht-

verhältnisse können Sie deuten!

- b. Überlegen Sie, wie man Nachweisen könnte, dass die Entwicklung eines Schattenblattes nicht erblich, sondern durch Umwelteinflüsse bedingt ist! Diskutieren Sie Ihre Vorschläge anschließend!

## Beispiellösung: Anpassung an die Umweltbedingungen

### 1. Kompetenzbereich Kommunikation, Erkenntnisgewinnung; Anforderungsbereich II

Junge Rotbuchen können bereits bei sehr wenig Licht wachsen und nutzen das Ihnen zur Verfügung stehende Sonnenlicht effektiv aus. Bei Laubbäumen wie der Buche beschränkt sich die Fotosyntheserate nur auf die Zeit der Belaubung während der Vegetationsperiode. Um den Wasserverlust außerhalb der Vegetationsperiode möglichst gering zu halten, wirft die Buche im Herbst Ihre Blätter ab. Damit fährt der Laubbaum auch seine Wasserversorgung runter, oder stoppt diese komplett. Zudem würde das Wasser in den Blättern gefrieren, die Zellen zerstören und der Baum könnte im folgenden Jahr nicht oder nur mit großen Verlusten und Schäden austreiben.

Die Waldkiefer jedoch betreibt das ganze Jahr über Fotosynthese, da Sie, als Nadelbaum ihre Nadeln nicht jährlich abwirft und erneuert. Ein Nadelbaum behält seine Nadeljahrgänge mehrere Jahre (2 -40 Jahre). Durch die geringe Blattoberfläche ihrer Nadeln ist sie daran angepasst kaum Wasser zu verdunsten.

### 2a. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich I

	Sonnenblatt	Schattenblatt
<b>Position im Baum</b>	äußere Bereiche der Baumkrone	untere Bereiche der Baumkrone
<b>Lichtverhältnisse am Wuchsort</b>	viel Sonneneinstrahlung	wenig Sonneneinstrahlung
<b>Durchschnittliche Blattoberfläche</b>	28 cm <sup>2</sup>	47 cm <sup>2</sup>
<b>Gehalt an Farbstoffen im Blatt</b>	gering (halb so hoch wie bei Schattenblatt)	hoch (doppelt so hoch wie bei Sonnenblatt)

An Stellen im Baum an die weniger Licht gelangt wachsen Schattenblätter. Durch den hohen Gehalt an Blattfarbstoffen und die große Blattoberfläche können die Schattenblätter das wenige Licht besser für die Fotosynthese als die lichtverwöhnten Sonnenblätter nutzen. Das intensivere Sonnenlicht dringt tief in die dickeren Sonnenblätter ein, sodass die innen liegenden Zellen Fotosynthese treiben können. Um den Wasserverlust durch die Verdunstung zu reduzieren sind Sonnenblätter kleiner und dicker.

**2b. Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung, Anforderungsbereich III***Vorschlag 1:*

Pflanzen Sie gleiche Zweige getrennt ein, und setzen Sie diese unterschiedlichen Lichtverhältnissen aus. Im düsteren Versuchsaufbau bilden sich Schattblätter aus. In Bereichen mit hoher Lichtstärke bilden sich Sonnblätter heraus.

*Vorschlag 2:*

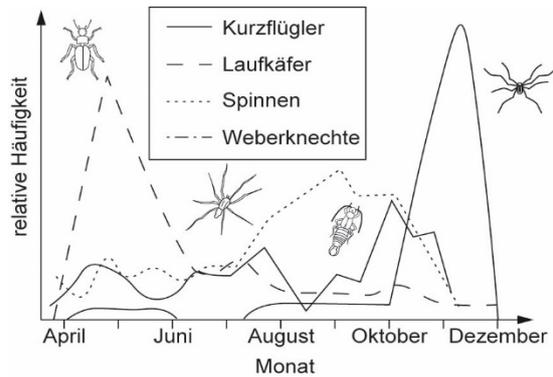
Beschneiden Sie Bäume so, dass Äste, die bisher im Schatten gewachsen sind, viel Licht erhalten oder beschatten Sie, bisher sehr guten Lichtverhältnissen ausgesetzten Blätter mit einem gespannten Tuch.

Vergleichen Sie nach ca. 1 Monat die ehemaligen und die jetzigen Blätter miteinander.

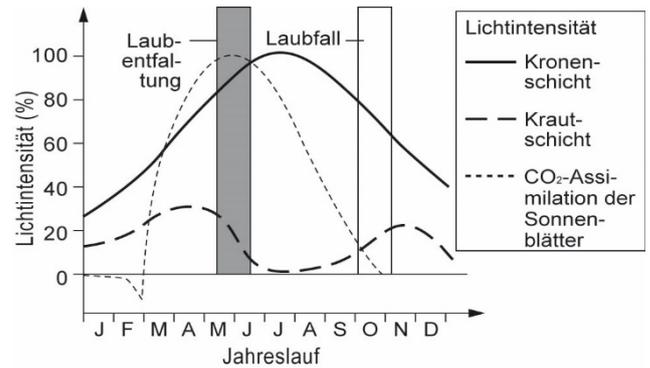
### 11.2 Aspektfolge verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie

In unseren Breiten hat der Wald zu jeder Jahreszeit ein anderes Gesicht. Der Ökologe bezeichnet das jeweilige Erscheinungsbild der Biozönose als deren *Aspekt*. Die unteren Abbildungen zeigen Ausschnitte aus der Aspektfolge im Eichen-Buchen-Mischwald.

**Abbildung 23:** Häufigkeit typischer Bodenlebewesen im Wald  
LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie



**Abbildung 22:** Jahresgang der Lichtintensität im Mischwald und CO<sub>2</sub>-Assimilation  
LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie



Die jahreszeitlichen Schwankungen der Klimafaktoren führen zu periodischen Wechseln im Erscheinungsbild eines Ökosystems (Aspektfolge). Es wiederholt sich Jahr für Jahr und zeigt für jede Jahreszeit charakteristische Formen, z. B. in den Blüh- und Vegetationsphasen der Pflanzenarten.

**Abbildung 24:** Aspektfolge (Pflanzen) in einem Eichen-Buchen-Mischwald (Blühphase und Vegetationsphase)  
LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Baumschicht</b>												
Rotbuche					Blühphase	Vegetationsphase						
Stieleiche					Blühphase	Vegetationsphase						
Traubeneiche					Blühphase	Vegetationsphase						
Esche				Blühphase	Vegetationsphase							
Bergahorn					Blühphase	Vegetationsphase						
<b>Strauchschicht</b>												
Traubenkirsche					Blühphase	Vegetationsphase						
Faulbaum					Blühphase	Vegetationsphase						
Feldahorn					Blühphase	Vegetationsphase						
Haselnuss		Blühphase	Vegetationsphase									
Schw. Holunder					Blühphase	Vegetationsphase						
<b>Krautschicht</b>												
Buschwindröschen			Blühphase	Vegetationsphase								
Scharbockskraut		Blühphase	Vegetationsphase									
Waldgoldstern			Blühphase	Vegetationsphase								
Waldmeister					Blühphase	Vegetationsphase						
Waldziest						Blühphase	Vegetationsphase	Vegetationsphase	Vegetationsphase	Vegetationsphase	Vegetationsphase	Vegetationsphase

#### Aufgaben

1. Beschreiben Sie die Aspektfolge in einem Eichen-Buchen-Mischwald!

2. Erläutern Sie mögliche Zusammenhänge der dargestellten abiotischen und biotischen Faktoren im Jahresverlauf!

**Beispiellösung: Aspektfolge:**

**7. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich I**

Im Frühjahr steht der Wald vor der Laubentfaltung. Frühblüher der Krautschicht beginnen ihre Vegetationsperiode weit vor den Pflanzen der Strauch- und Baumschicht. Auch ihre Blühphase liegt früher. Die Sträucher und Bäume setzen zum Blattaustrieb verstärkt Kohlenstoffdioxid frei. Ihre Blühphase liegt je nach Bestäubungsart zu Beginn der Laubausbildung, bei der Haselnuss allerdings schon weit vor der Belaubung. Mitte des Frühjahrs beginnt die Aktivität der Bodenlebewesen. Die Laufkäfer haben ein Dichtemaximum im Mai. Im Sommer ist die Baumschicht voll belaubt. Die Lichtintensität – und damit die Fotosyntheserate – in der Kronenschicht ist sehr hoch, während sie in der Krautschicht auf ein Minimum sinkt und dort nur noch wenige Schattenpflanzen existieren können. Frühblüher haben ihre Vegetationsperiode schon beendet. Bei den Bodentieren nimmt die Populationsdichte der Spinnen ab Juli zu. Mit dem Laubfall im Herbst steigt die Anzahl der Kurzflügler und vor allem der Weberknechte. Die Fotosyntheserate der Bäume und Sträucher sinkt durch den Laubfall stark ab. Mit sinkenden Temperaturen gehen auch die Populationsdichten der Bodenlebewesen zurück.

**8. Kompetenzbereich Fachwissen, Anforderungsbereich II**

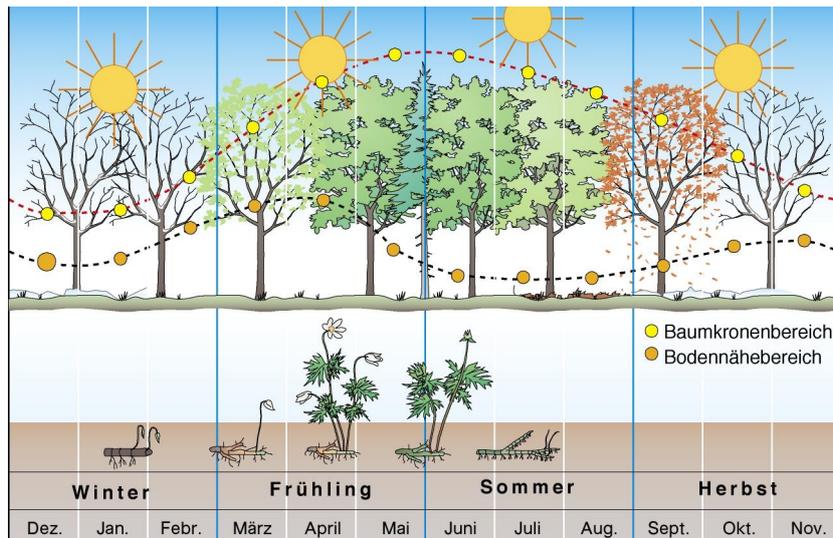
Bezogen auf die Pflanzen bestimmt die Lichtintensität maßgeblich die zeitliche Abfolge von Blüh- und Vegetationsphase im Wald. Die Frühblüher haben ihre kurze Vegetations- und Blühphase vor dem Laubaustrieb der Strauch- und Baumschicht, da sie auf eine große Lichtintensität angewiesen sind. Trotz der niedrigen Temperaturen gelingt es ihnen durch ihre Speicherorgane frühzeitig auszutreiben. Ihre Vegetationsphase endet, wenn das Laubdach der Baumschicht zu dicht wird. In dieser Zeit müssen sie Reservestoffe für das kommende Jahr angesammelt haben. Die Sträucher und Bäume haben ihre Blühphase je nach Bestäubungsart vor oder gleich zu Beginn der Laubbildung (Windbestäuber) oder erst nach der Belaubung (Tierbestäuber). In Abhängigkeit von der Lichtintensität entfalten sie ihre höchste Fotosyntheserate in den frühen Sommermonaten, während in der Krautschicht ausschließlich Schattenpflanzen mit geringen Lichtansprüchen überdauern können. Bei den Bodenlebewesen haben die Laufkäfer im Mai ein Dichtemaximum. Als räuberisch lebende Tiere ernähren sie sich von den Larven anderer Insekten bzw. als Pflanzenfresser ernähren sie sich vornehmlich von Pflanzensäften. Der Populationsanstieg von Kurzflüglern und Weberknechten liegt im steigenden Nahrungsangebot durch den Laubfall begründet. Den Winter überleben die Bodenorganismen als Ei, Larve oder Imago.

### 11.3 Licht als Umweltfaktor verändert nach Klett: Natura 10; G8 Biologie für Gymnasien

Das Buschwindröschen kommt in Laubmisch- und Nadelmischwäldern vor. Sein Erdstängel ist Überdauerungs-, Speicher- und Wachstumsorgan. Es hat eine breite ökologische Toleranz und ist daher auf allen nicht zu sauren Böden anzutreffen.

**Abbildung 25:** Entwicklung des Buschwindröschens im Jahresverlauf

Grafik Prof. Jürgen Wirth, Dreieich



Die obere Kurve der Abbildung 25 zeigt die Sonneneinstrahlung über dem Kronendach der Bäume im Verlauf eines Jahres. Die untere Kurve gibt an, wie viel Licht noch am Waldboden auftrifft.

1. Geben Sie mithilfe der Abbildung für die Mitte der Monate Januar bis Dezember in etwa an, wie viel Prozent des Lichts der Sonneneinstrahlung über den Baumkronen noch auf dem Boden ankommt!
2. Beschreiben Sie die Entwicklung des Buschwindröschens im Jahresverlauf!
3. Zeichnen Sie für das Buschwindröschen eine Toleranzkurve bezüglich des Umweltfaktors Licht und geben Sie die zugehörigen Fachausdrücke an!
4. Begründen Sie, warum im Juni die Blätter verwelkt sind!
5. Bezüglich des Umweltfaktors Feuchtigkeit und pH-Wert des Bodens ist in einem Ökologiebuch folgende Beschreibung zum Buschwindröschen zu finden:

*„Es wächst auf mäßig feuchten und mäßig sauren Böden.“*

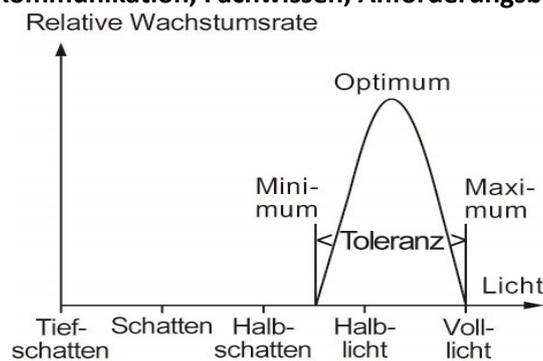
Entwerfen Sie jeweils eine passende Toleranzkurve!

**Beispiellösung: Licht als Umweltfaktor****1. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich II**

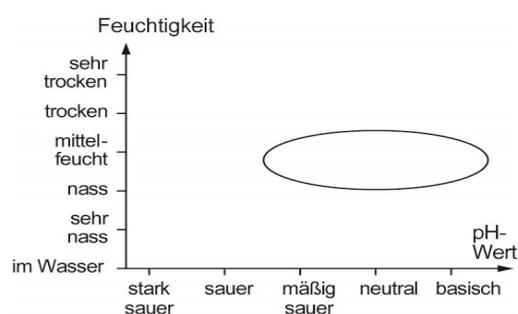
Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
50%	50%	50%	30%	6%	4%	7%	7%	7%	10%	30%	50%

**9. Kompetenzbereich Kommunikation, Fachwissen; Anforderungsbereich I**

Buschwindröschen blüht im März und April. Die weißen Blüten schwanken beim leisesten Windhauch hin und her, wovon sich der Name ableitet. Die zum Wachsen benötigten Nährstoffe wurden bereits im Vorjahr im Erdspross gespeichert. Unter der Blüte entspringen drei mehrfach geteilte Hochblätter. Das einzige Laubblatt erscheint nach dem Blütenaustrieb häufig erst im Mai, wenn das Buschwindröschen bereits Früchte angesetzt hat. Im Juni findet man nur noch verwelkte Blätter. Bis zum Mai müssen genügend Nährstoffe für die Zeit des Überwinterns und das Austreiben im Frühjahr in den Erdspross verlagert worden sein. Dieser wächst am vorderen Ende weiter, während er am hinteren Ende abstirbt. Aus Knospen entstehen Seitenzweige, an denen im nächsten Frühjahr wieder neue Pflänzchen austreiben.

**2. Kompetenzbereich Kommunikation, Fachwissen; Anforderungsbereich III****3. Kompetenzbereich Kommunikation, Fachwissen; Anforderungsbereich II**

Das Buschwindröschen ist eine Lichtpflanze. Wenn zu wenig Licht auf die Blätter auftrifft, ist der Energieverlust über die Zellatmung größer als der Gewinn über die Fotosynthese. Solange die Laubbäume noch keine Blätter besitzen, kann das Buschwindröschen jedoch aufgrund einer positiven Nettoprimärproduktion genügend Stärke im Rhizom speichern.

**4. Kompetenzbereich Kommunikation, Fachwissen; Anforderungsbereich III**

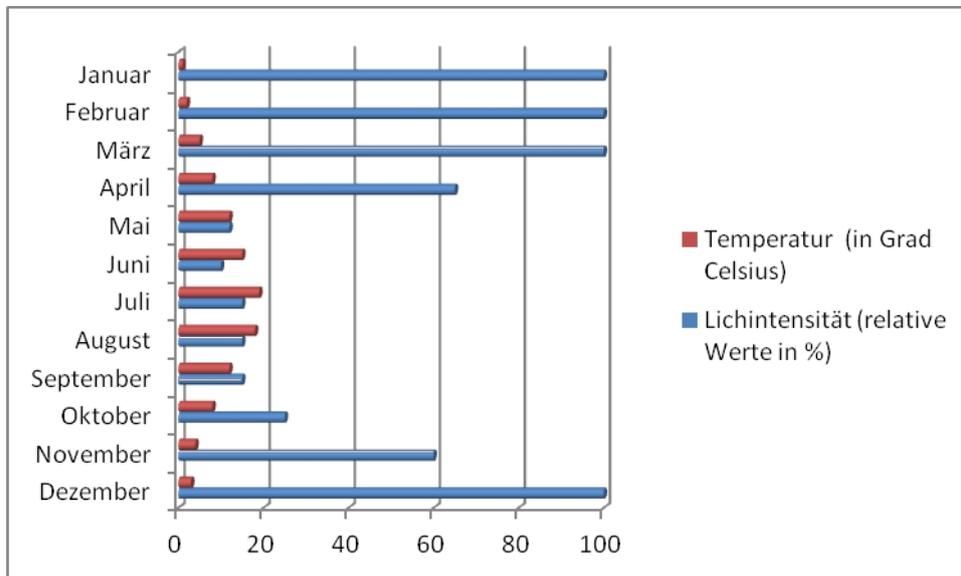
## 11.4 Umweltfaktoren Licht und Temperatur verändert nach Klett: Natura 10; G8 Biologie für Gymnasien

Die Tabelle gibt Auskunft über die durchschnittlichen Lichtmengen am Waldboden und Temperaturen im Verlauf eines Jahres.

Stellen Sie die Messwerte in einem Balkendiagramm da und erläutern Sie die Ursachen dafür!

**Abbildung 26:** Lichtintensität und Temperatur am Waldboden im Jahresverlauf LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie

Monat	Lichtintensität (relative Werte in %)	Temperatur (in °C)
Januar	100	1
Februar	100	2
März	100	5
April	65	8
Mai	12	12
Juni	10	15
Juli	15	19
August	15	18
September	15	12
Oktober	25	8
November	60	4
Dezember	100	3

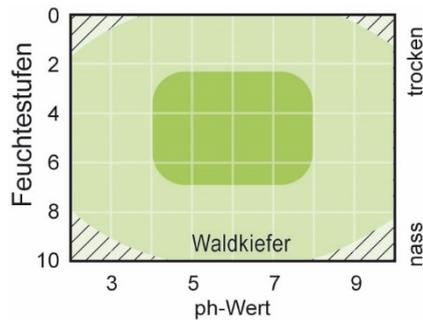
**Beispiellösung Umweltfaktoren Licht und Temperatur:****Kompetenzbereich Kommunikation, Fachwissen; Anforderungsbereich II**

Das Balkendiagramm zeigt zunächst eine Abnahme der Lichtintensität vom Frühjahr zum Sommer, verursacht durch die zunehmende Belaubung der Bäume, danach, infolge des fortschreitenden Blattabwurfs, eine Zunahme der Lichtintensität bis zum Winter. Der Temperaturverlauf verhält sich gegenläufig, d. h. die Temperaturen sind im Sommer, wenn die Sonne den höchsten Stand erreicht hat, am größten.

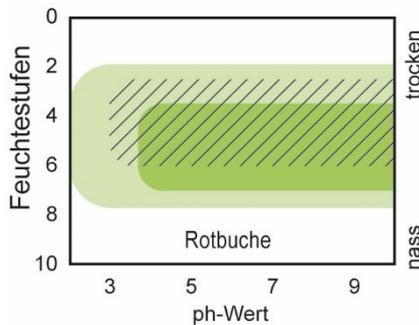
## 11.5 Konkurrenz und Konkurrenzvermeidung (verändert nach Klett: Natura 10; G8 Biologie für Gymnasien)

Lebewesen in einem Lebensraum stehen in Konkurrenz. Nur wenn sie sich in ihren Lebensansprüchen unterscheiden, können sie nebeneinander existieren.

**Abbildung 27:** Ökogramme von Buche und Kiefer LWF verändert Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie



Ein Ökogramm berücksichtigt bezüglich der ökologischen Toleranz zwei Umweltfaktoren. Daraus resultieren zweidimensionale Darstellungen. Abbildung 27 zeigt die Toleranz der Buche und der Kiefer in Reinkultur (autökologische Toleranz) und wenn beide unter Konkurrenzbedingungen wachsen (synökologische Toleranz), also in Konkurrenz zueinander stehen.



Wachstum als Einzelbaum ohne Konkurrenz

schwach

stark

natürliches Vorkommen in Freiland unter Konkurrenz



1. Zeichnen Sie für jede Baumart eine Toleranzkurve für die Umweltfaktoren Wasser und pH-Wert des Bodens! Zeigen Sie, welche Baumart eine breite bzw. eine enge ökologische Toleranz aufweist und nennen Sie die dazugehörigen Fachausdrücke!

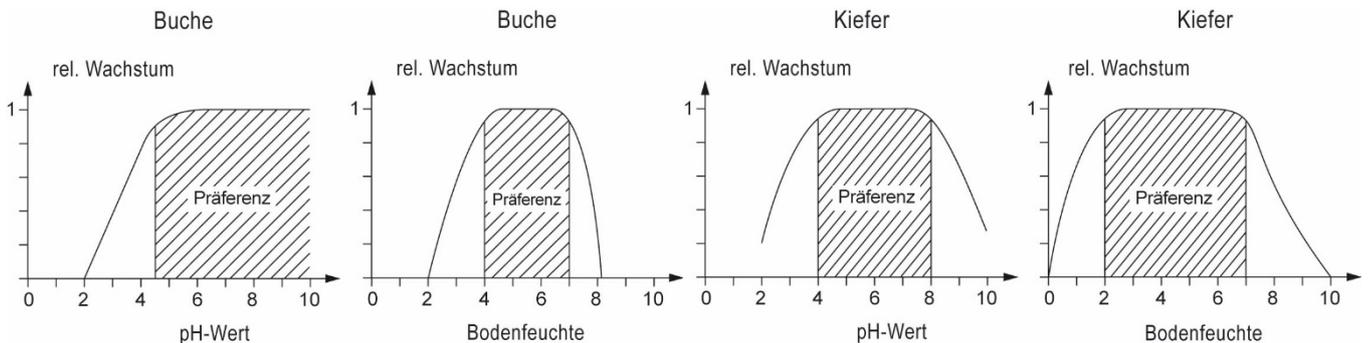
2. Der Präferenzbereich ist in den beiden Grafiken dunkelgrün dargestellt. Übertragen Sie diese Werte ebenfalls in Ihre Graphen für die Toleranzbereiche!

3. Überlegen Sie, welche Baumart konkurrenzkräftiger ist und daher die andere Baumart verdrängt! Nennen Sie Gründe hierfür!

4. Formulieren Sie das Konkurrenzausschlussprinzip und erläutern Sie es am Beispiel der Waldkiefer und der Rotbuche!

## Beispiellösung Konkurrenz und Konkurrenzvermeidung:

### 1. Kompetenzbereich Kommunikation, Fachwissen; Anforderungsbereich III



Bezüglich des pH-Wertes ist die ökologische Toleranz der Buche größer als die der Kiefer, beide sind jedoch euryök. Die Feuchtetoleranz ist bei der Kiefer größer als bei der Buche. Die Kiefer kann auf sehr trockenen, aber auch sehr feuchten Böden wachsen.

### 2. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich II

siehe Grafik

### 3. Kompetenzbereich Kommunikation, Fachwissen; Anforderungsbereich II

Unter Konkurrenzbedingungen ist die Buche im mittleren Feuchte- und pH-Bereich konkurrenzkräftiger und verdrängt an natürlichen Standorten die Kiefer. Dagegen kann die Kiefer auf extrem trockenen und feuchten, sowie sehr sauren und sehr basischen Böden besser gedeihen als die Buche und verdrängt diese dort. Die Buche ist eine schattenverträgliche Art, die in der Wuchseitung anderen Baumarten überlegen ist und diese daher im mittleren Toleranzbereich verdrängt.

### 4. Kompetenzbereich Fachwissen, Anforderungsbereich I,III

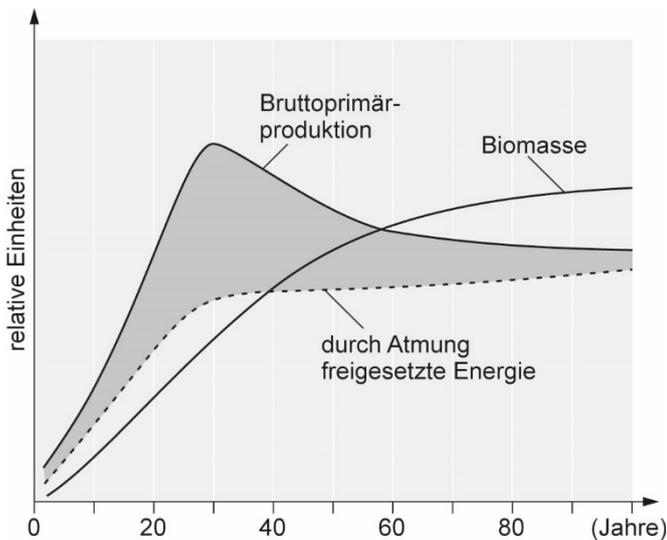
Konkurrenzausschlussprinzip: Verschiedene Arten können im gleichen Lebensraum nur dann existieren, wenn sie sich in ihren Lebensansprüchen unterscheiden. Im mittleren Toleranzbereich setzt sich die Buche als konkurrenzstärkere Art durch.

## 11.6 Ökosysteme im Wandel (verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie)

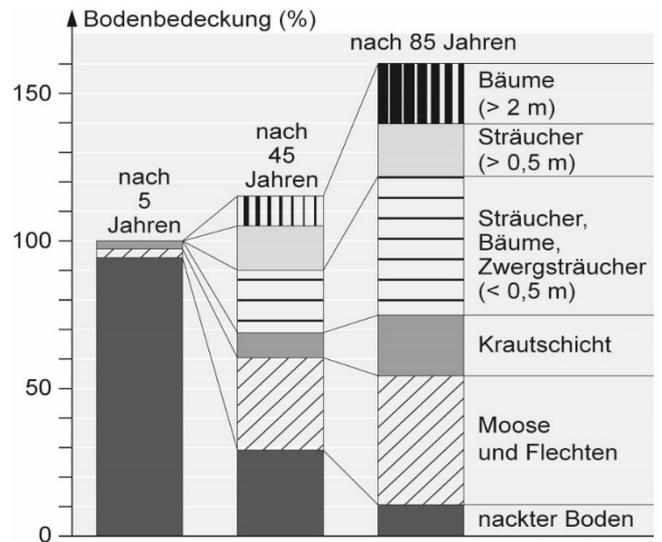
### Vom Geröll zum Lärchenwald

Moränen sind Geröllablagerungen, die von Gletschern vergangener Eiszeiten stammen. Die Vegetation auf Moränen unterschiedlichen Alters des Schweizer Aletschgletschers gibt Aufschluss über die Entwicklung des alpinen Lärchenwaldes.

**Abbildung 28:** Energieschema der Sukzession für das Ökosystem Wald LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie



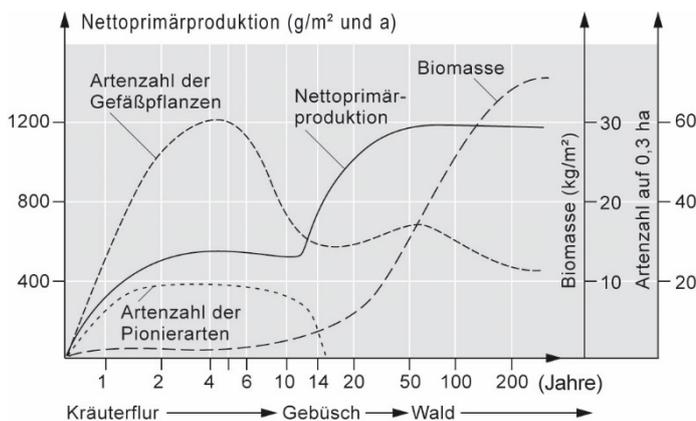
**Abbildung 29:** Vegetationsentwicklung auf Moränen des Aletschletschers LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie



### Wiederbewaldung von Brachland

Als Brachland bezeichnet man einst vom Menschen genutzte Ackerflächen, deren Bewirtschaftung aufgegeben wurde.

**Abbildung 31:** Die ungestörte Entwicklung brachliegenden Landes in mittleren Breiten LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie



**Abbildung 30:** Produktivität und Vegetation

LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie

Pflanzen	Nettoprimärproduktion in %	
	Bruttoprimärproduktion	
einjährige Kräuter	25	
mehrwährige Sträucher	50	
Laubbäume	10	

**Aufgaben**

1. Beschreiben Sie anhand der Abbildung 28 die Vegetationsentwicklung auf den Moränen!
2. Erläutern Sie anhand Abbildung 29 den schematischen Energieverlauf der Sukzession! Charakterisieren Sie die Stadien der Sukzession nach 20, 40 und 100 Jahren!
3. Stellen Sie Bezüge zwischen den beiden Abbildungen her!
4. Erklären Sie die in Abbildung 31 zusammengestellten Befunde!
5. Beschreiben und erklären Sie den Verlauf der Entwicklung in Abbildung 30!

Verwenden Sie dabei auch Abbildung 31!

**Beispiellösung Ökosystem im Wandel:****1. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich I**

Zunächst siedeln sich auf der nackten Moräne Moose und Flechten als Pionierorganismen an. Danach wachsen Kräuter und Sträucher. Nach 85 Jahren bedecken Bäume schon 20 % der Fläche. Unter 10 % des Bodens sind noch nackt.

**2. Kompetenzbereich Kommunikation, Fachwissen; Anforderungsbereich II**

Zu Beginn überwiegen Organismen, die eine hohe Bruttoprimärproduktion und eine hohe Atmung aufweisen. Nach 20 Jahren treten Organismen auf, die eine hohe Produktivität bei geringer Atmung haben. Die Nettoprimärproduktion steigt, und Biomasse reichert sich an. Nach 40 Jahren sinkt der Biomassezuwachs mit sinkender Nettoprimärproduktion. Die Biozönose hat nach 100 Jahren eine Stabilität insoweit erreicht, dass kein großer Zuwachs mehr erfolgt. Das kann ein Klimaxzustand sein.

**3. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich II****Kompetenzbereich Fachwissen, Anforderungsbereich III**

Moose und Flechten zeigen eine geringe, Kräuter und Sträucher dagegen eine hohe Nettoprimärproduktion. In der Endphase könnten Bäume dominieren, die wegen ihres relativ großen Holzanteiles eine geringere Nettoprimärproduktion aufweisen.

**4. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich I**

Einjährige Kräuter haben aufgrund der Notwendigkeit der Produktion der gesamten Biomasse aus Samen in einem Jahr eine relativ hohe Nettoprimärproduktion, aber durch die Wachstumsprozesse hohe Atmungsverluste. Mehrjährige Kräuter können in der gesamten Vegetationsperiode eine hohe Produktivität zeigen, da sie keine Verluste durch Keimung haben. Bei Laubbäumen geht viel durch Blattfall und Blattaustrieb und vor allem durch die Versorgung der nicht grünen Teile verloren.

**5. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich II****Kompetenzbereich Fachwissen, Anforderungsbereich III**

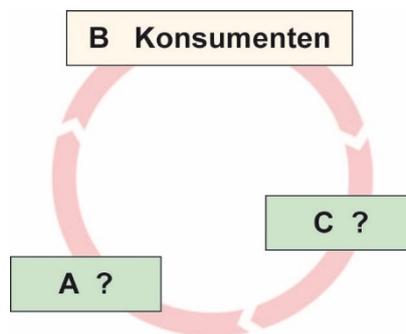
Die höchste Artenzahl findet sich in der Anfangsphase der Sukzession, die Nettoprimärproduktion steigt, wenn mehrjährige Kräuter den Bestand bestimmen. Im Klimaxzustand Wald bleibt die Nettoprimärproduktion konstant, ebenso wie die Biomasse und die Artenzahl.

## 11.7 Nahrungsbeziehungen (LWF verändert nach Manger et al., 2008)

Folgende Pflanzen und Tiere stehen in Nahrungsbeziehungen zueinander:

Buntspecht, Eicheln, Eichhörnchen, Fuchs, Gras, Habicht, Luchs, Reh, Waldmaus.

1. Entwickeln Sie mit den obigen Pflanzen und Tieren Nahrungsketten und ein Nahrungsnetz! Geben Sie auch die allgemeinen Bezeichnungen für die verschiedenen Ernährungsstufen an!
2. Machen Sie eine Aussage über die von Nahrungsebene zu Nahrungsebene weitergegebene Energie!
3. Ergänzen Sie die fehlenden Begriffe im Schema des folgenden Stoffkreislaufes!



4. Entwerfen Sie einen Lexikonartikel zum Stoffkreislauf von Kohlenstoffatomen!
5. Nennen Sie die Organismen der Gruppe C, die auch als Mineralisierer bezeichnet werden!

### Beispiellösung: Nahrungsbeziehungen

#### 1. Kompetenzbereich Fachwissen, Anforderungsbereich II

##### Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich II

siehe Grafik



#### 2. Kompetenzbereich Fachwissen, Anforderungsbereich I

Von Trophieebene zu Trophieebene wird etwa nur 1/10 der Energie weitergegeben.

#### 3. Kompetenzbereich Fachwissen, Anforderungsbereich I

A Produzenten, C Destruenten

#### 4. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich II

##### Kreislauf des Kohlenstoffs

Das wichtigste chemische Element in der Biomasse ist Kohlenstoff. Fast die gesamte Biomasse der Organismen besteht aus Kohlenstoffverbindungen. Diese werden von Produzenten aus dem Kohlenstoffdioxid der Luft im Prozess der Fotosynthese hergestellt. Kohlenstoffverbindungen dienen den Lebewesen in der Doppelfunktion als Gerüststoff und Energieträger. Durch Fraß und Abbau werden sie an Konsumenten bzw. Destruenten weitergereicht. Diese bauen daraus eigene Biomasse auf und verbrauchen energiereiche Kohlenstoffverbindungen, zum Beispiel Traubenzucker, für ihren Energiebedarf. Bei dieser Zellatmung wird wieder anorganisches CO<sub>2</sub> zurückgebildet. Dies geschieht so lange, bis sämtlicher Kohlenstoff, der ursprünglich in Biomasse fixiert wurde, wieder als CO<sub>2</sub> frei geworden ist. Damit schließt sich der Kohlenstoffkreislauf. Früher oder später gelangt sämtlicher Kohlenstoff als CO<sub>2</sub> wieder in die Atmosphäre, sodass statistisch das gesamte CO<sub>2</sub> alle drei bis vier Jahre einmal im Austausch mit der Biosphäre umgesetzt wird.

#### 5. Kompetenzbereich Fachwissen, Anforderungsbereich I

Pilze und Bakterien

## 11.8 Waldstreu verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie

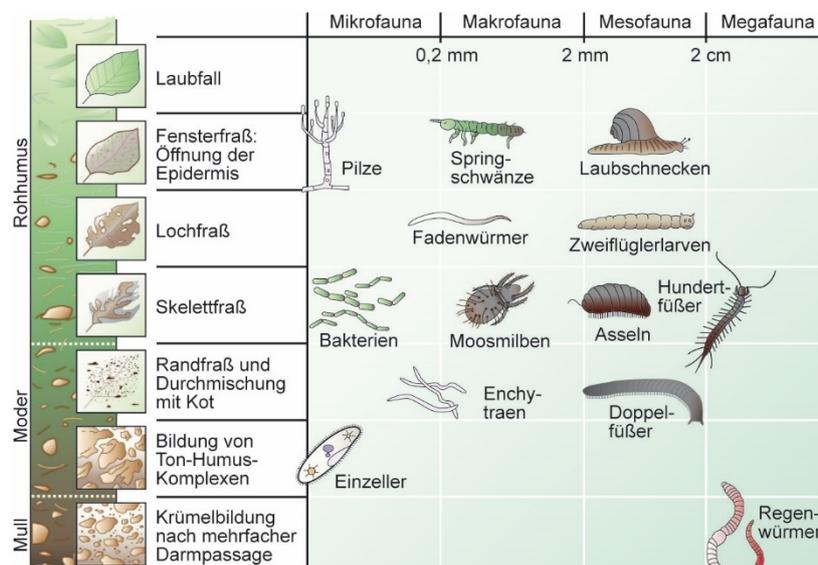
Jährlich fallen etwa 0,4 kg Streu auf einen Quadratmeter Waldboden. Diese Streu wird nach und nach zersetzt und zu Humus umgebildet. Die Zersetzungsdauer hängt außer von Temperatur, Feuchtigkeit und pH-Wert auch von der Zusammensetzung der Streu und der Bodenlebewelt ab. Man unterscheidet zwischen kaum zersetztem Rohhumus, Moder aus stärker zersetzter Streu und losen Mineralpartikeln sowie krümeligem Mull, der erst nach mehrfacher Darm- passage des Materials in Bodentieren entsteht. Je nach Waldtyp liegt die Zersetzungsdauer zwischen einem und mehreren Jahren. Hohe Stickstoffanteile in der Streu fördern die Protein- synthese und damit das Wachstum und die Zersetztätigkeit der Mikroorganismen. Nadel- waldstreu ist durch ihren Gehalt an Harzen besonders schwer zersetzbar.

Baumart	Zersetzungsdauer	C : N
Esche	1 Jahr	21 : 1
Ahorn	2 Jahre	52 : 1
Pappel	2-3 Jahre	63 : 1
Buche	3 Jahre	51 : 1
Lärche	> 5 Jahre	113 : 1

- Beschreiben Sie mithilfe der Abbildungen 32 und 33 die Beteiligung der Bodenlebewelt an der Zersetzung!
- Mit Falllaub gefüllte Netzbeutel (Maschenweite 0,25 mm) schließen die größeren Zersetzer wirksam von der Zersetzung aus. Vergleichen Sie die Zersetzungsdauer mit und ohne Netzbeutel im Buchenwald und Auwald (Abb. 42)! Erläutern Sie anhand der gegebenen abiotischen und biotischen Daten Gründe für die Unterschiede!

**Abbildung 32:** Anteil verschiedener Bodenlebewesen an der Zersetzung

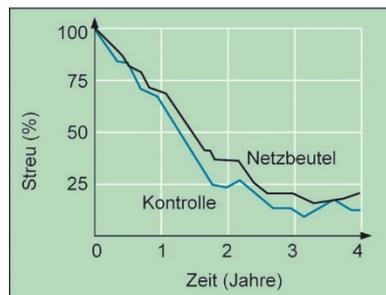
LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie,



**Abbildung 33:** Zersetzungsdauer mit und ohne Netzbeutel im Buchenwald und Auwald unter Beteiligung verschiedener Lebewesen LWF verändert Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie,

Buchenwald		Auwald
Buchen	Vorherrschende Baumarten	Pappeln, Ahorn, Esche u. a.
fehlt	Unterwuchs	üppige Krautschicht
Moder	Humusform	Mull
8,3 °C	Temperatur (Jahresmittel)	10 °C
3,5 – 4,5	pH-Wert	um 7
1050 mm	Niederschlag (Jahresmittel)	700 mm, jährliche Überflutung

Biomasse (g/m <sup>3</sup> )	Energieaufnahme (kJ/m <sup>2</sup> /Jahr)	Bodenfauna	Biomasse (g/m <sup>3</sup> )	Energieaufnahme (kJ/m <sup>2</sup> /Jahr)
0,3	65	Fadenwürmer	< 0,3	60
8,8	440	Enchytraen	5,2	260
1,2	80	Springschwänze	0,5	35
1,3	110	Milben	0,4	35
0,8	20	Zweiflüglerlarven	1,6	40
–	–	Laubschnecken	4,2	70
2,7	80	weitere Gliedertiere	6,1	140
1,3	20	Regenwürmer	82	1 200



**Beispiellösung Waldstreu:****1. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich II**

Springschwänze u. a. öffnen durch ihren Fensterfraß die Epidermis der Waldstreu. Dadurch wird die Oberfläche für die Pilz- und Bakterienbesiedlung vergrößert. Durch die Fraßtätigkeit weiterer Bodentiere (Zweiflüglerlarven, Asseln, Doppelfüßer) entstehen Löcher, bis schließlich nur noch das Blattskelett übrig bleibt. Jetzt ist der Höhepunkt des Wachstums von Bakterien und Pilzen erreicht. Bakterien, Pilze und Kot dienen weiteren Bodentieren (Moosmilben, Enchyträen) als Nahrung. Räuberische Arten, wie die Hundertfüßer, stellen sich ein. Regenwürmer fressen und durchmischen dieses Mischsubstrat, das schließlich die für Mull typische Krümelbildung aufweist.

**2. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich II****Kompetenzbereich Fachwissen, Anforderungsbereich III**

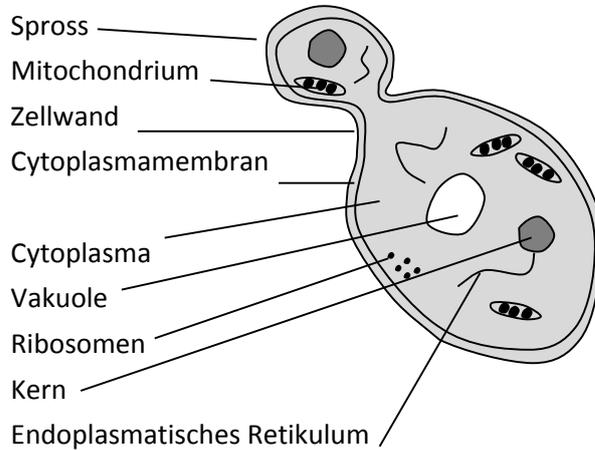
Buchenlaub hat ein hohes C/N-Verhältnis, die Mikroorganismen finden daher ungünstigere Bedingungen als in der gemischten Streu des Auwaldes. Im Buchenwald erfolgt die Zersetzung 4- bis 5-mal langsamer als im Auwald. Nach knapp zwei Jahren ist die Streu auf die Hälfte reduziert, danach verlangsamt sich der Abbau. In den Netzbeuteln ähnelt das erste Jahr der Kontrolle, da in dieser Phase nur physikalisch-chemische Prozesse und Mikroorganismen eine Rolle spielen. Danach ist die Zersetzung beim Ausschluss größerer Bodentiere um bis zu einem Jahr verzögert.

Im Auwald ist von der Streu schon nach einem Jahr kaum noch etwas übrig, im Netzbeutel wird die Zersetzung schon nach drei Monaten verlangsamt. Netzbeutel beeinträchtigen den Abbau hier stärker als im Buchenwald, denn im Auwald dominieren Mega- und Makrofauna (besonders die Regenwürmer), im Buchenwald dagegen Meso- und Mikrofauna (besonders Enchyträen), die durch den Netzbeutel nicht behindert werden. Die Energieaufnahme der Bodenfauna ist im Auwald 2- bis 2,5-mal größer als im Buchenwald.

## 11.9 Pilze im Ökosystem Wald

Was landläufig als Pilz bezeichnet wird, ist meist nur dessen Fruchtkörper, der zu Fortpflanzungszwecken millionenfach Sporen bildet und entlässt, in

### Pilzzelle (vereinfacht)



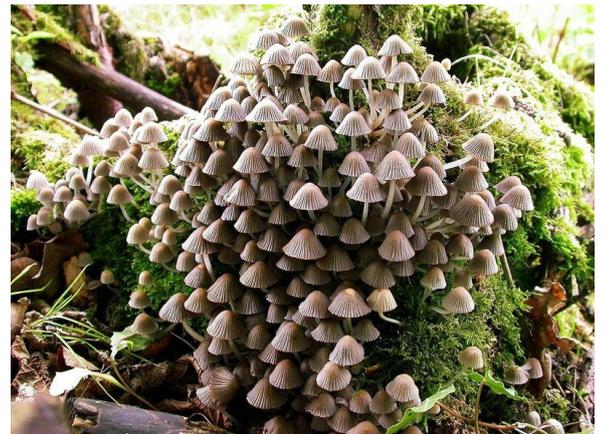
den drei Beispielen an Lamellen auf der Unterseite des Hutes.

Der eigentliche Pilz lebt als Myzel im Boden oder im Holz, wo er seine Nahrung findet. Das Myzel besteht aus einem Geflecht dünner Zellfäden (Hyphen). Es gibt mehrere tausend heimische Pilzarten.

### Gesäter Tintling

*Coprinus disseminatus*

Dieser Pilz mit seinen zahlreichen, kleinen und zerbrechlichen Fruchtkörpern wächst auf bzw. neben alten Baumstümpfen oder auf Holzresten, die im Boden vergraben sind. Sein Myzel zersetzt das tote Holz durch Abgabe von Enzymen und nimmt die dabei freiwerdenden Stoffe auf.



### Hallimasch

*Armillaria spp.*

Dieser Pilz wächst ebenfalls auf Holz. Da er sich jedoch auch an lebenden Bäumen ansiedelt und diese zum Absterben bringt, ist er ein gefürchteter Forstschädling.

**Grauer Wulstling**

*Amanita excelsa*

Dieser Pilz wächst im Boden v.a. von Nadelwäldern. Dort verbindet sich sein Myzel mit den Feinwurzeln von Fichten, gelegentlich auch Buchen. In einer Art Partnerschaft hilft der Pilz dem Baum bei der Aufnahme von Wasser und erhält im Gegenzug von diesem Zuckerstoffe.

**Aufgabe**

Während der Exkursion sind Sie auch – bewusst oder auch unbewusst – auf Vertreter aus dem Reich der Pilze gestoßen, z.B. bei Station 5 „Vegetationsaufnahme“.

1. Stellen Sie die Gemeinsamkeiten von Pilz und Pflanze denen von Pilz und Tier gegenüber!
2. Benennen Sie die unterschiedlichen Lebensweisen der drei beschriebenen Pilzarten!  
Erklären Sie das gemeinsame Prinzip dieser Lebensweisen!
3. Leiten Sie aus der Beschreibung ab, welchen Nutzen der Gesäte Tintling und welchen der Graue Wulstling dem Ökosystem Wald bringt!

**Beispiellösung Pilze:**

## 1. Gemeinsamkeiten von

- Pilz und Pflanze:
  - Zellwände
  - Vakuolen
  - Ortsgebundenheit
  - Fortpflanzung mittels Sporen
- Pilz und Tier:
  - Chitin
  - heterotrophe Lebensweise (kein Chlorophyll, keine Photosynthese!)

## 2. Lebensweisen:

- Gesäter Tintling: *Saprophytismus*
- Hallimasch: *Parasitismus*
- Grauer Wulstling: *Symbiose*

Mit diesen drei Lebensweisen gelangen die Pilze an pflanzliche Assimilate.

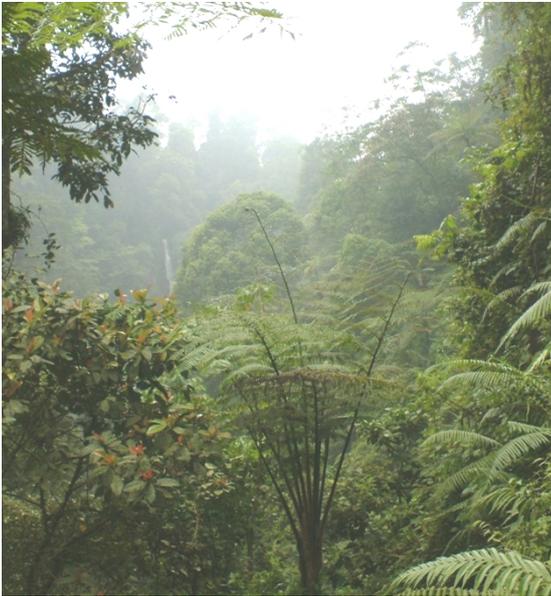
Als heterotrophe Lebewesen sind sie in ihrem Stoff- und Energiehaushalt auf fremdes organisches Material angewiesen.

## 3. Der Nutzen der Pilze für das Ökosystem Wald:

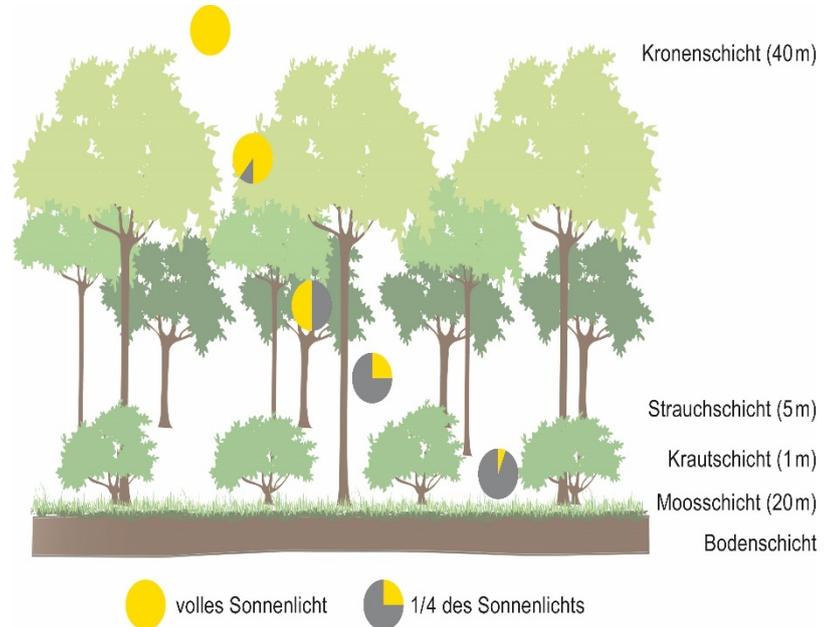
- Der „Gesäter Tintling“ zersetzt – wie auch andere saprophytisch lebende Pilze -organisches Material bis zu den mineralischen Bestandteilen. So schließt er den Kreislauf, entsorgt abgestorbenes Holz und setzt Minerale wieder frei, die von anderen Lebewesen erneut benötigt werden.
- Der Graue Wulstling verbessert – wie auch andere Mykorrhizapilze - die Aufnahme von Wasser und Mineralen seiner pflanzlichen Partner. So ermöglicht er diesen Bäumen ein wesentlich besseres Wachstum und mehr Vitalität und sichert die Versorgung auch in trockeneren Phasen.

## 11.10 Tropischer Regenwald

**Abbildung 35:** Tropischer Regenwald in Indonesien  
Blaschke



**Abbildung 34:** Stockwerkaufbau des Waldes LWF verändert nach Hausfeld & Schulenberg, 2008



### Grundlagentext „Vergleich Regenwald und Mitteleuropäischer Wald“

Der tropische Regenwald hat eine Durchschnittstemperatur von ca. 26 Grad Celsius während diese in unseren mitteleuropäischen Breiten etwa 7 Grad Celsius beträgt. Die Niederschläge und die Luftfeuchtigkeit sind in den tropischen Gebieten bei weitem höher als bei uns. Zudem ist das Klima ganzjährig einheitlich während bei uns die Wälder durch den Wechsel der Jahreszeiten beeinflusst werden. Dieser Einfluss macht sich vor allem beim Blattaustrieb, Blühzeitpunkt, der Fruchtbildung und dem Blattfall bemerkbar. Dies bedeutet, dass die Pflanzen in den Tropen, jahreszeitlich bedingt, weder ihre Blätter abwerfen noch ausgeprägte Jahrringe bilden. Der Artenreichtum in den Tropen ist auch wesentlich höher als in mitteleuropäischen Wäldern, da unsere Wälder erst seit der letzten Eiszeit vor ca. 10000 Jahren entstehen konnten. Manche Tropenwälder haben schon mehrere Millionen Jahre Entwicklung hinter sich. Ebenso kann man bei mitteleuropäischen Wäldern nicht mehr von Naturwäldern sprechen, da diese durch intensive Nutzung und Reduzierung durch den Menschen stark beeinflusst wurden. Daher spricht man in unseren Breiten viel mehr von einem Kulturwald. Im Vergleich zum Tropischen Wald ist auch, bedingt durch die Jahreszeiten, der Stoffkreislauf wesentlich langsamer. Abgestorbene Blätter und Zweige verrotten viel langsamer als in den Tropen. Allerdings ist der Boden in den Tropen, aufgrund der langen Entwicklungszeit, nicht so reich an Mineralien und Mineralsalzen und ist schlechter Durchlüftet. Dies liegt daran dass die Böden in den Tropen schon einem längeren Verwitterungsprozess unterliegen als die Böden in unseren Breiten. Während unsere Böden, geologisch betrachtet, relativ jung und nährstoffreich sind, sind Böden in den Tropen zum Teil bis 50m Tiefe verwittert und sehr nährstoffarm. Unsere Böden sind maximal gerade mal bis 2m tiefe verwittert und nährstoffreich.

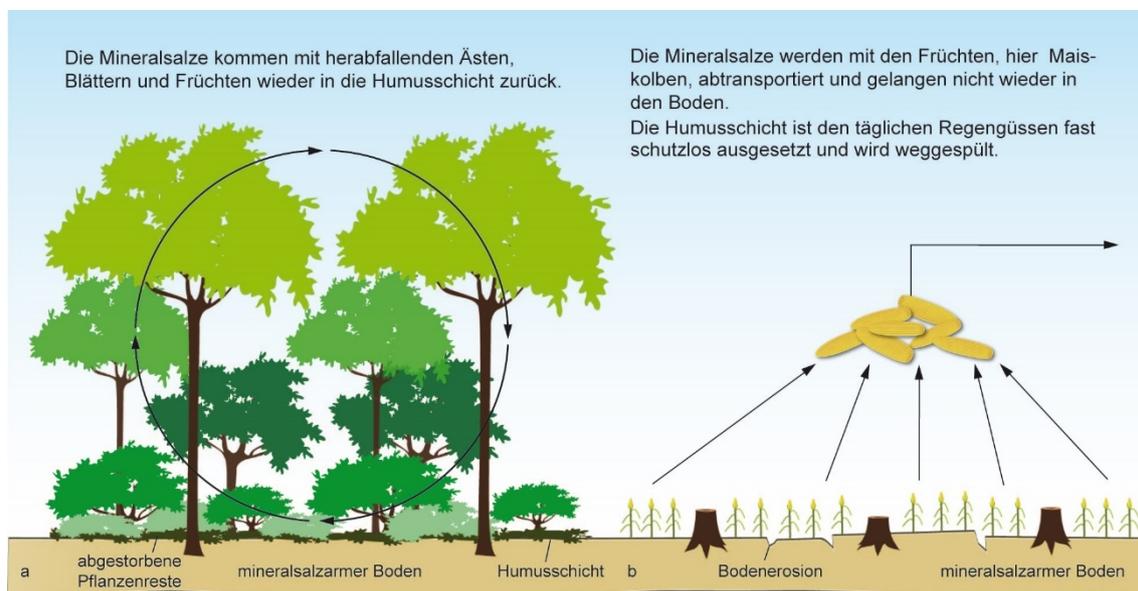
**Aufgaben:**

1. Vergleich: Tropischer Regenwald – mitteleuropäischer Wald.

Vergleichen Sie mithilfe des Grundlagentextes sowie der Abbildungen 34 und 35 in tabellarischer Form den tropischen Regenwald mit einem mitteleuropäischen Wald! Überlegen Sie vorab, nach welchen Gesichtspunkten Sie den Vergleich durchführen wollen!

2. Stoffkreislauf

**Abbildung 36:** a) Stoffkreislauf im tropischen Regenwald und b) nach Umwandlung in landwirtschaftlich genutzte Fläche *LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie*



Erläutern und vergleichen Sie anhand der Abbildung 45 und des Grundlagentextes den Stoffkreislauf im tropischen Regenwald mit dem Stoffkreislauf nach Umwandlung des Regenwaldes in landwirtschaftliche Nutzfläche!

3. Brandrodung und Wanderfeldbau

- a) Erläutern Sie anhand des Grundlagentextes das Prinzip des Wanderfeldbaus durch Brandrodung!
- b) Über viele Jahrhunderte blieb der Schaden durch Wanderfeldbau für den tropischen Regenwald gering, weil kleine Flächen gerodet und ehemalige Felder gar nicht oder erst nach langen Zeiträumen wieder brandgerodet wurden. Heute ist die Gefährdung des tropischen Regenwaldes durch Brandrodung sehr groß. (Abbildung 36)

Nennen Sie Gründe dafür!

**Beispiellösung: Tropischer Regenwald****1. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich I**

	<b>Tropischer Regenwald</b>	<b>Mitteleuropäischer Wald</b>
Alter	hat sich in Millionen Jahren entwickelt	nach der letzten Eiszeit (vor ca. 10000 Jahren) entstanden
Klima und Jahreszeit	ganzjährig hohe Temperaturen (25-27°C) und Niederschläge, keine Jahreszeiten	Durchschnittstemperatur 7°C, geringe Luftfeuchte und Niederschläge, große jahreszeitliche Schwankungen
Boden	dünne Humusschicht, wenig Mineralsalze, feucht, sauerstoffarm Sehr tief entwickelt	dicke Humusschicht, gut durchlüftet, reich an Mineralsalzen,
Artenreichtum	sehr hoch	geringer
Typisches Erscheinungsbild	immergrün, Stockwerkaufbau mit Baumriesen, Kletterpflanzen, Aufsitzerpflanzen, am Boden dämmrig	sommergrün, Stockwerkaufbau, jedoch nicht so ausgeprägt wie im tropischen Regenwald, Lichtverhältnisse am Boden je nach Jahreszeit mäßig bis hell
Stoffkreislauf	schnell	langsam
Einfluss des Menschen	Gefährdung durch Brandrodung, Plantagen, Straßenbau, Abholzung und anschließender Bodenerosion	Seit langem nachhaltige Nutzung durch den Menschen, kein Naturwald, sondern Kulturwald

**2. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich II***Stoffkreislauf im tropischen Regenwald:*

Pflanzen wachsen mit Hilfe von Wasser, Licht und Mineralsalzen aus dem Boden. Abgestorbene Pflanzenteile fallen auf den Boden und werden in der feuchten und warmen Umgebung sehr rasch abgebaut und zersetzt. Die dabei freigesetzten Mineralsalze werden sofort von den flach wurzelnden Pflanzen wieder aufgenommen. Der Boden ist arm an Mineralsalzen und die Humusschicht dünn, da alles an wertvollem Material sofort wieder verwertet wird. Die dichte Vegetation schützt den Boden vor übermäßiger Bodenerosion.

Stoffkreislauf nach Umwandlung des Regenwaldes in landwirtschaftliche Nutzfläche: Nutzpflanzen entziehen dem Boden Mineralsalze um zu wachsen und Früchte zu bilden. Die Mineralsalze werden mit den Früchten abtransportiert und gelangen nicht durch Zersetzung abgestorbener Pflanzenteile zurück in den Boden. Der Boden verarmt mehr und mehr an

Mineralsalzen. Die dünne Humusschicht ist den täglichen Regengüssen fast schutzlos ausgesetzt und wird weggespült (Erosion).

**3.**

**a) Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich I**

Bei der Brandrodung für Wanderfeldbau wird ein Regenwaldstück abgebrannt, die Mineralsalze der abgebrannten Biomasse düngen den Boden und es werden Felder angelegt. Durch den Entzug von Mineralsalzen und durch Erosion wird der Boden zunehmend nährstoffärmer und nach wenigen Jahren kann er nicht mehr bepflanzt werden. Dann wird das Gebiet verlassen und ein neues Stück Regenwald brandgerodet.

**b) Kompetenzbereich Fachwissen, Anforderungsbereich II**

Wenn nur kleine Flächen des Regenwaldes durch Brandrodung für den Wanderfeldbau genutzt werden und in langen zeitlichen Abständen, kann der umgebende Wald nach vielen Jahren das zerstörte Stück wieder besiedeln und der Schaden bleibt relativ gering. Heute ist die Gefährdung des tropischen Regenwaldes durch Brandrodung sehr groß, weil mit Hilfe von Maschinen sehr große Flächen gerodet werden und durch eine intensive und räumlich ausgedehnte landwirtschaftliche Nutzung dem Boden alle Nährstoffe entzogen werden. Die starke Zunahme der Bevölkerung ist dafür maßgebliche Ursache. Je größer der Schaden im Regenwald wird, umso mehr nimmt auch die Erosion zu und die Zerstörung beschleunigt sich. Die zerstörten Gebiete können sich nicht mehr vom Eingriff des Menschen erholen und verwüsten.

## 11.11 Der verschwundene Wald

**Die Entwaldung des Mittelmeerraumes – eine schleichende ökologische Katastrophe** *(verändert nach Lamberty, 2007)*

Vor etwa 3000 Jahren war ein Großteil der Mittelmeerländer, wie z.B. Italien, Griechenland oder aber auch Spanien von dichten immergrünen Laubwäldern mit Stein- und Korkeichen, Öl-bäumen, Kiefern, Zedern und Zypressen bedeckt. Diese Wälder nennt man Hartlaubwälder, da diese gut mit Trockenperioden auskommen können. Die Wälder waren artenreich und die damalige Bevölkerung konnte eine Vielzahl an wilden Tieren, wie Hirsche, Wildschweine oder Bären sehen und auch jagen. Wild fließende Bäche durchzogen die Wälder und zahlreiche Quellen sprudelten. Die Böden waren fruchtbar und ertragreich. Heute sind die Mittelmeerländer größtenteils entwaldet, die Bäche sind ausgetrocknet, die Quellen versiegt, die fruchtbaren Böden weggeschwemmt. Vielerorts musste die Landwirtschaft ganz aufgegeben werden.

### Aufgabe

Wie konnte es zu so einer Entwicklung kommen?

1. Vergleichen Sie dazu Karten zur potentiellen und realen Vegetation des Mittelmeerraums in Bezug auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede! (z. B.: Dierke Weltatlas 2008, S. 236/238)
2. Beziehen Sie in Ihre Überlegungen zu den Gründen der Entwaldung den geschichtlichen Hintergrund der Entwicklung einer Hochkultur sowie den Anstieg der Bevölkerung vor ca. 3000 Jahren mit ein!
3. Beschreiben Sie mögliche Auswirkungen einer solchen Entwaldung! Nutzen Sie dazu auch die Erkenntnisse aus den Versuchen der Exkursion zur Funktion des Waldes!

**Beispiellösung: Der verschwundene Wald****1. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich I**

Zum Großteil stellen Hartlaubformationen sowie sommergrüne Laub- und Mischwälder die potentielle natürliche Vegetation des Mittelmeerraumes dar. In der Karte der realen Vegetation lässt sich erkennen, dass die natürliche Vegetation vor allem zugunsten des Kulturlandes zurückgedrängt worden ist. Es finden sich nur noch kleinere Gebiete mit Hartlaubgehölzen sowie Trockensteppen im Hochgebirge.

**2. Kompetenzbereich Fachwissen, Anforderungsbereich III**

Vor über 3000 Jahren war die ganze Mittelmeerregion mit Wäldern bedeckt. Der Reichtum einer üppigen Natur ermöglichte in Griechenland, Spanien und Italien die Entwicklung einer Hochkultur. Gute Ernten führten zu einem Anstieg der Bevölkerung. Dies wiederum hatte zur Folge, dass immer mehr Ackerland und Weideflächen benötigt wurden. Deshalb kam es verstärkt zu Rodungen, um Flächen für die Landwirtschaft zu schaffen. Man benötigte verstärkt Bauholz für Häuser, Geräte und Schiffe, Brennholz sowie Holzkohle zum Schmelzen der Metalle. Gerade die Schifffahrt verbraucht eine immense Menge an Holz. Sehr viele Wälder gingen im Mittelalter verloren, weil große Handels- und Kriegsflotten gebaut wurden. Die Lagunenstadt Venedig baute man auf Fundamenten von unzähligen in den Lagunenboden gerammten Eichenstämmen die zum Teil auch aus dem Schwarzwald oder aber aus dem Spessart herantransportiert wurden. Die damalige Bevölkerung hat den von Ihnen gerodeten Wald nicht wieder aufgeforstet/ gepflanzt und hat damit nicht nachhaltig gewirtschaftet.

**3. Kompetenzbereich Fachwissen, Anforderungsbereich III**

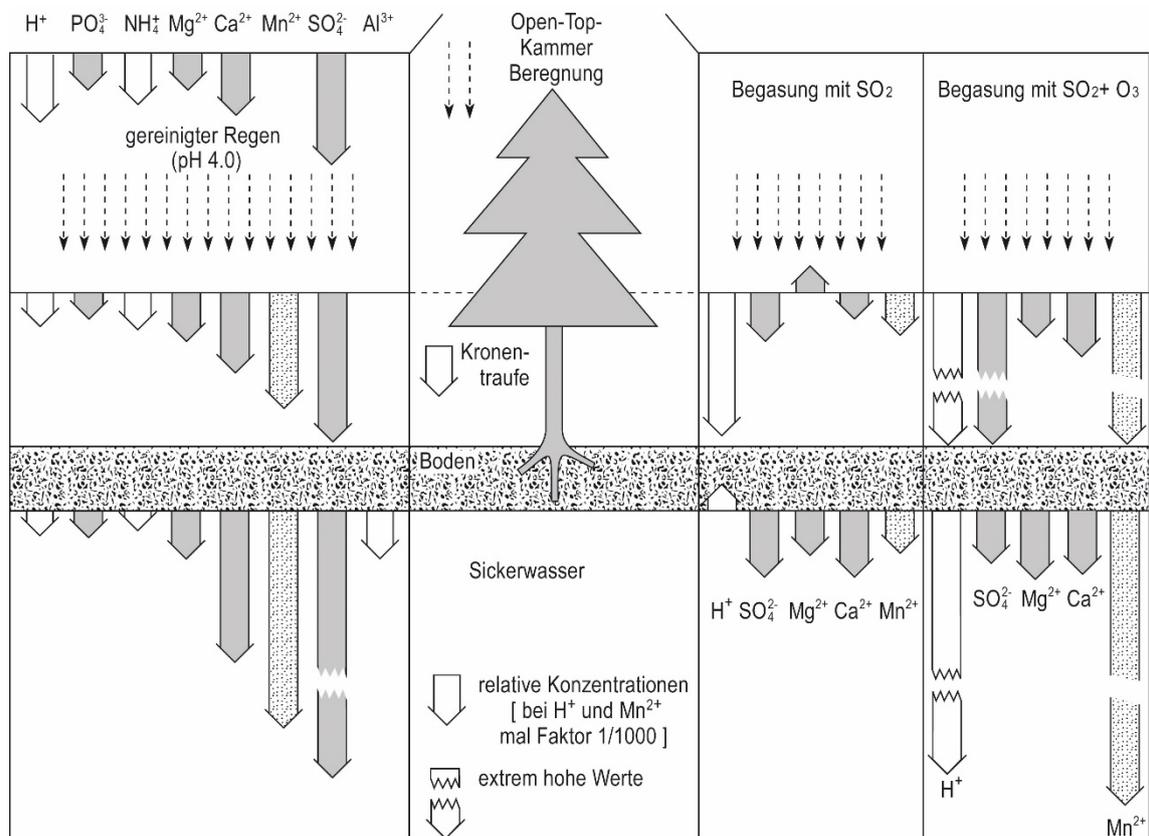
Sobald die den Boden schützende Pflanzendecke fehlt, ist dieser der Witterung ausgesetzt. Im Sommer tragen Windböen die vertrocknete Erde fort, im Herbst und Winter spülen Platzregen den nackten Boden weg den normalerweise die Pflanzendecke mit ihren Wurzeln festgehalten hätte. Hügel und Berge fördern die Erosion und den Abtrag des Bodens. Zurück bleibt nacktes Gestein. Wird diese durch Überweidung und Brände weiter zerstört, trocknet die Landschaft endgültig aus und die Bodenerosion schreitet weiter fort. Wird der Boden ganz abgetragen, bleiben unfruchtbares Land und nackter Fels zurück. Weite Landstriche sind so zur vom Menschen geschaffenen Wüste geworden. Der abgespülte Boden sammelt sich in den Flusstälern, wird ins Meer geschwemmt und lässt flache Meeresbuchten verlanden.

## 11.12 Gefährdungen des Waldes: Wirkungsketten zwischen Luft und Boden

(verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie)

Bäume werden über Kronen und Wurzeln durch Schadstoffe belastet. Die Wirkung der Belastung mit saurem Regen und mit Luftschadstoffen untersucht man an Modellökosystemen in sogenannten Open-Top-Kammern, die es ermöglichen, den Schadstoffgehalt der Luft bzw. des Regens zu verändern. Gemessen werden vor allem Ionenkonzentrationen nach der Passage des Regenwassers durch die Baumkrone und durch den Boden, d. h. im Sickerwasser.

**Abbildung 37:** 1a Kontrollversuch; b: Einfluss von Schwefeldioxid; c: Einfluss von Schwefeldioxid und Ozon *LWF*  
verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie



**Abbildung 38:** Mögliche Wirkungen von Ionen auf Pflanzen *LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie*

<b>Al<sup>3+</sup> / Mn<sup>2+</sup> im Boden</b>	<b>Ca<sup>2+</sup> in der Zelle</b>	<b>Mg<sup>2+</sup> in der Zelle</b>
Bei einem Anstieg der Ionenkonzentration relativ zu anderen Ionen sinken die Anzahl der Wurzelspitzen, die Wurzelbiomasse und die Anzahl der mit Mykorrhiza besetzten Wurzeln. Die Pilzflora ändert sich, die Mykorrhiza kann parasitär werden.	Diese Ionen sind Regulatoren im Zellstoffwechsel, vor allem bei der Atmung und im Zucker-, Eiweiß- und Fettstoffwechsel. Sie beeinflussen die Stabilität und Durchlässigkeit von Zellmembranen. Sie haben katalytische Funktion bei der Verholzung und beim Bau der Samenschale.	Magnesium-Ionen sind die Zentralatome des Chlorophylls und beeinflussen so die Fotosyntheserate. Sie spielen eine Rolle bei der Energieweitergabe in der Zelle, bei der Verdopplung der Gene und beim Kohlenhydrattransport. Ihre Aufnahme in die Pflanze ist von der Ca-Aufnahme abhängig.

### Aufgaben

1. Beschreiben Sie die Messergebnisse nach der Beregnung mit saurem Regen (Kontrollversuch 37/ 1a)!

Nennen Sie die Ionen,

- a) welche durch die Kronenschicht zurückgehalten werden!
  - b) welche aus der Kronenschicht ausgewaschen werden!
  - c) welche im Boden freigesetzt werden!
2. Erläutern Sie mögliche Auswirkungen des sauren Regens auf die Pflanze! Berücksichtigen Sie dazu auch die Angaben in Abbildung 38!
  3. Vergleichen Sie die Ergebnisse des Kontrollversuches mit denen bei Zugabe von Luftschadstoffen (Abbildungen 37 b, c) und deuten Sie die Befunde!

**Lösung Gefährdung des Waldes:****1. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich I**

Im Kontrollversuch werden  $H^+$ ,  $PO_4^{3-}$  und  $NH_4^+$  im Kronendach zurückgehalten,  $Ca^{2+}$  und  $Mn^{2+}$  werden ausgewaschen.  $SO_4^{2-}$  und  $Al^{3+}$  werden im Boden freigesetzt.

**2. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich II**

Die Konzentrationsveränderungen von  $Al^{3+}$  und  $Mn^{2+}$  beeinflussen die Wurzelaktivität und können so die Wasser- und Mineralstoffaufnahme einschränken. Verliert die Pflanze  $Mg^{2+}$  und  $Ca^{2+}$  aus dem Blattgewebe, so wird der Stoffwechsel erheblich beeinträchtigt.

**3. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich II**

Bei  $SO_2$ -Begasung steigt der Bodeneintrag von  $SO_4^{2-}$ ,  $Mn^{2+}$  und  $H^+$ ;  $Mg^{2+}$  und  $Ca^{2+}$  werden im Sickerwasser freigesetzt. Gleichzeitige Ozon-Begasung verstärkt diesen Effekt. Vor allem die Auswaschung wichtiger Ionen wie  $Ca^{2+}$  und  $Mg^{2+}$  nimmt erheblich zu.

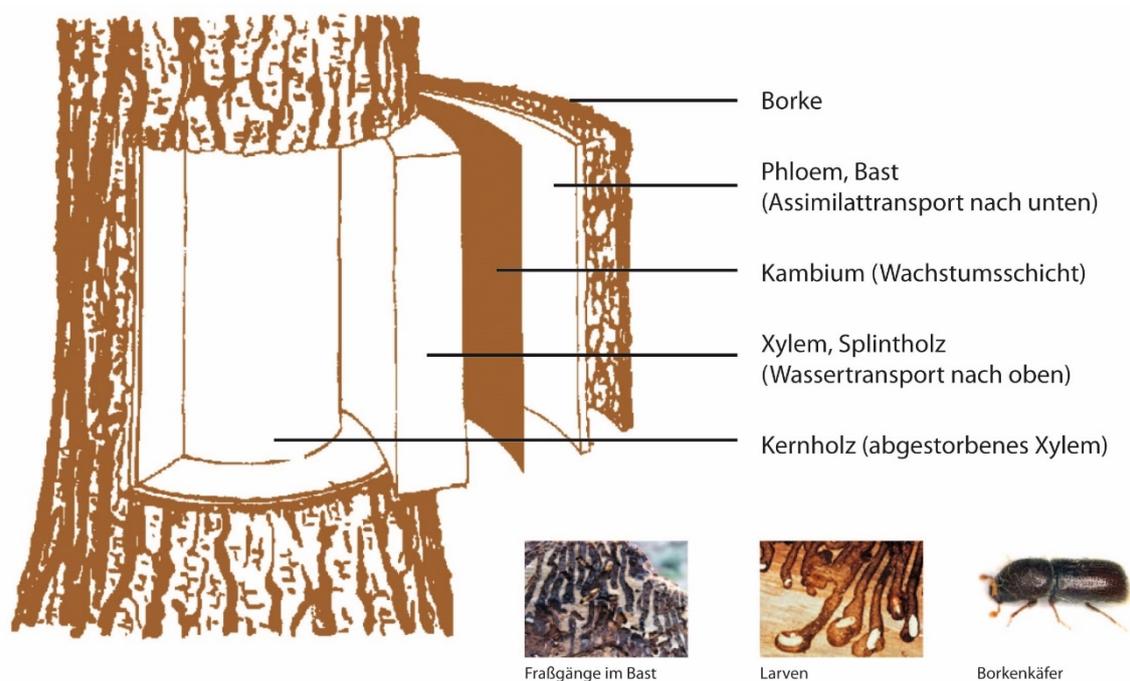
### 11.13 Borkenkäfer

Begünstigende Ereignisse wie Stürme, Schneebruch oder Trockenheit lassen die Dichte von Borkenkäfern stark ansteigen. Einige dieser Arten werden dann zu gefährlichen Primär-schädlingen, d.h. sie befallen auch gesunde Bäume. Zu diesen „aggressiven“ Borkenkäferarten gehören bei der Fichte Buchdrucker und Kupferstecher. Vor allem der Buchdrucker kann bei Massenvermehrungen ein großflächiges Absterben von Fichtenbeständen verursachen.

#### Aufgabe

1. Borkenkäfer schädigen Bäume.

**Abbildung 39:** Aufbau eines Fichtenstammes und Borkenkäfer *LWF verändert nach Bioskop Schulbuch Westermann*



- a. Erläutern Sie anhand der Abbildung 39, warum Borkenkäfer Bäumen schaden!
- b. Überlegen Sie, warum Borkenkäferbefall häufig erst sehr spät entdeckt wird und beschreiben Sie die Folgen!

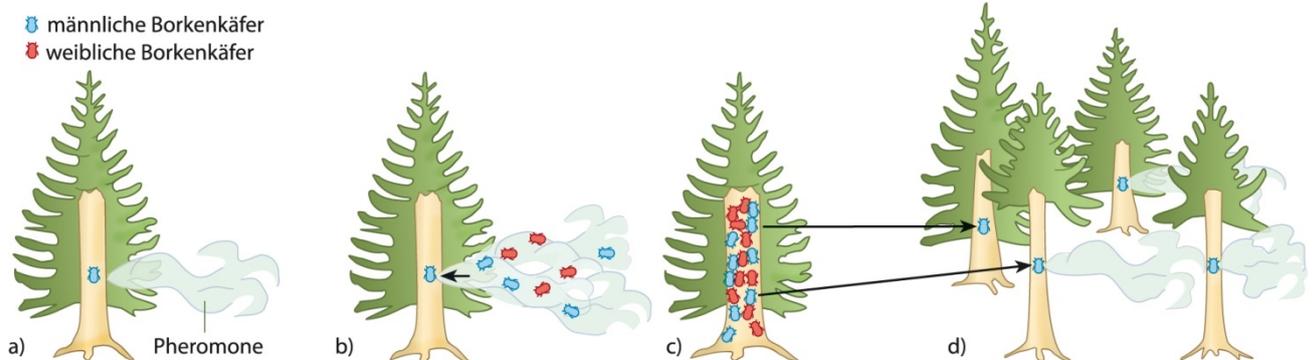
	Maßnahmen zur Bekämpfung der Borkenkäfer
I.	Fällen der befallenen Bäume
II.	Entrinden der gefällten Bäume;
III.	Verbrennen der abgeschälten Rinde
IV.	Schneller Abtransport der gefällten, ungeschälten Bäume und Lagerung von mehr als 500m vom nächsten Wald entfernt
V.	In Ausnahmefällen Einsatz von Insektiziden (Insektenvernichtungsmitteln) nur am schon gefällten, liegenden Holz wenn der Abtransport nicht möglich ist.
VI.	Aufstellen von Pheromonfallen um Anzahl der Borkenkäfer und eine mögliche Kalamität vorherzusagen.

## 2. Bekämpfung des Borkenkäfers

- Stellen Sie mit Hilfe der obigen Tabelle zusammen, zu welchen Zeiten im Entwicklungszyklus des Borkenkäfers die beschriebenen Maßnahmen sinnvoll sind und begründen Sie jeweils Ihre Ansicht!
- Überlegen Sie, aus welchen Gründen der Einsatz von Insektiziden umstritten und vielerorts verboten ist!
- Überlegen Sie, warum eine effiziente Bekämpfung des Borkenkäfers durch Borkenkäferfallen bei Massenvorkommen nicht möglich ist!
- Stellen Sie Thesen auf, warum den Pheromonfallen eine große Bedeutung bei der Beobachtung von Borkenkäfervorkommen zukommt! Planen Sie ein solches Beobachtungsprojekt!

## 3. Pheromone und Massenvermehrung

**Abbildung 40:** Zusammenhang zwischen Pheromonen und Massenvermehrung *Ecke Julius*



Erläutern Sie in Bezug auf Abbildung 40 Zusammenhänge zwischen Pheromonen und der Massenvermehrung der Borkenkäfer!

## 4. Massenvermehrung der Borkenkäfer.

Nach einer Massenvermehrung geht die Zahl der Borkenkäfer nach einiger Zeit wieder stark zurück. Fressfeinde der Borkenkäfer sind dafür mitverantwortlich. Stellen Sie begründete Vermutungen auf, weshalb es trotz der Fressfeinde zur Massenvermehrung kommen konnte!

### **Beispiellösung: Borkenkäfer**

#### **1a. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich I**

Die Borkenkäfer zerstören den Bast und damit den Assimilationstransport des Baumes. Buchdrucker und Kupferstecher gehören zu den Rindenbrütern, d.h. ihre Brut entwickelt sich in der Rinde des Wirtsbaumes. Die Larven fressen vorwiegend quer zur Faserrichtung und unterbrechen damit den Saftstrom. Das führt bei stammumfassendem Befall zum Absterben der Bäume.

#### **1b. Kompetenzbereich Fachwissen, Anforderungsbereich II**

Man erkennt Borkenkäfer erst sehr spät, da sie ihre Paarungskammern im Bast anlegen. Sie bohren sich durch die Rinde und sind daher erst eher „unauffällig“. Die Folge ist, dass der Befall dann schon sehr stark ist und der Baum derart beschädigt ist, dass er abstirbt.

#### **2a. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich I**

##### **Kompetenzbereich Fachwissen, Anforderungsbereich II**

- I. In der Zeit in der die Käfer sich im Baum befinden und noch nicht ausfliegen (Larven stadium – Imagostadium). Erkennt man nur am Einbohrloch der Käfer und an Bohrmehl zu Fuß des Baumes. Wenn der Baum abgestorben ist, ist es schon zu spät das die Käfer schon wieder weitergeflogen sind.
- II. im Larvenstadium – Imagostadium: Larven vertrocknen oder werden von Fressfeinden gefressen
- III. wie II. Larven + entwickelte Käfer werden verbrannt
- IV. zu jeder Zeit, wenn ein Befall festgestellt wird. Die ausfliegenden Käfer finden im Um kreis keine Nahrung und sterben.
- V. Nur in Ausnahmefällen wird der Einsatz von Insektiziden (Insektenvernichtungsmitteln) nur am schon gefällten, liegenden Holz durchgeführt, wenn der Abtransport z.B. wetterbedingt nicht möglich ist. Durch Insektizideinsatz wird das gesamte Ökosystem geschädigt nicht nur die Borkenkäfer.
- VI. Wenn die Männchen Pheromone abgeben, ab einer Temperatur von ca. 16 Grad Celsius

#### **2b. Kompetenzbereich Fachwissen, Anforderungsbereich II**

Insektizide wirken gegen viele Insekten und nicht spezifisch. Man greift damit in mehrere Populationen ein und nimmt Einfluss auf das gesamte Ökosystem. Außerdem können Insektizide ins Grundwasser gelangen. Zudem erreicht man die Käfer nicht mit dem Gift, da Sie unter der Rinde sitzen.

**2c. Kompetenzbereich Fachwissen, Anforderungsbereich II**

Die Pheromone der Falle können nicht gut genug von den abgegebenen Pheromonen der Männchen unterschieden werden. Somit wird ein Großteil der Weibchen trotz Fallen das echte Männchen im Baum „finden“. Zudem fliegen Borkenkäfer nicht immer gezielt in Richtung von Pheromonen aus, sondern eher nach dem Zufallsprinzip. Pheromonfallen können niemals die große Masse an Käfern fangen. Pheromonfallen eignen sich um Borkenkäferpopulationen zu überwachen.

Sie liefern Informationen über den Schwärmverlauf (Beginn, Höhepunkte) und damit Einblick in die Anzahl der Folgegenerationen.

Sie geben bei mehrjähriger Beobachtungszeit einen Eindruck davon, wie sich regional die Käferdichte entwickelt. Wichtig ist dabei immer die sachkundige Auswahl des Fallenstandorts. Ein Einsatz der Fallen zur Borkenkäferbekämpfung bringt keinen Erfolg. Ein Weibchen des Buchdruckers legt im Verlauf der Vegetationsperiode 100 - 150 Eier ab. Rechnet man Verluste mit ein, so kann ein Käferweibchen in Jahren wie 2003 mit drei Jungkäfergenerationen und zwei Geschwisterbruten mehr als 100.000 Nachkommen erzeugen.

**2d. Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung, Anforderungsbereich II**

Pheromonfallen locken die Käfer an. Je mehr Käfer in der Falle landen, umso mehr Käfer sind im Wald aktiv, da damit zu rechnen ist, dass sich die Zahl der gefangenen Tiere proportional zur Gesamtzahl verhält. Die Beobachtung von Fallen ermöglicht es, eine plötzliche Zunahme der Käfer festzustellen und entsprechend zu reagieren. Die Zahl der gefundenen Käfer wird dabei notiert und die Tiere werden jeweils aus der Falle entfernt. Ein solches Projekt könnte darin bestehen, in gefährdeten Bezirken die gefährdeten Waldbestände regelmäßig zu kontrollieren. Es kann zum Beispiel zwischen zwei Fichtenbeständen eine Pheromonfallenreihe aufgebaut werden um zu beobachten wie viele Käfer vorhanden sind und ob eine Massenvermehrung stattfindet.

**3. Kompetenzbereich Kommunikation, Anforderungsbereich II**

Es gibt weniger Fressfeinde als Borkenkäfer, die klimatischen Bedingungen (z.B. Trockenheit) sind deutlich günstiger für die Borkenkäfer, die sich schneller vermehren; Monokulturen, wo Fressfeinde keine ökologische Nische finden und daher wenig vorhanden sind; geringere Generationszeit der Borkenkäfer im Gegensatz zu ihren Fressfeinden; Fressfeinde, wie z.B. der Buntspecht brauchen länger um auf das vorhandene Überangebot an Nahrung reagieren zu können.

**4. Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung, Anforderungsbereich II**

Es gibt zahlreiche natürliche Feinde von Borkenkäfern, z.B. Räuber (Ameisenbunkäfer, Jagdkäfer), Parasitoide (Erz-, Schlupfwespen), Krankheitserreger (Pilze, Viren etc.). Sie können in großer Zahl auftreten - jedoch ist ihr Einfluss i.d.R. nicht ausreichend, um einen Ausbruch von Massenvermehrungen herbeizuführen. Zudem brauchen Fressfeinde, wie z.B. der Buntspecht länger um auf das vorhandene Überangebot an Nahrung reagieren zu können.

### 11.14 Wildtiermanagement und Klimawandel

#### LEITTRIEBVERBISS IN BAYERN

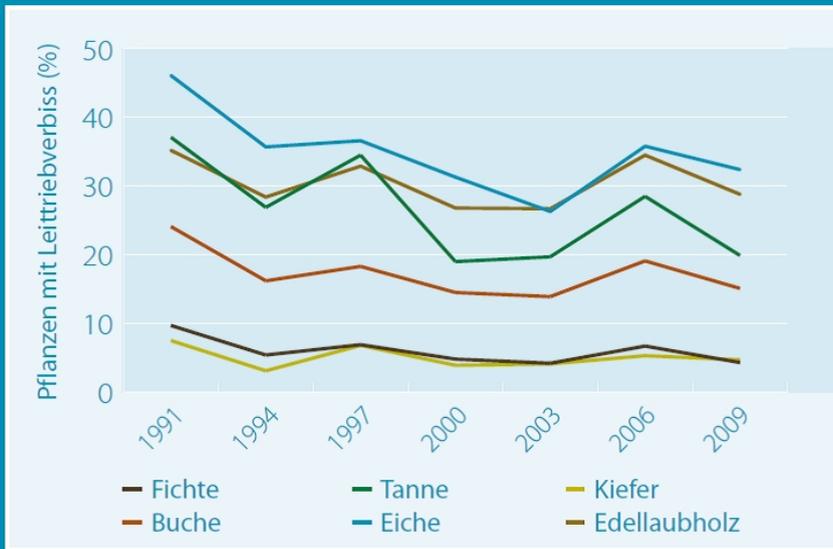


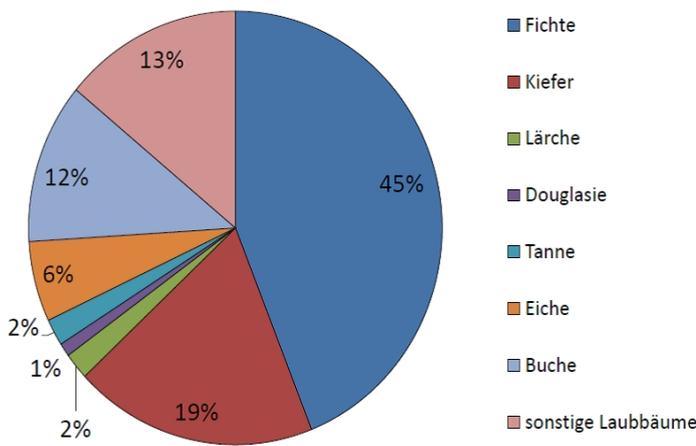
Abbildung 8: Zeitreihe des Leittriebverbisses verschiedener Baumarten in Bayern (1991–2009)

**Welche Baumarten reagieren am auffälligsten auf den Klimawandel?**

Keine unserer europäischen Waldbaumarten wächst von Sizilien bis zum Nordkap. Vielmehr hat jede Baumart ihren eigenen Temperaturbereich. Man erkennt dies an den Vegetationsgürteln, die von borealen Nadelwäldern in Nordeuropa über Buchenwälder in Mitteleuropa hin zu Eichenwäldern in Südeuropa gehen. Alle Baumarten mit nördlicher oder alpiner Verbreitung (Fichte, Kiefer, Lärche), die bei uns häufig ohnehin am

Rande ihrer klimatischen Möglichkeiten existieren, werden besonders betroffen sein. Weniger anfällig sind die Baumarten mit mitteleuropäischer Verbreitung wie Buche, Berg-Ahorn, Esche und Weiß-Tanne. Zu den Gewinnern könnten die südlichen Arten wie z.B. Flaum-Eiche und Edel-Kastanie zählen. Leider werden die in Mitteleuropa auch künftig immer wieder zu erwartenden Winterfröste der Ausbreitung und dem Anbau dieser zwar wärmeliebenden, aber frostempfindlichen Arten auch künftig deutliche Grenzen setzen.

### Baumartenverteilung in Bayern



Quelle: BWI\*

**Aufgabe:**

An Station 7 der Exkursion „Tieren auf der Spur“ haben Sie u. a. nach Jungbäumen gesucht, deren Leittriebe vom Rehwild verbissen sind.

1. Leiten Sie anhand der Abbildungen ab, welchen Einfluss das Rehwild darauf hat, inwieweit die Baumartenzusammensetzung der nächsten Waldgeneration an den erwarteten Klimawandel angepasst sein wird!
2. Es sind verschiedene Möglichkeiten denkbar, mit der Verbissproblematik umzugehen, z.B. Jungwälder einzäunen, Rehwild vergiften, Rehwild bejagen, Problem ignorieren. Beurteilen Sie tabellarisch in Stichworten die genannten Möglichkeiten nach praktischen, finanziellen und ethischen Gesichtspunkten.

### Beispiellösung Wildtiermanagement und Klimawandel

1. Ein verbissener Leittrieb bedeutet einen Rückschlag im Höhenwachstum und somit einen Konkurrenznachteil gegenüber unverbissenen Pflanzen. Wiederholter Verbiss kann zur Verbuschung oder zum Absterben führen.

Eiche, Tanne und Buche zeigen eine (zwar abnehmende, aber immer noch) hohe Verbissbelastung. Diese Baumarten machen aktuell 20% des Waldes aus, sollten aber zukünftig – mit Blick auf den Klimawandel – einen deutlich höheren Anteil erhalten.

Die Fichte hingegen hat derzeit einen sehr hohen Anteil von 45%, ist jedoch vom Klimawandel stark bedroht. Ihre Verbissbelastung ist vergleichsweise gering.

Das selektive Verbissverhalten des Rehwildes wirkt einer klimawandelgerechten Anpassung der Baumartenzusammensetzung entgegen.

2.

	praktisch	finanziell	ethisch
<b>Jungwälder einzäunen</b>	Material- und arbeitsintensiv (aufbauen, regelmäßig kontrollieren, reparieren, zuletzt wieder abbauen!)	Sehr teuer (für den Waldbesitzer)	wenig problematisch: Teile der Natur werden zeitweise „weggesperrt“, das Landschaftsbild wird beeinträchtigt
<b>Rehwild vergiften</b>	Leicht durchzuführen und zu koordinieren (Nahrungsköder flächendeckend und gleichzeitig ausbringen), ist verboten!	nicht teuer	Sehr problematisch: - Gefahr der Ausrottung - Vergiftungsgefahr auch anderer Tiere - Lebensmittel Fleisch wird nicht genutzt, sondern vernichtet
<b>Rehwild bejagen</b>	Findet statt, konnte die Verbissproblematik jedoch noch nicht ganz in den Griff bekommen; zeitaufwendig	Waldbesitzer erhält Geld (Jagdpacht vom Jäger)	Nicht unproblematisch: - Töten ist immer ein ethisches Problem - Hier handelt es sich jedoch um das Töten von Tieren für einen sinnvollen Zweck (Hilfe für den Jungwald; zugleich Lebensmittelbeschaffung)
<b>Problem ignorieren</b>	Kein Aufwand	kostenfrei	Sehr problematisch: Nichtstun verschiebt das Problem in die Zukunft und verstärkt es dort

# 12 Hintergrundwissen

## 12.1 Wald in Bayern

Bayern ist eines der walddreichen Länder der Bundesrepublik. Der Bewaldungsanteil im Freistaat beträgt 35 Prozent und liegt damit deutlich über dem Bundesdurchschnitt von 31 Prozent. Bayern ist auf einer Fläche von rund 2,5 Millionen Hektar mit Wald bedeckt. Dies macht den Freistaat mit Abstand zu dem Bundesland mit der größten Waldfläche. Auf jeden Einwohner kommen rechnerisch 0,21 ha Wald.

Regional zeigen sich jedoch Unterschiede. Sehr walddreichen Gebieten wie dem Spessart, den Alpen oder dem Bayerischen Wald stehen walddarme Gegenden wie die Fränkische Platte oder das Tertiäre Hügelland gegenüber. Ursprünglich wurde der Begriff Wald als nicht bebautes Land definiert. Heute hingegen bezeichnet er eine von Bäumen bewachsene Fläche, die groß genug ist, damit ein typischer Waldboden und ein charakteristisches Waldinnenklima entstehen können.

Der heutige Wald ist durch kulturelle, soziale, gesellschaftliche und wirtschaftliche Geschehnisse vergangener Zeiten gekennzeichnet. An die Stelle der ursprünglichen Wälder sind vom Menschen angelegte und bewirtschaftete Wälder getreten, wobei insgesamt drei Grundtypen unterschieden werden können. Während in einem Laubwald ausschließlich Laubbäume und in einem Nadelwald nur Nadelbäume wachsen, findet man in einem Mischwald sowohl Laub- als auch Nadelbäume vor. Die überwiegende Bewirtschaftungsform der letzten 100 Jahre ist von der Bepflanzung großer Flächen mit überwiegend einer Baumart geprägt. Reinbestände, insbesondere Fichten Monokulturen, sind besonders anfällig für Schädlinge und Sturmschäden. Durch die konsequente Einbringung von Laubbäumen seit über drei Jahrzehnten wird jedoch ein Wandel zu immer mehr standortgerechten, naturnahen Mischwäldern vollzogen. Diese Wälder sind weniger stör anfällig hinsichtlich einer Massenvermehrung von Schädlingen und bieten eine Vielzahl an ökologischen Nischen, die letztendlich zu einer größeren Artenvielfalt führen. Der Artenreichtum eines Lebensraumes ist ein wichtiger Aspekt seiner biologischen Vielfalt, der sogenannten Biodiversität. Das Ziel von Naturschutzmaßnahmen ist es, diese biologische Mannigfaltigkeit zu bewahren.

Naturnahe Wälder zeigen eine räumliche Gliederung und Strukturvielfalt.

Ein Stockwerkbau gliedert den Wald. Das unterste Stockwerk, die sogenannte Mooschicht, bilden Pflanzen, vor allem Moose, Flechten und Pilze die direkt auf dem Boden wachsen. Die nach oben folgende Schicht, auch Krautschicht genannt, ist meist vielfältiger zusammengesetzt. Neben Farnen sind hier verschiedene Blütenpflanzen, Gräser und Kräuter zu finden. Sträucher und niedrige Bäume bilden die nächsthöhere Etage, die sogenannte Strauchschicht, die etwa drei Meter Höhe erreicht. Die oberste Schicht, auch Baumschicht genannt, kann bis zu 40 Meter hoch werden. Sie wird durch hochwachsende Bäume wie Eichen, Buchen oder Kiefern gebildet. Unter der Erde bilden Wurzeln ein eigenes Stockwerk des Waldes. Die sogenannten Wurzelstockwerke lassen sich aufgrund von unterschiedlichen Wurzeln verschiedener Pflanzenarten voneinander unterscheiden. Fichten beispielsweise

bilden ein sehr flaches Wurzelwerk und sind damit Flachwurzler. Eichen oder Tannen hingegen können tief hinab reichende Pfahlwurzeln ausbilden und werden als Tiefwurzler bezeichnet.

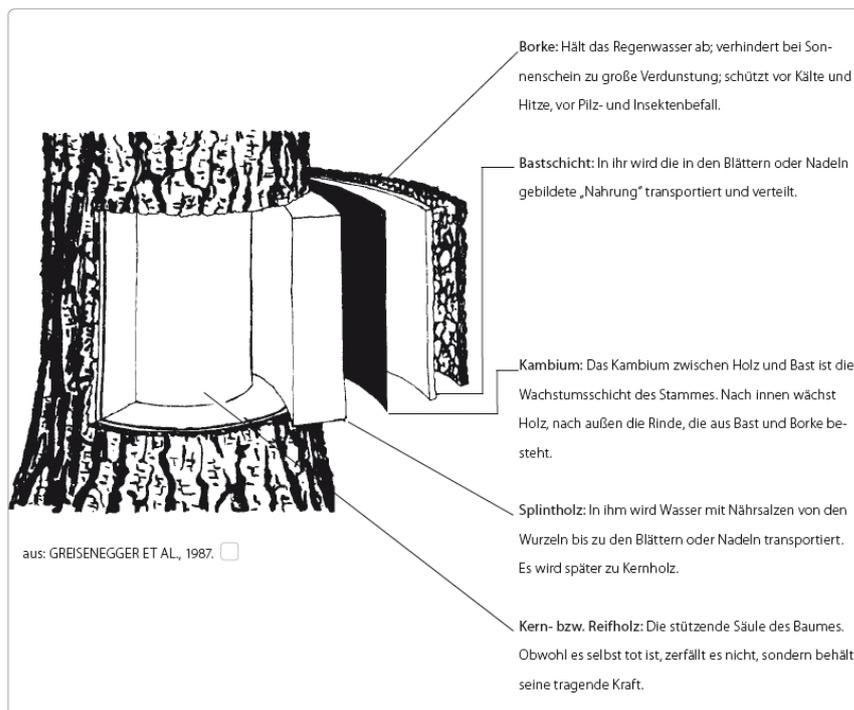
Neben der räumlichen Gliederung des Waldes lässt sich zur Verminderung von Konkurrenz um die knappe Ressource Licht auch eine Anpassung an die Jahreszeiten erkennen. So finden sich in den unteren Schichten vor allem Pflanzen, die entweder nur im Frühjahr fotosynthetisch aktiv sind und blühen oder an sehr geringe Lichtverhältnisse angepasst sind. Erst später im Jahr ergrünt die Strauch- und letztendlich auch die Baumschicht.

Zusammenfassend bildet der Wald als Ökosystem eine funktionelle Einheit aus vielfältigsten Organismen und umfasst damit einen räumlich abgrenzbaren Lebensraum (Biotop) und die ihn bewohnende Lebensgemeinschaft (Biozönose).

Jedes Biotop wird durch abiotische Umweltfaktoren, sprich Faktoren der nicht belebten Umwelt, geprägt. Unter den biotischen Umweltfaktoren versteht man alle Faktoren der belebten Umwelt, welche sich aus den gegenseitigen Einflüssen der Lebewesen ergeben. Die Organismen mit ihren Beziehungen untereinander bilden die Biozönose. Die belebten und unbelebten Komponenten eines Ökosystems sind durch allseitige Wechselbeziehungen miteinander verknüpft. Ökosysteme besitzen somit eine gewisse Regulationsfähigkeit, ein sogenanntes ökologisches Gleichgewicht. Bei Versagen dieses ökologischen Gleichgewichts kann der Gesamtcharakter des Ökosystems geändert und Teile oder die Gesamtheit gestört werden.

## 12.2 Rohstoff Holz

Jeder Baum bildet Zeit seines Lebens Jahrringe aus und produziert Holz – ökologisch und nachhaltig! Wie das Holz der Bäume wächst, wird deutlich, wenn man in ihn hineinschaut. Das Holz unserer zahlreichen Waldbaumarten zeichnet sich durch große Vielfalt, z. B. in Bezug auf Gewicht und Farbton, Biege-, Zug- und Druckfestigkeit, aus. Selbst innerhalb derselben Holzart treten große Unterschiede, z. B. in Bezug auf Splint- und Kernholz oder engringiges Fichtenholz aus den Hochlagen/weitringiges Fichtenholz aus Hochleistungsstandorten im Flachland, auf. Die Optik des Holzes (Holz „lebt“, Holz ist „warm“), die leichte Bearbeitbarkeit und die hohe Festigkeit bei geringem Gewicht sind Eigenschaften, die dafür sprechen, den Rohstoff Holz zu verwenden. Für die industrielle Produktion ist die Eigenschaft wichtig, bei Auflösung des Gefüges hochfeste Fasern in großen Mengen zu liefern. Holz ist der wichtigste heimische nachwachsende Rohstoff. Bezüglich seiner technischen Eigenschaften liegt Holz zwischen hochfesten, aber wenig dehnbaren (z. B. Stahl) und hochdehnbaren, dafür wenig festen (z. B. Leder) Werkstoffen. Seine Zugfestigkeit ist mit der des Gusseisens vergleichbar, seine Reißlänge (Länge einer Stange bei vertikaler Aufhängung, bei der die Stange durch Eigengewicht reißt) ist jedoch sechsfach größer als die von Baustahl. In der Ökobilanz ist der Rohstoff Holz der „Klassenbeste“. In der Vielfalt des Rohstoffes Holz liegt seine Stärke. Für fast jede Anforderung gibt es eine Holzart, die sich durch ihre besonderen Eigenschaften empfiehlt.

**Abbildung 41:** Aufbau eines Baumes *Forstlicher Bildungsordner*

## 12.3 Nachhaltige Nutzung

Weltweit ist die Menschheit heute auf der Suche nach Methoden, die sicherstellen sollen, dass Ressourcen nicht verschwendet oder vernichtet werden. 1992 bekannten sich die Vereinten Nationen zum Leitbild der nachhaltigen Entwicklung. In Rio de Janeiro verabschiedeten sie ein globales Aktionsprogramm. Mit der „Agenda 21“ erklärte sich jeder der über 170 Unterzeichnerstaaten bereit, das Leitbild national in allen Politikbereichen unter Beteiligung von Gesellschaft und Wirtschaft umzusetzen. Auch Deutschland hat die Agenda unterzeichnet. „Das Recht auf Entwicklung muss so erfüllt werden, dass den Entwicklungs- und Umweltbedürfnissen heutiger und zukünftiger Generationen in gerechter Weise entsprochen wird“, so lautet der Grundsatz Nr. 3 der Rio-Deklaration. Der Begriff der Nachhaltigkeit wurde mit „Rio“ einer breiten Öffentlichkeit näher gebracht. Dabei kennt die Forstwirtschaft diesen Begriff bereits seit über 300 Jahren. Er bedeutet, dass man nur so viel Holz schlagen durfte, wie auch nachwachsen kann, also vom Ertrag und nicht von der Substanz zu leben. Weit über die ökologische Herausforderung hinaus bildet Nachhaltigkeit heute den Leitgedanken für eine umfassende zukunftsfähige Politik. Es geht um eine generationsübergreifende Verantwortung für eine ökonomisch, ökologisch und sozial tragfähige Entwicklung der Menschheit.

### 12.3.1 Wald kann man nicht unbegrenzt nutzen

Der mitteleuropäische Wald wird schon lange durch den Menschen genutzt, anfangs vor allem durch Sammeln und Jagen im Wald, was weitgehend keine sichtbaren Auswirkungen auf den Wald selbst hatte. Als die Menschen sesshaft wurden, entstanden kleine Rodungsinseln, die sie als Ackerflächen nutzten und von denen aus die Menschen Bau- und Brennmaterial in den umliegenden Wäldern gewannen. Das anhaltende Bevölkerungswachstum forderte dem Wald immer mehr Flächen ab. Im 11. und 12. Jahrhundert erreichten die Waldrodungen ihr größtes Ausmaß. Bis ca. 1400 n. Chr. war in etwa die heutige Wald-Feld-Verteilung entstanden. Im Mittelalter, das auch das „hölzerne Zeitalter“ genannt wird, und in den ersten Jahrhunderten der Neuzeit waren die Menschen auf den Rohstoff Holz angewiesen. Die Menschen wohnten in mit Holz beheizten Holzhäusern. Die meisten Gegenstände des täglichen Gebrauchs wurden aus Holz hergestellt. Viele Handwerks- und Wirtschaftszweige beruhten auf der Holznutzung (Schiffsbau, Glasindustrie, Metallverarbeitung). Der steigende Holzbedarf konnte nur aus den umliegenden Wäldern, das heißt in einem begrenzten System gedeckt werden. Der Rückgriff auf Nachschub aus Kolonien war erst ab dem 19. Jahrhundert möglich; erst seit 1864 ist Deutschland ein Holzeinfuhrland. Daneben diente der Wald auch vielerorts als Weidefläche für das Vieh. Die so auf großen Flächen anzutreffende unregelmäßige Nutzung des Waldes führte zur Übernutzung und Zerstörung des Waldes. Am Ende standen ausgeplünderte Wälder, wie sie auf den Landschaftsbildern des späten 18. und frühen 19. Jahrhunderts zu sehen sind. Wie groß die Not geworden war, zeigen die in Bayern erlassenen Verbote: So wurden z. B. 1690 das Aufstellen von Maibäumen oder 1732 das Sonnwendfeuer verboten.

Bereits aus dem Mittelalter sind uns viele Anweisungen überliefert, die eine Ausplünderung der Wälder verhindern sollten. Der Wille, die Wälder zu schonen, war also schon damals vorhanden. Dieses Ziel konnte aber lange Zeit wegen fehlender Kenntnisse und fehlender Kontrolle nicht durchgesetzt werden.

### 12.3.2 Das Prinzip „Nachhaltigkeit“

Vielfältige Überlegungen, praktische Erfahrungen und hoheitliche Regelungen befassten sich mit der Aufgabe, wie auf Dauer die nötige Versorgung mit Holz gesichert werden könnte. Der viel gereiste Berghauptmann und Gutsherr Hanns Carl von Carlowitz formulierte aufgrund seiner Erfahrungen 1713 als Erster ein Konzept der „Nachhaltigkeit“, das der Forstwissenschaftler Georg Ludwig Hartig 100 Jahre später folgendermaßen zusammenfasste: „Aus den Waldungen des Staates soll jährlich nicht mehr und nicht weniger Holz genommen werden, als bei guter Bewirtschaftung mit immerwährender Nachhaltigkeit daraus zu beziehen möglich ist“. Damit sorgt Nachhaltigkeit für einen gerechten Ausgleich der Ansprüche der lebenden Generation mit denen ihrer

Abbildung 42: Hans Carl von Carlowitz LWF



Nachkommen; sie ist – wie wir heute sagen – ein Generationenvertrag. Das Prinzip der Nachhaltigkeit war geboren – nun musste es umgesetzt werden.

### 12.3.3 Weiterentwicklung zur nachhaltigen Forstwirtschaft

Grundlage für die Umsetzung des Nachhaltigkeitsanspruchs war zunächst das Wissen um die tatsächliche Produktionskraft des Waldes. Man begann damit, Daten über die Anzahl und die Entwicklung der Bäume zu erheben. 1732 erstellte Forstmeister Johann Georg von Langen erstmals einen Atlas des von ihm betreuten Waldes (Blankenburger Forste). Dieser Atlas enthielt Tabellen über Bodenqualität, Flächengrößen und Bestandesalter sowie Aussagen über den geschätzten Ertrag und den geschätzten Zuwachs. Seine bahnbrechende Neuerung bestand darin, dass man erstmals nicht nur vom Holzbedarf, sondern auch vom Waldzustand und dessen voraussehbarer Weiterentwicklung ausging.

Man hatte also erkannt, dass die Nachhaltigkeit im Wald stets von zwei Regelkreisen gesteuert wird: Einem negativen – es darf nicht mehr Holz verbraucht werden als zuwächst – und einem positiven – es soll so viel Holz produziert werden, wie gebraucht wird.

Dies bedeutete für den Waldeigentümer: Nutzungseinschränkung und Kontrolle: Der Holzverbrauch durfte den Zuwachs nicht übersteigen. Dies bedeutete zunächst eine deutliche Nutzungseinschränkung. Auch musste die Nutzung des vorhandenen knappen Holzes genau kontrolliert und optimiert werden. Quantitative und qualitative Verbesserung des Holzzuwachses: Der Holzvorrat musste erhöht werden, z. B. durch laufende Nachpflanzung von geeigneten Bäumen, durch den Schutz der Kulturen vor Schäden und durch längere Umtriebszeiten, um wertvolles Holz ernten zu können. Um die nachhaltige Nutzung des Holzes planen und überwachen zu können, mussten fachlich gut ausgebildete Förster mit entsprechenden Weisungsbefugnissen den Wald bewirtschaften. Der qualifizierte Beruf des Försters wurde eingeführt. Der Anspruch auf Nachhaltigkeit bedeutete für Waldbesitzer und Gesellschaft schmerzhaftes Nutzungseinschränkungen bei gleichzeitigen Investitionen in das zukünftige Wohl des Waldes.

Dass es gelang, diesen nicht einfachen Anspruch tatsächlich umzusetzen, ist im Wesentlichen auf zwei Umstände zurückzuführen:

Die Einsicht in die Notwendigkeit und die Chance, mit heutigem Verzicht die Zukunft der nachkommenden Generation sicherzustellen, geht als gedanklicher Ansatz weit über die rein technische Umsetzung des Prinzips der Nachhaltigkeit hinaus. Hier wird die philosophische Komponente der Nachhaltigkeitsidee ersichtlich. Dies zeigte sich in der Auseinandersetzung der geistigen Größen der damaligen Zeit, Goethe und Schiller, mit den Zielen und Erkenntnissen der beginnenden Forstwissenschaft. GOETHE schrieb 1832 an den Sohn des bekannten Forstwissenschaftlers Heinrich Cotta: „Empfehlen Sie mich demselben (Heinrich Cotta) aufs Beste, wie ich denn die Gelegenheit sehr gerne ergreife auszusprechen, wie viel ich seinen früheren Bemühungen um das Pflanzenwachstum schuldig geworden“. Goethe hatte auch größte Achtung vor Carl Christoph von Lengsfeld, einem Forstmann, der 1763 ein Gutachten

über die Weimarer Forsten aufgestellt hatte. Lengsfelds Schwiegersohn, der große Dichter und Denker, Friedrich von SCHILLER hat sich auch sehr positiv über das Wirken der Förster

geäußert: „Ihr seid groß, Ihr wirkt unbekannt, unbelohnt, frei von des Egoismus Tyrannei, und Euer stillen Fleißes Früchte reifen der späten Nachwelt noch“. Diese Verbindung zur Weimarer Klassik hat zweifellos viel zum gesellschaftlichen Konsens mit dem Nachhaltigkeitsprinzip beigetragen.

#### 12.3.4 Der Gedanke der Nachhaltigkeit in der heutigen Praxis

Heute werden die Wälder meist nach den Grundsätzen der naturnahen Forstwirtschaft bewirtschaftet. Diese beinhaltet insbesondere die Vermeidung von Kahlschlägen, die angemessene Beteiligung standortheimischer Baumarten, die Einbeziehung von Naturverjüngung und die Berücksichtigung des Grundsatzes „Wald vor Wild“. Dieser Grundsatz „Wald vor Wild“ bedeutet, dass standortsheimische Baumarten auch ohne Schutzmaßnahmen, wie z.B. Zäune, heranwachsen sollten, ohne dass Sie von einer zu hohen Wildpopulation flächig verbissen werden.

Mithilfe von statistisch abgesicherten Stichproben werden die Holzvorräte der Wälder regelmäßig erfasst (z. B. im Bayerischen Staatswald per Inventur alle 10 Jahre). Auf der Basis dieser Inventur wird dann eine Forstbetriebsplanung erstellt, die festlegt, wie viel Holz in den nächsten 10 Jahren nachhaltig entnommen werden kann. In Bayern steht einer durchschnittlichen Nutzung von ca. 12 Millionen m<sup>3</sup>/Jahr ein Zuwachs von 18 Millionen m<sup>3</sup>/Jahr gegenüber. Im bayerischen Staatswald wurden im Zeitraum 1997 bis 2007 durchschnittlich 5,0 Millionen m<sup>3</sup>/Jahr genutzt bei einem jährlichen Zuwachs von ca. 6,1 Millionen m<sup>3</sup>. Zwischen 1971 und 2007 ist der durchschnittliche Holzvorrat im Staatswald von 238 auf 283 m<sup>3</sup>/ha gestiegen. Heimisches Holz kann also mit gutem Gewissen genutzt werden. Die heimische Forstwirtschaft hat dabei sogar engagiert die Begründung von Mischbeständen vorangebracht. So ist der Laubholzanteil im Bayerischen Staatswald in den letzten 30 Jahren von 24 Prozent auf 32 Prozent, in der ersten Altersklasse (Baumalter 0 - 20 Jahre) von 25 Prozent auf 53 Prozent gestiegen und hat damit den höchsten Stand seit 100 Jahren erreicht. In anderen Bundesländern sowie im Privat- und Körperschaftswald ist die Tendenz ähnlich. Heute steht nicht nur mehr Holz, sondern auch stärkeres Holz in unseren Wäldern. Die Wälder sind in den letzten Jahrzehnten deutlich gemischerter und struktureicher geworden.

#### 12.3.5 Umfassende Nachhaltigkeit

Die ursprünglichen Nachhaltigkeitsmodelle beschränkten sich auf die nachhaltige Erzeugung von Holz. Doch die moderne Nachhaltigkeit in der Wald- und Forstwirtschaft ist umfassender: Sie hat den Anspruch, alle Leistungen des Waldes dauerhaft zu sichern, also Nachhaltigkeit nicht nur im ökonomischen, sondern auch im ökologischen und sozialen Bereich zu gewährleisten. Durch wachsende und sich wandelnde gesellschaftliche Anforderungen an den Wald entstanden für die Waldbesitzer im Laufe der Zeit neue Aufgaben, die heute freiwillig und selbstverständlich von der Forstwirtschaft erfüllt werden: die Erhaltung und Förderung der Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes sowie aller seiner gesellschaftlichen Leistungen.

Heute stellt ein moderner Forstbetrieb ein Maximum an wertvollem Holz bereit und berücksichtigt gleichzeitig die Lebensansprüche der typischen waldbewohnenden Tier- und

Pflanzenarten zum Erhalt der biologischen Vielfalt. Darüber hinaus wird die Qualität des Trinkwassers gesichert, der Boden vor Erosion geschützt, das Lokalklima der Ballungsräume verbessert, Erholungssuchenden ein Ort der Ruhe und Entspannung und nicht nur Schülern eine anschauliche Bildungsstätte geboten. Mit der Bereitstellung des nachwachsenden Baustoffes und Energieträgers Holz leistet die Forstwirtschaft einen wichtigen Beitrag zur Minderung des CO<sub>2</sub>-Anstiegs in der Atmosphäre, und steuert so der Klimaerwärmung entgegen.

Die Wälder sichern darüber hinaus eine Vielzahl an Arbeitsplätzen. Neben Waldarbeitern, Förstern, Biologen, und Waldpädagogen sichert Holz in Deutschland in weiterverarbeitenden Betrieben wie Sägewerken, Zimmereien und Schreinereien wichtige, regionale Arbeitsplätze. Rund eine Million Arbeitsplätze in Deutschland hängen – vorwiegend im ländlichen Raum – mit dem Holzmarkt zusammen.

## 12.4 Abiotische Umweltfaktoren im Wald

Abiotischen Umweltfaktoren sind Einflüsse der nicht belebten Umwelt. Hierzu zählen beispielsweise Licht, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, die Beschaffenheit des Bodens (Struktur, Zusammensetzung, pH-Wert) und auch Wettererscheinungen wie Nebel und Winde. Diese prägen den Lebensraum der darin siedelnden Organismen. Die Gesamtheit der abiotischen Faktoren in einem Lebensbereich wird dessen Biotop genannt. Dieser Lebensraum mit seinen abiotischen Faktoren ist Teil des Ökosystems Wald.

### 12.4.1 Das Klima

Bayern liegt innerhalb der warm-gemäßigten Klimazone im Übergangsbereich zwischen dem maritimen Klima Westeuropas und dem kontinentalen Klima Osteuropas. Während sich das maritime Klima durch milde Winter, kühle Sommer und eine hohe Luftfeuchtigkeit auszeichnet, ist das kontinentale Klima durch kalte Winter, heiße Sommer und eine geringe Luftfeuchte gekennzeichnet. Vor allem im (Süd-)Osten Bayerns ist eine zunehmende Kontinentalität des Klimas zu beobachten. Die meisten Niederschläge sowie deren räumliche Verteilung werden durch die zyklonalen Westlagen geprägt. Feuchte Luft aus südwestlichen bis nordwestlichen Richtungen gelangt so nach Bayern. Beim Auftreffen auf die Mittelgebirge oder die Alpen werden sie zum Aufsteigen gezwungen, kühlen sich dabei ab und es kommt zu Niederschlägen. Nach der Überquerung führen die Wolken nicht mehr so viel Wasserdampf mit sich, es kommt seltener zu Niederschlägen. Daher nehmen die Gesamtjahresniederschläge in Bayern von West nach Ost ab. Zudem zeigt sich sehr ausgeprägt eine Abnahme der Niederschläge von Süden nach Norden, wobei es im südlichen Bayern (bis 2000 mm) fast viermal so viel regnet wie mancherorts in fränkischen Teilen Bayerns (ca. 500 mm).

## 12.4.2 Wälder im Klimawandel

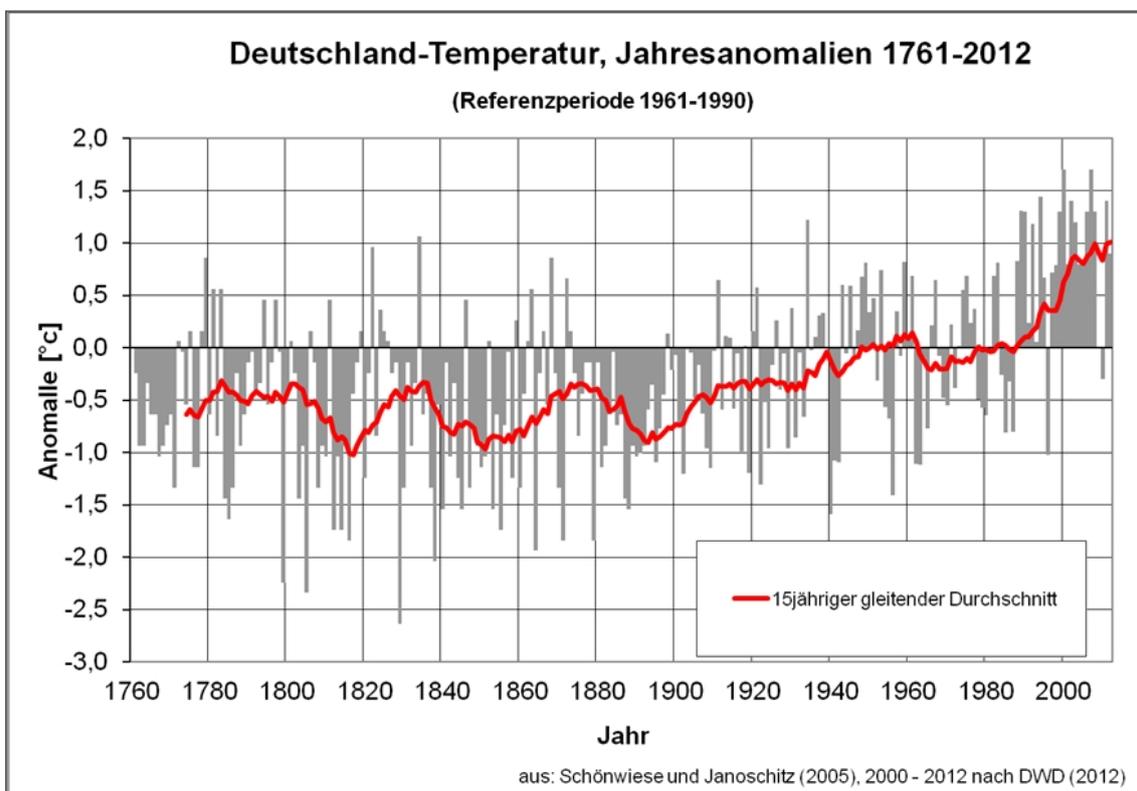
Kaum ein anderer Wirtschaftszweig ist, u.a. wegen der Langlebigkeit seiner Organismen, so sehr mit Natur und Umwelt verbunden wie die Forstwirtschaft. Klima und Boden bestimmen entscheidend Möglichkeiten und Grenzen der forstwirtschaftlichen Bodennutzung. Von Natur aus wäre Bayern ein Land, in dem großflächig Buchenwaldgesellschaften (Rotbuche und Begleitbaumarten) das Waldbild prägen würden. Viele dieser Baumarten verfügen über eine breite ökologische Amplitude, d.h. sie können sich an Veränderungen von Umweltbedingungen in hohem Maß anpassen. Jede Baumart hat ihre eigene ökologische „Nische“ aus verschiedenen Umweltfaktoren, in der sie sich von Natur aus besonders wohlfühlt bzw. überleben kann. Bei den ökologischen Faktoren spielt neben der Lufttemperatur (Mittelwert, Extreme wie Hitzeperioden und Fröste) vor allem der Niederschlag (Menge, Verteilung) für Vorkommen und Vitalität von Baumarten eine bestimmende Rolle. Allgemein gilt, dass trockenstressbedingte Vitalitätsverluste (teilweise vorzeitiger Blatt- und Nadelfall) auch zu Holzzuwachsverlusten und Verschiebungen des Konkurrenzgleichgewichtes führen. Die sogenannten Klimahüllen (modellierte Wohlfühlbereiche) der Buche und vieler anderer heimischer Laubbaumarten zeigen sowohl mit dem gegenwärtigen als auch mit dem zukünftigen Klima gute Übereinstimmung. Südeuropäische Baumarten wie Flaumeiche und Esskastanie würden unsere heutigen Bedingungen vor allem wegen ihrer fehlenden Winterhärte noch nicht ertragen. Zur Wiederbestockung ausgeplündelter Wälder und degradierter Böden wurden seit Mitte des 17. Jahrhunderts verstärkt die Nadelbaumarten Fichte und Kiefer weit außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets gesät und gepflanzt. In den wärmeren Regionen erwiesen sich diese Baumarten oftmals auch als ertragreicher gegenüber den ursprünglichen Laubwäldern. Die Faszination über ihre Wirtschaftsleistung, ihrem Naturverjüngungspotential und ihre Robustheit in der Anwuchsphase führten selbst nach herben Rückschlägen durch Schädlingsmassenvermehrungen (Nonne, Kiefernspanner, Borkenkäfer etc.) und Stürme zur Ausbreitung ihres Areals. Erst in den zurückliegenden 50 Jahren widmet man sich flächendeckend gezielt und erfolgreich der Laubholzanreicherung in unseren Wäldern. Die in Bayern nach wie vor hohen Fichtenanteile stellen vor allem in den trocken-warmen Gebieten ein großes waldbauliches Risiko dar und bringen für die Forstwirtschaft eine nie dagewesene Herausforderung mit sich. Höhere Sommertemperaturen und anhaltende Trockenphasen verschlechtern die Bedingungen v. a. für die Fichte in weiten Teilen Bayerns gravierend und begünstigen gleichzeitig die Massenvermehrung von Schädlingen wie verschiedene Borkenkäferarten. Die Fichte wird also die große Verliererin des Klimawandels sein.

Höhere Holzanfälle nach Schadereignissen wie Windwurf oder großflächigem Borkenkäferbefall führten des Weiteren immer wieder zu immensen Störungen auf dem Holzmarkt und zu nicht unerheblichen Folgekosten bei der Wiederaufforstung von Freiflächen. Viele unserer heimischen Laubbaumarten und Gastbaumarten, wie Douglasie, Schwarzkiefer, Roteiche und Robinie, kommen voraussichtlich mit Klimabedingungen zurecht, die sich aus einer Temperaturerhöhung von 2 °C ergeben. Gleichwohl ist damit zu rechnen, dass ihnen wärmeliebende Schädlinge, wie z. B. der Eichenprozessionsspinner, zu schaffen machen.

Daneben werden sich für die eine oder andere Art gewisse Lebensraumverschiebungen ergeben.

Jedes weitere Grad Erwärmung über 2 °C hinaus verschärft die Situation. Bei einer Erhöhung um drei oder gar vier Grad Celsius entstehen im Gebiet Deutschlands viele sogenannte nicht analoge Klimatypen, also Klimakombinationen, die es bisher innerhalb der Grenzen Deutschlands niemals gab. Wie die Forstwirtschaft mit derartigen Klimasprüngen umzugehen hätte, kann noch nicht vorhersehen. Neben einer praxisnahen forstlichen Forschung und einem intensiven Schädlings-Monitoring kommt dem raschen Umbau der besonders gefährdeten Fichtenreinbestände besondere Bedeutung zu.

**Abbildung 43:** Klimaentwicklung Deutschland



In allen Waldbesitzarten Bayerns gelten etwas mehr als 300 000 Hektar als umbaudringlich, d.h. das Reinbestände in standortsgerechte Mischbestände umgebaut werden sollten. Diese Wälder stocken auf mäßig wasserversorgten Böden im jetzt schon warm-trockenen Klimabereich. In Mittelfranken fielen dem Borkenkäfer allein im Jahr 2006 rund 790.000 Festmeter zum Opfer, über 2000 Hektar wiederaufzuforstende Kahlflächen blieben zurück. Der notwendige Baumartenwechsel ist mit enormen finanziellen Belastungen der Waldbesitzer und mit großem personellem Einsatz der Forstleute verbunden. Sowohl die rasche Wiederbestockung von Schadflächen, als auch die rechtzeitige Unterpflanzung der Fichtenbestände mit Schattbaumarten wie Tanne und Buche (Vorbau) erfordern eine fachkundige Beratung und Förderung.

### 12.4.3 Die Temperatur

Ein wichtiger Umweltfaktor, der eine Vielzahl von Lebensvorgängen beeinflusst, ist die Temperatur. Lebensprozesse, wie Atmung, Transpiration, Entwicklung, aber auch das Wachstum der Pflanzen, sind temperaturabhängig. Je nach Lebensform haben Pflanzen für das Überdauern der kalten Jahreszeit in unseren Breiten unterschiedliche Möglichkeiten entwickelt, wie beispielsweise den Blattabwurf oder die Einhüllung der Knospen mit Schuppen, um möglichen Frostschäden, wie z.B. Erfrierungen oder Forstspaltungen entgegenzuwirken. Auch die Aktivität und das Verhalten vieler tierischer Waldbewohner wird durch den abiotischen Umweltfaktor Temperatur beeinflusst. Grundsätzlich unterscheidet man wechselwarme und gleichwarme Tiere, die durch unterschiedlichste Strategien an sehr kalte oder an übermäßig warme Temperaturen angepasst sind. Wechselwarme Lebewesen überdauern deshalb den Winter in Kältestarre. Gleichwarme Tiere, wie Säugetiere und Vögel, passen sich den Temperaturen durch die Körperbedeckung, wie Fell und Federn an. Einige Arten halten eine Winterruhe oder einen Winterschlaf.

Lebewesen sind an ihren artspezifischen Lebensraum angepasst, das heißt, sie zeigen Merkmale, die ein Überleben unter den dort herrschenden Umweltbedingungen ermöglichen. Alle Organismen reagieren auf den Temperaturfaktor durch Beschleunigung oder Verzögerung der physiologisch-chemischen Prozesse sowie durch Verhaltensweisen und Anpassungen im Körperbau. Die Umgebungstemperatur ist dabei ein wichtiger Faktor, da sie die biologischen Prozesse beeinflusst und die meisten Organismen nicht in der Lage sind, ihre Körpertemperatur genau zu regulieren. Bei Temperaturen unter 0°C kann das Wasser in den Zellen gefrieren und diese zum Platzen bringen. Bei Temperaturen über 45°C hingegen können Proteine denaturieren oder es kann zumindest zu Funktionsstörungen kommen. Zudem gibt es nur wenige Organismen, die bei sehr niedrigen oder sehr hohen Temperaturen ihren Stoffwechsel ausreichend aufrechterhalten können. Grundsätzlich gilt also, dass enzymatische Reaktionen temperaturabhängig sind. Eine außergewöhnliche Anpassung erlaubt es manchen Mikroorganismen auch außerhalb des für andere Lebewesen verträglichen Temperaturbereichs zu existieren.

### 12.4.4 Wasser

Der Wasserhaushalt des Waldes wird durch Niederschläge in Form von Regen und Schnee sowie durch die Boden- und Luftfeuchtigkeit bestimmt. Da Stoffwechselprozesse in wässriger Lösung stattfinden, ist Wasser für alle Organismen lebensnotwendig.

Das Wasser ist in einen ständigen Kreislauf eingebunden. Mit den Niederschlägen gelangt es auf die Erde und durch Versickerung ins Grundwasser. An bewaldeten Stellen wird etwas Regenwasser von den Kronen der Bäume zurückgehalten. Ein großer Teil gelangt jedoch auf den Waldboden, wo Moose und die Humusschicht eine sehr große Menge Wasser aufnehmen und speichern. Etwas Wasser sickert schließlich auch hier ins Grundwasser. Ein Teil der Niederschläge wird über die Bodenoberfläche direkt in Bäche und Flüsse abgeführt. Über den Grundwasserfluss und oberflächliche Abflüsse gelangt das Wasser letztendlich in die großen Meere. Im Wald fließt nur eine geringe Menge Wasser oberflächlich ab, ein großer Teil wird an den Boden abgegeben und gespeichert, so dass auch während niederschlagsfreier Zeiten Wasser zur Verfügung steht. Die Bäume nehmen das Wasser über die Wurzeln auf und

verdunsten es über die Blätter. Der in die Atmosphäre abgegebene Wasserdampf kondensiert zu Wolken, so dass er schließlich als Regen wieder zur Erde zurückgelangt und der Kreislauf geschlossen ist. (Siehe Abbildung 19)

Im Wald wird die Umgebungstemperatur durch die Verdunstung herabgesetzt. Das macht sich besonders an heißen Tagen bemerkbar, wenn es im Inneren eines Waldes deutlich kühler ist als in der Umgebung. Nachts gibt der Wald die am Tag gespeicherte Wärme langsam ab. Auch an kalten Wintertagen ist es im Wald meist wärmer als in der Umgebung, da die Baumkronen einen Teil der abgestrahlten Erdwärme reflektieren.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der Wald den raschen Abfluss der Niederschläge in Bäche und Flüsse verzögert, indem er das Niederschlagswasser speichert. Dadurch verhindern Waldbestände Bodenerosion, das Abrutschen von Erde an Hängen und Hochwässer.

Die Wasserversorgung bestimmt zudem auffallend Gestalt und Bau von Pflanzen. Bäume, Sträucher und Kräuter als Gefäßpflanzen sind homoiohydrisch. Sie regulieren ihre Wasserbilanz über Wurzel, Spross und Blätter. Diese Pflanzen haben in der Regel in ihren Zellen zentrale Vakuolen und verfügen somit über eine Art inneren Wasservorrat. Über die im Blatt liegenden Spaltöffnungen können sie ihre Transpiration regulieren und auch größere Schwankungen im Wasserangebot des Waldes ausgleichen. Laubbäume werfen zudem als Anpassung an den abiotischen Faktor Wasser im Herbst ihre Blätter ab, um die Verdunstungsoberfläche drastisch zu verringern.

Auch Moose und Flechten speichern Wasser. Als poikilohydrische Organismen sind sie jedoch in ihrem Wasserhaushalt weitgehend vom Wasserangebot ihrer Umgebung abhängig und können meist nur an feuchten Standorten überleben.

Die Tiere des Waldes werden ebenfalls vom abiotischen Faktor Wasser beeinflusst. Sie benötigen dieses für Stoffwechselprozesse, Osmoregulation, Transport und Aufnahme von wasserlöslichen Stoffen. Die entwicklungsgeschichtlich jüngeren Vögel, Kriechtiere und Säuger sind als Trockenlufttiere relativ unabhängig vom Wassergehalt der Umgebung.

Anpassungserscheinungen dieser Tiere sind Federn, Fell beziehungsweise stark verhornte Haut, die als Schutz vor zu starker Verdunstung und Austrocknung des Körpers dienen. Die entwicklungsgeschichtlich älteren Amphibien wie Frösche und Molche sind hingegen stark vom Wasserhaushalt der Umgebung abhängig. Angepasst an ihre Umgebung zeichnen sich diese Feuchtlufttiere durch eine feuchte, schleimige und drüsenreiche Haut aus. Diese bietet nur wenig Schutz vor Austrocknung. Zudem sind sie auf Gewässer als Fortpflanzungsort angewiesen.

Waldböden haben eine hervorragende Filterwirkung und sind daher für den Trinkwasserschutz sehr wichtig. Hauptgründe dafür sind der hohe Humusgehalt, die damit verbundene Vielfalt an Bodenorganismen sowie die intensive Wurzeltätigkeit. Eine naturnahe Waldwirtschaft betreibt durch den Anbau von Baumarten mit leicht zersetzbarer Laub- und Nadelstreu sowie durch den Verzicht auf Kahlhiebe eine nachhaltige Humuspflge. Staub in der Luft wird durch die Zweige, Blätter und Nadeln „herausgekämmt“ und mit dem Regen auf den Boden gespült. Weil

Laubbäume im Herbst ihre Blätter verlieren, käumen ihre Kronen übers Jahr deutlich weniger Stoffe aus der Atmosphäre als die immergrünen Nadelbäume. Zudem verdunsten sie – bedingt durch die kürzere Vegetationszeit – weniger Niederschlagswasser, sodass mehr Grundwasser gebildet werden kann. Durch die tief reichenden und weit verzweigten Wurzelsysteme können viele Laubbäume (z. B. Buche mit 23 Kilometer Wurzellänge pro Baum) mehr Nitrat aufnehmen. Auch der Humuszustand von Laubwäldern wirkt sich positiv auf das Grundwasser aus. Selbst eine Beimischung von Laubbäumen in reine Nadelholzbestände bewirkt eine messbare Verbesserung der Grundwasserqualität. Dass Grundwasser aus dem Wald so sauber ist, hat aber auch noch andere Gründe:

In Waldgebieten gibt es praktisch keinen direkten Eintrag von Düngemitteln und Pestiziden. Schmier- und Hydrauliköle, die in Verbindung mit Forsttechnik zum Einsatz kommen, müssen biologisch leicht abbaubar sein. Tankvorgänge dürfen nur außerhalb von Wasserschutzgebieten erfolgen und bedürfen besonderer Schutzvorkehrungen.

In den Boden versickert, durchläuft das Wasser weitere Veränderungen. Der Boden reinigt das Wasser auf drei Arten:

Wie ein Sieb hält er Schmutzpartikel physikalisch zurück.

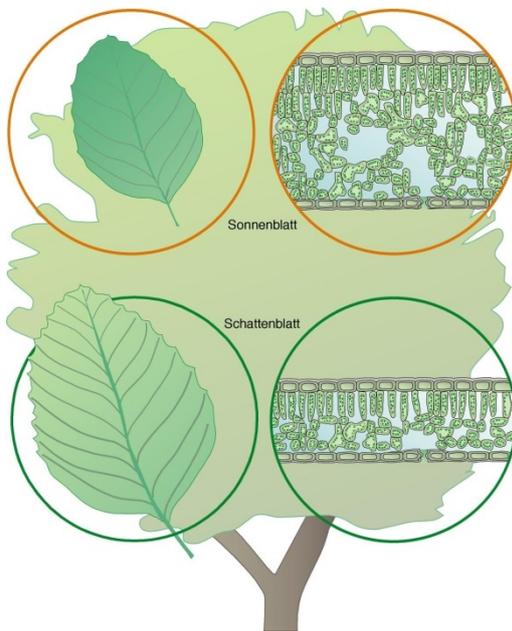
Das Wasser wird aber auch chemisch und biologisch verändert. Humus und Tonplättchen der obersten Bodenschicht können als Ton-Humus-Komplexe Stoffe chemisch aus dem Wasser entziehen und an sich binden.

Kleinstlebewesen in den obersten Bodenschichten, z. B. Bodenbakterien, bauen unerwünschte Stoffe ab und wandeln sie in unschädliche um.

## 12.4.5 Licht

Der wesentlichste abiotische Umweltfaktor, das Sonnenlicht, liefert die Energie für die Existenz nahezu aller Lebensgemeinschaften sowie für zahlreiche Lebensprozesse. Die Pflanzen können aus Wasser und Kohlenstoffdioxid mithilfe des vom Chlorophyll eingefangenen Sonnenlichts ein breites Spektrum an organischen Stoffen aufbauen. Der Prozess der Fotosynthese bildet damit ökologisch betrachtet als wichtigster biochemischer Prozess die Grundlage für die Produktion der Biomasse des Waldes.

**Abbildung 44:** Unterschiedlicher Aufbau eines Sonnen- und Schattenblattes *Grafik Jürgen Wirth, Dreieich.*



Die Ansprüche der verschiedenen Pflanzenarten an den Umweltfaktor Licht sind sehr unterschiedlich. Schattenpflanzen kommen beispielsweise im Waldesinneren vor, Sonnenpflanzen hingegen an Waldrändern, auf Lichtungen und außerhalb des Waldes. Die Individualentwicklung der Pflanze ist ebenfalls abhängig vom Licht. Deutliche Auswirkungen sind zum Beispiel auf die Wuchshöhe und die Blütenbildung von Kräutern zu beobachten. Bei optimalen Beleuchtungsverhältnissen entwickelt sich die Pflanze am besten. Sowohl physiologische als auch morphologische Anpassungen an die Lichtverhältnisse lassen sich auch an den Blättern ein und derselben Pflanze feststellen. Sonnenblätter bilden häufig ein mehrschichtiges, kleinzelliges Palisadenparenchym aus, wo hingegen die Interzellularen im Schwammparenchym schwach entwickelt sind. Schattenblätter haben

oft ein reduziertes Palisadenparenchym, die Blätter bestehen aus wenigen Zellschichten, die Zellen sind groß und besitzen wenige Chloroplasten. Das Interzellularsystem ist hier weitläufig und die Palisadenzellen sind kegelförmig. Zudem sind die Wasserleitungsbahnen oft reduziert. Licht ist allerdings nicht nur für die Entwicklung, sondern auch für das Verhalten vieler Pflanzen und Tiere von Bedeutung. Viele Organismen sind empfindlich für die relative Tages- und Nachtlänge, reagieren also fotoperiodisch. Die Fotoperiode ist im Vergleich zur Temperatur ein zuverlässiger Zeitgeber zur Auslösung saisonaler Ereignisse, wie etwa das Aufblühen von Pflanzen oder Tierwanderungen.

### 12.4.6 Boden

Als Boden bezeichnet man den lockeren, von der Erdoberfläche bis zum Gestein reichenden Teil der Erdkruste. Er wird durch Verwitterung und Humusbildung ständig umgestaltet. Boden besteht aus mineralischen und organischen Bestandteilen sowie aus Wasser und Luft. Im Folgenden werden typische Merkmale des Bodenaufbaus im Wald beschrieben.

#### **Bodenprofil:**

Der Boden ist von einer lockeren Streuschicht aus abgestorbenen, teils zersetzten Pflanzenresten wie Blättern und Nadeln bedeckt. Darunter befindet sich der A-Horizont, der auch Oberboden genannt wird. Diese Schicht besteht ebenfalls aus abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Resten, die jedoch von den Bodenorganismen schon unterschiedlich weit zersetzt wurden, vermischt mit mineralischem Ausgangsgestein. Diese Schicht ist aufgrund des relativ hohen Humusanteils dunkel gefärbt. Der A-Horizont ist gut durchlüftet und kann viel Feuchtigkeit speichern. Die meisten Wurzeln breiten sich in diesem Horizont aus. Weiter unten folgt der B-Horizont, eine breite Schicht eines hellbraun bis rötlich gefärbten Mineralbodens. Im Vergleich zum A-Horizont findet man hier weniger Bodenorganismen und

Wurzeln. Mineralsalze, wie beispielsweise Eisenverbindungen, können hier vom Wasser ausgewaschen werden, und verleihen so dem Boden die typische rotbraune Farbe. Schließlich findet sich ganz unten das Ausgangsgestein, der sogenannte C-Horizont. Dieser besteht aus wenig verwittertem, kaum durchwurzelttem Gestein.

**Bodenbildung:**

Boden entsteht über lange Zeiträume durch den Einfluss des Klimas, der Vegetation und der Tierwelt, durch Zersetzung und Verwitterung des organischen Materials und des anstehenden Gesteins. Ausgangspunkt für die anorganische Bodenbildung sind die Mineralien der Gesteine, die durch physikalische und chemische Verwitterung mehr oder minder zerlegt oder gelöst werden. Der Abbau der organischen Substanz erfolgt durch physikalischen und mikrobiellen Abbau. Bei beiden Zerlegungsvorgängen werden Pflanzennährstoffe in Form von Ionen freigesetzt. Zusätzlich entstehen die beiden wichtigsten Träger der Bodenfruchtbarkeit, Tonminerale und Huminstoffe. Tonminerale besitzen die Fähigkeit, eine bestimmte Menge an Pflanzennährstoffen zu speichern und sie bei Bedarf an die Pflanzen abzugeben. Das Stoffgemisch der organischen Bodenbestandteile bezeichnet man als Humus, der durch die lebenden Bodenorganismen gebildet wird. Zuerst folgt ein stufenweiser Abbau der pflanzlichen und tierischen Substanz bis zu den anorganischen Endprodukten. Diese Verrottung findet nur bei guter Luftversorgung statt. Die bei dieser Mineralisierung entstehenden Huminstoffe haben, wie die Tonminerale, die Fähigkeit, Pflanzennährstoffe in großen Mengen zu speichern.

**Bodenart:**

Die anorganischen Verwitterungsbestandteile werden je nach Korngröße in Ton (0,002-0,02mm), Schluff (0,02-0,6mm), Sand (0,6–2mm) und Kies (2–60mm) unterteilt. Ihre prozentualen Anteile am Unterboden bestimmen die Bodenart. Je kleiner die Bodenpartikel sind, desto kleiner sind auch die Zwischenräume (Poren), desto fester wird das Bodenwasser gehalten und desto schlechter ist die Durchlüftung und die Durchwurzelbarkeit. Als Lehm bezeichnet man eine Mischung aus Sand, Schluff und Ton.

**Bodenwasser:**

Wasser gelangt mit den Niederschlägen in den Boden. Das Sickerwasser fließt durch die lockeren Bodenschichten bis zum Grundwasser. Nur bei gehemmtem Abfluss kann es als Stauwasser wieder die höheren Bodenschichten erreichen. Das Haftwasser wird von entgegen der Schwerkraft an der Oberfläche der Bodenpartikel (Absorptionswasser) oder in den feinen Bodenporen (als Kapillarwasser) festgehalten. Das Bodenwasser versorgt die Pflanzen mit Wasser und transportiert Mineralstoffe.

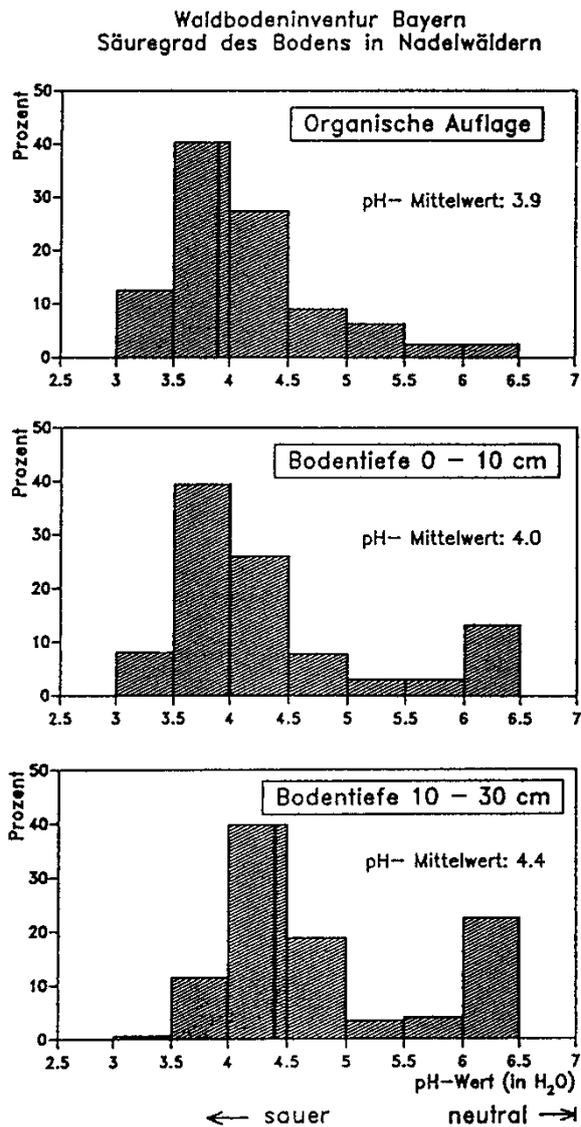
**Bodenluft:**

Bodenluft steuert die im Boden ablaufenden Oxidationsprozesse, ermöglicht die Atmung der Pflanzenwurzeln sowie der aeroben Mikroorganismen und Zersetzer. Weil die fotosynthetische Aktivität im Boden nicht möglich ist, ist Bodenluft nicht wie atmosphärische Luft zusammengesetzt, sondern enthält weniger Sauerstoff- und mehr Kohlenstoffdioxidanteile.

### PH-Wert:

Der pH-Wert kennzeichnet die saure, neutrale oder basische Reaktion des Bodens. Die gesamten chemischen, biotischen und physikalischen Bodenbildungsprozesse, vor allem die Verfügbarkeit und Speicherfähigkeit der Pflanzennährstoffe, werden durch den pH-Wert gesteuert. Er beeinflusst stark das Vorkommen von Wald bildenden Pflanzenarten und

**Abbildung 45:** PH Werte in unterschiedlichen Bodentiefen  
Forstlicher Bildungsordner



Bodenorganismen. Die Ansprüche der Pflanzen an den pH-Wert des Bodens sind sehr unterschiedlich. Manche Arten können verschiedene pH-Werte tolerieren, andere sind auf eng begrenzte Reaktionsbereiche angewiesen. Diese können wiederum als Zeigerpflanzen für bestimmte pH-Werte gelten. Böden besitzen verschiedene Puffersysteme, mit denen ein Säureeintrag über eine bestimmte Zeit ausgeglichen werden kann. Ein ständiger Eintrag durch saure Niederschläge führt jedoch zur Zerstörung dieser Puffersysteme. Im Endstadium kommt es zur vollständigen Auswaschung der Pflanzennährstoffe und zu einer Freisetzung von Metallionen, die potentielle Zellgifte sind. Zudem werden die Bodenlebewesen durch den Säureeintrag geschädigt. Bei einigen sehr nährstoffarmen Sandböden in Bayern kann man diesen Prozess bereits beobachten. Änderungen im pH-Wert haben also einen großen Einfluss auf die im Biotop lebenden Pflanzenarten und Bodenorganismen.

### Bedrohte Böden

Die Böden unter Wald zeigen eine große Vielfalt, was ihre Eigenschaften und ihre Funktionen im Landschaftshaushalt und in der Lebensgemeinschaft Wald betrifft. Schädliche Einwirkungen bedrohen diese natürliche Vielfalt. Gefahren und Nachteile für den einzelnen Waldbesitzer und die Allgemeinheit sind die Folge. Im Gegensatz zu Böden unter landwirtschaftlicher Nutzung sind Waldböden durch Bodenbearbeitung und Düngung häufig nicht oder nur wenig verändert worden. Ihr ursprünglicher Zustand ist aber zunehmend durch unterschiedliche Ursachen gefährdet:

### **Gefährdung durch Luftschadstoffe**

Durch Luftschadstoffe sind unsere Böden einer schleichenden Veränderung ausgesetzt. Die mit dem Niederschlag in den Boden gelangenden Säuren – insbesondere Schwefel- und Salpetersäure – führen allmählich zu einer Versauerung unserer Böden. Dies führt zu einer Verarmung an Nährstoffen, die häufig von einem Rückgang der pH-Werte begleitet ist. Über Jahrzehnte hinweg hat der „Saure Regen“ die Vorräte an wichtigen Pflanzennährstoffen wie Kalzium und Magnesium im Boden verringert. Im Extremfall kann der Säureeintrag zur Mobilisierung giftiger Schwermetalle und zu einer drastischen Beeinträchtigung der Bodenlebewelt führen. Seit Einbau von Filteranlagen in Kraftfahrzeugen, Kraftwerken und Fabriken ist der Eintrag von Schadstoffen massiv zurückgegangen und „sauerer Regen“ gibt es kaum noch. Dies hat zur Folge, dass es dem Wald in Bayern, insbesondere der Tanne, immer besser geht.

Auf der anderen Seite haben hohe Stickstoffeinträge die Ernährung der Waldbäume unausgewogen werden lassen. Vielerorts ist inzwischen Überernährung, Eutrophierung und Stickstoffsättigung eingetreten.

### **Verlust der Bodenstruktur (Verdichtung)**

Unsere Böden sind sehr störanfällige Komplexe, die aus Luft, Wasser und Feststoffen bestehen. Das Hohlräumssystem des Bodens (= der Porengehalt) ist dabei entscheidend für den Luft- und Wasserhaushalt der Böden. Durch das Befahren mit schweren Maschinen werden unsere Waldböden verdichtet. Das ausgewogene Verhältnis von Grob- zu Feinporen wird auf Jahrzehnte gestört; vor allem die luftführenden Grobporen gehen verloren – mit negativen Auswirkungen für Wurzelwachstum und Bodenlebewesen. Da die stärksten Verdichtungen schon bei den ersten (ein bis drei) Überfahrten zu verzeichnen sind, ist es das Ziel der Forstwirtschaft, die zum Herausrücken des gefällten Holzes benötigten Maschinen nur bei geeigneter Witterung und nur auf ausgewiesenen Rückegassen fahren zu lassen. Die große Restfläche zwischen diesen Gassen muss von jeglicher Befahrung verschont bleiben. Wenn dies berücksichtigt wird, sind große Holzerntemaschinen (Harvester), vor allem wenn Sie zusätzlich noch auf einer Matte mit Reisig fahren, in der Summe deutlich bodenschonender für den Wald als herkömmliche landwirtschaftliche Maschinen.

### **Verlust von Bodenmaterial (Erosion)**

Bei Fehlen jeglicher Vegetation besteht die Gefahr, dass die losen Bodenteilchen verloren gehen. Insbesondere Wind und Regen führen zu Erosionserscheinungen und Bodenverlusten. Je steiler das Gelände, desto größer ist die Gefahr. Durch naturnahe Forstwirtschaft wird die Entstehung von Kahlflächen im Wald verhindert.

Waldböden sind ein kostbares Gut und sollen nach dem Vorsorgeprinzip vor schädlichen Veränderungen bewahrt werden. Diese Prämisse ist weitaus wirksamer und kostengünstiger als die nachträgliche Sanierung von Bodenschäden. Dem Zweck der Vorsorge diene auch die regelmäßige Bodenzustandserhebung im Wald. Sie erfasst stichprobenartig den derzeitigen Zustand der Waldböden in der Bundesrepublik. Aus den Daten der Erhebung lässt sich ablesen, wie es gegenwärtig um den Zustand der Waldböden bestellt ist, welche Böden und welche Regionen besonders gefährdet sind und welche Veränderungstendenzen bestehen. Bei bereits

eingetretenen Bodenschäden und Umweltbelastungen können Sanierungsmaßnahmen erforderlich werden (z.B. Waldkalkungen).

## 12.5 Biotische Umweltfaktoren

Biotische Umweltfaktoren sind alle Faktoren der belebten Umwelt, die sich aus den gegenseitigen Einflüssen der Lebewesen ergeben. Jedes Lebewesen steht also in Wechselwirkungen mit anderen Lebewesen. Dabei können die verschiedenen Formen Symbiose, Parasitismus und Saprophytismus unterschieden werden.

### 12.5.1 Symbiose

Unter Symbiose versteht man eine Form des Zusammenlebens zweier Arten, welche für beide Organismen von Vorteil ist. Dabei werden die beteiligten Organismen als Symbionten bezeichnet. Ist einer der Symbionten viel größer als der andere, nennt man diesen den Wirt. Grundsätzlich unterscheidet man die Ektosymbiose, bei der der Symbiont außerhalb des Partners lebt, von der Endosymbiose, bei der der Symbiont im Inneren des Partners lebt. Eine besondere Form der Symbiose zwischen Pflanzenwurzeln und Chitinpilzen ist die Mykorrhiza, die bei circa 85 Prozent aller Landpflanzen vorkommt. Mykorrhiza bedeutet „Pilzwurzel“ und bezieht sich auf die Strukturen, die gemeinsam von den Wurzelzellen der Pflanze und den Hyphen des assoziierten Pilzes gebildet werden. Die Hyphen des Pilzes verbinden sich mit den Wurzelhaaren der Pflanze und sorgen durch die Vergrößerung der Wurzeloberfläche dafür, dass die Pflanze mehr Wasser und Mineralsalze, besonders Phosphat und Stickstoffverbindungen, über die Pilzfäden aufnimmt. Im Gegenzug versorgt die Pflanze den nicht zur Fotosynthese fähigen Pilz mit Glucose und anderen organischen Stoffen. Zusätzlich scheidet der Pilzpartner der Mykorrhizen Wachstumsfaktoren aus, welche die Wurzeln zum Wachstum und zur Verzweigung anregen. Auch bildet er Antibiotika, die die Pflanze vor möglichen pathogenen Bodenbakterien und Bodenpilzen schützen. Besonders auf mineralsalzarmen Böden können Pflanzen mit Mykorrhiza schneller und kräftiger wachsen als Pflanzen ohne Mykorrhiza. Es wird ihnen häufig erst dadurch ermöglicht, an solchen Standorten zu wachsen.

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Formen der Mykorrhiza, die Ektomykorrhiza und die Endomykorrhiza. Bei der Ektomykorrhiza bildet das Mycel einen dichten Mantel auf der Wurzeloberfläche der Pflanzen. Die Hyphen ziehen sich vom Mantel aus in den Boden und vergrößern dadurch die Oberfläche für die Wasser- und Mineralstoffabsorption. Zusätzlich dringen die Hyphen in die Wurzelrinde ein, nicht aber in die Wurzelzellen selbst. Das in den Extrazellularräumen gebildete Netzwerk erleichtert somit den Nährstoffaustausch zwischen Pilz und Pflanze. Diese Form der Mykorrhiza ist hauptsächlich bei Holzgewächsen, wie Kiefern-, Fichten-, Eichen-, Walnuss-, Birken- und Weidenarten verbreitet.

## 12.5.2 Parasitismus

Parasitismus liegt vor, wenn zwei Arten in eine Wechselwirkung treten, bei der ein Organismus, der Parasit, seine Nahrung von einem anderen Organismus, seinem Wirt, bezieht und diesen dadurch schädigt. In solch einem Zusammenleben trägt der Parasit die Vorteile und der Wirt die Nachteile. Die Größenverhältnisse sind im Vergleich zum Fressfeind-Beute-System vertauscht, was bedeutet, dass Parasiten sehr viel kleiner sind als der von ihnen befallene Wirt. Grundsätzlich können Parasitentypen in Bezug auf ihren Lebensraum und die Dauer der parasitischen Lebensweise unterschieden werden. Parasiten können als Endoparasiten, wie beispielsweise Bandwürmer oder Malaria-Erreger, innerhalb von Geweben ihres Wirtes oder als Ektoparasiten, wie beispielsweise Stechmücken oder Läuse, auf der Oberfläche ihres Wirtsorganismus leben. Während temporäre Parasiten, wie Mücken oder Zecken, ihren Wirt nur vorübergehend zur Nahrungsaufnahme aufsuchen, bleiben permanente Parasiten, wie Läuse oder Krätzmilben, in allen aktiven Entwicklungsstadien bei ihrem Wirt. Periodische Parasiten, wie beispielsweise der Leberegel, befallen ihren Wirt nur in bestimmten Entwicklungsphasen und leben ansonsten frei. Einige Parasiten, wie der Fuchsbandwurm, sind in einer bestimmten Entwicklungsphase auf einen zweiten Wirt angewiesen, der als Zwischenwirt bezeichnet wird.

Ein Beispiel für Parasitismus, welches häufig im Wald zu finden ist, sind Laubblätter, die mit gelben oder schwarzen Flecken übersät sind. Diese Blätter werden schnell gelb und fallen ab. Grund dafür ist, dass das Gewebe im Blattinneren von Pilzhypen durchzogen ist und von diesen geschädigt wird. Die sichtbaren Flecken auf der Außenseite des Blattes sind beispielsweise Sporenlager eines Rost- oder Brandpilzes.

## 12.5.3 Saprophytismus

Saprobionten sind heterotrophe Organismen, die weder Fotosynthese noch Chemosynthese betreiben und sich von totem organischem Material ernähren. Zu den Saprobionten zählen die meisten Pilze, viele Bakterien, aber auch Würmer, Termiten und Insektenlarven, die in der Laub- und Streuschicht des Waldes, der Humusschicht im Boden, aber auch im Kompost und im Darm des Menschen leben. Saprobionten zersetzen das in einem Ökosystem anfallende tote, organische Material zu niedermolekularen, organischen Verbindungen, welche sie für ihren eigenen Stoffwechsel nutzen. Am Ende der Zersetzungstätigkeit bleiben anorganische Stoffe, wie Kohlenstoffdioxid und Mineralsalze, übrig, die von Pflanzen wieder für die Synthese organischer Stoffe genutzt werden. Somit sorgen Saprobionten für einen geschlossenen Stoffkreislauf in Ökosystemen.

Heterotrophe Organismen, die von organischer Substanz abgestorbener Pflanzen oder Tiere leben, bezeichnet man als Fäulnisbewohner oder Saprophyten.

Zusammen mit Bakterien sind saprobiontische Pilze die wichtigsten Destruenten der Biosphäre. Sie leisten einen wichtigen Beitrag zum Abbau organischer Stoffe und damit letztendlich zum Recycling derjenigen chemischen Elemente, die von Lebewesen genutzt

werden. Die Mycelien von Pilzen absorbieren im Wald beispielsweise Nährstoffe von umgestürzten Bäumen oder Baumstümpfen und zersetzen auf diese Weise deren Holz. Diese Pilze sind somit die bedeutendsten Zersetzer von Cellulose und Lignin, den Hauptbestandteilen von pflanzlichen Zellwänden, da die meisten Bakterien nicht in der Lage sind, diese abzubauen. Enzyme, die von den Pilzen ausgeschieden werden, spalten die Makromoleküle der Zellwand in kleinere, resorbierbare Bestandteile. Dabei baut eine Gruppe von Holzpilzen, die sogenannten Braunfäulepilze, nur die faserige Cellulose der Zellwände ab, nicht aber das Lignin. Zurück bleibt ein brüchiges, oft würfelig zerfallendes, braun bis rot gefärbtes Holz. Dieser Zustand wird als Braun- oder Rotfäule bezeichnet. Eine andere Gruppe von Holzpilzen, die sogenannten Weißfäulepilze, löst neben der Cellulose auch das Lignin aus den verholzten Zellwänden heraus, wodurch das Holz weich und faserig wird und sich weißlich verfärbt. Andere Pilze wiederum sind durch die Produktion von Enzymen zur Zersetzung von Keratin in der Lage, tierische Strukturen, wie Haare und Nägel, abzubauen. Wieder andere Pilze bauen das Chitin von Gliedertieren und Pilzen ab.

Auch bei der Besiedelung von Wirtsorganismen können Saprobionten totes Material verwerten, ohne dabei den Wirtsorganismus zu schädigen. Im Darm des Menschen zersetzen beispielsweise zahlreiche Bakterien- und Pilzarten unverdauliche Nahrungsbestandteile und ergänzen damit die Tätigkeit der körpereigenen Verdauungsenzyme. Durch ihre Stoffwechsellätigkeit stellen einige Bakterien lebenswichtige Vitamine für den Menschen her.

#### 12.5.4 Ökologische Potenzen verschiedener Lebewesen

Die Fähigkeit eines Organismus, Schwankungen von Umweltfaktoren innerhalb eines Bereiches zu ertragen, bezeichnet man als „ökologische Potenz“. Jede Pflanze des Waldes beispielsweise stellt arteigene Ansprüche an ihren Standort und somit an ihre Umwelt. Dabei zählen Feuchtigkeit, Licht, Temperaturverhältnisse, aber auch die Zusammensetzung der Mineralsalze im Boden zu den Umweltfaktoren, die das Pflanzenwachstum beeinflussen. Arten, wie etwa das Knäuelgras, welches fast überall zu finden ist, besitzen eine große ökologische Potenz. Arten, wie der Waldsauerklee hingegen, welcher nur an dunklen, feuchten und sauren Stellen im Wald zu finden ist, zeichnet sich durch eine kleine ökologische Potenz.

Grundsätzlich lässt sich die ökologische Potenz einer Art in Bezug auf einen Umweltfaktor in ein Minimum, ein Optimum und ein Maximum gliedern. Dabei bezeichnet man die Spanne zwischen dem Minimum und dem Maximum als Toleranzbereich. Außerhalb der Grenzen dieses Toleranzbereiches wirkt der entsprechende Umweltfaktor, wie beispielsweise Licht, störend auf wichtige Lebensfunktionen wie Fortpflanzung und Stoffwechsel. An für die entsprechenden Pflanzen ungünstigen Standorten werden dann keine Blüten oder Samen ausgebildet und die Fotosyntheseleistung nimmt ab. Wenn der Umweltfaktor für längere Zeit außerhalb des Toleranzbereiches liegt, stirbt die Pflanze. Allerdings können sich Toleranzbereiche und Optimumwerte von abiotischen Umweltfaktoren verschieben, sobald sich andere Umweltfaktoren ändern. So vertragen zum Beispiel einige Pflanzen umso mehr Schatten, je mehr Wasser und Mineralsalze zur Verfügung stehen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass unter natürlichen Bedingungen das Vorkommen einer Art nicht allein durch einen bestimmten ökologischen Faktor begrenzt wird, sondern immer mehrere Umweltfaktoren zusammenwirken und damit letztendlich festlegen, ob die Organismen unter diesen bestimmten Lebensbedingungen existieren können. Die entsprechenden Umweltfaktoren werden als limitierende Faktoren bezeichnet.

### 12.5.5 Konkurrenz und Konkurrenzvermeidung

Unter Konkurrenz versteht man den Wettbewerb von Lebewesen bezüglich einer begrenzten Ressource. Bei Pflanzen können dies zum Beispiel Licht oder Mineralsalze, bei Tieren Nahrung, Brutstätten und Geschlechtspartner sein. Die Lichtverhältnisse im Wald beispielsweise werden durch die einzelnen Stockwerke beeinflusst. Im Sommer fällt auf die Kronen der Bäume das gesamte Sonnenlicht. Unterhalb dieser Kronenschicht nimmt die Lichtintensität deutlich ab. So wachsen in der Strauchschicht lediglich Sträucher, die weniger Licht zum Leben benötigen. Bis zur Krautschicht dringt im Sommer nur noch wenig Licht durch. Deshalb wachsen dort um diese Zeit nur noch Pflanzen, die mit sehr wenig Licht auskommen. In der Moosschicht, findet man schließlich Pflanzen, die dort trotz zum Teil sehr geringer Sonneneinstrahlung gedeihen können. Die Pflanzen des Waldes stehen daher im Wettbewerb oder in zwischenartlicher Konkurrenz um den abiotischen Umweltfaktor Licht.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Konkurrenz im Prinzip zwischen allen Arten auftreten kann, die von denselben Ressourcen abhängen. Einige dieser Ressourcen, wie beispielsweise der Sauerstoff, sind normalerweise ausreichend vorhanden. Kommt es allerdings zum zwischenartlichen Wettstreit um Ressourcen, kann dies die Reduktion der Populationsdichte der einen oder anderen Art oder beider Arten und im Extremfall das lokale Aussterben einer der beiden Populationen zur Folge haben. Das bedeutet also, dass verschiedene Arten nur dann im gleichen Lebensraum existieren können, wenn sie sich in ihren Lebensansprüchen unterscheiden. Ist das nicht der Fall, können sie auf Dauer nicht nebeneinander existieren. Man spricht daher auch vom „Konkurrenzausschlussprinzip“.

Die Gesamtheit aller Wechselbeziehungen einer Art mit ihrer Umwelt bezeichnet man als ökologische Nische. Das bedeutet, dass verschiedene Arten nur bei signifikanter Unterscheidung ihrer ökologischen Nischen in mindestens einem Aspekt auf Dauer nebeneinander existieren können. Somit führt die Konkurrenzvermeidung letztendlich zur Bildung verschiedener ökologischer Nischen und damit zu einer immensen Artenvielfalt im gleichen Biotop.

Von innerartlicher Konkurrenz spricht man zum Beispiel bei Tieren einer Art, die eigentlich Konkurrenten bei der Suche nach Beutetieren sein müssten. Allerdings wird auch hier das Konkurrenzausschlussprinzip deutlich, etwa wenn sich Männchen und Weibchen in ihrer Größe und somit auch in ihren Beutetieren unterscheiden.

## 12.5.6 Nahrungsbeziehungen, Energiefluss und Stoffkreislauf

In einer Nahrungskette stehen mehrere Organismenarten miteinander in Verbindung. Die Organismen einer Lebensgemeinschaft lassen sich anhand der Art und Weise, wie sie ihre Energie erlangen, in trophische Ebenen oder sogenannte Trophiestufen unterteilen. Eine trophische Ebene ist danach definiert, wie viele Stufen die Energie letztendlich passieren muss, um in die Organismen dieser Ebene zu gelangen. Am Anfang einer solchen Nahrungsbeziehung stehen die Erzeuger, auch Produzenten genannt. Diese Pflanzen bauen mit den Produkten aus der Fotosynthese ihren Pflanzenkörper auf. Das bedeutet, dass sie aus energiearmen, anorganischen Stoffen, nämlich dem Kohlenstoffdioxid der Luft und dem über die Wurzeln aufgenommenen Wasser mithilfe von Sonnenlicht energiereiche, organische Substanz, den Traubenzucker, aufbauen. Dieser dient als Ausgangsprodukt für den Aufbau anderer lebenswichtiger organischer Substanzen, wie beispielsweise Stärke und Cellulose. Als weiteres Produkt der Fotosynthese entsteht Sauerstoff, der an die Atmosphäre abgegeben wird. Fotosynthetisch aktive Organismen sind autotroph und bilden zusammen die trophische Ebene der Primärproduzenten. Sie synthetisieren also jene energiereichen, organischen Moleküle, die von einer großen Zahl anderer Organismen aufgenommen werden.

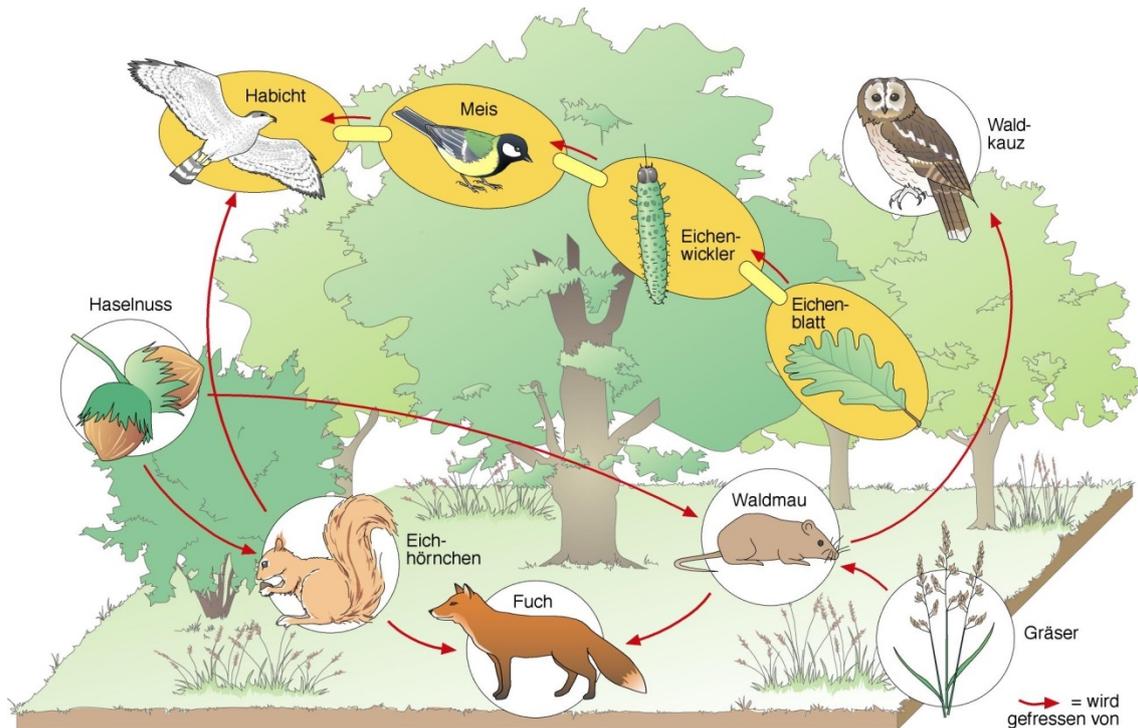
Es folgen als nächste Glieder der Nahrungskette die sogenannten Verbraucher oder auch Konsumenten, die für ihr Wachstum auf die organischen Bestandteile des jeweils vor ihnen stehenden Lebewesens angewiesen sind. Sie sind somit heterotroph. Um Stoffwechsel und Zellatmung aufrechtzuerhalten, verbrauchen sie Sauerstoff und setzen dabei Kohlenstoffdioxid frei. Man unterscheidet die Erstverbraucher, auch Pflanzenfresser genannt, von den Zweitverbrauchern, den Organismen, die sich von den Pflanzenfressern ernähren. Der Endverbraucher bildet den letzten Konsumenten einer Nahrungskette. Alle pflanzenfressenden Organismen bilden die trophische Ebene der Primärkonsumenten, während fleischfressende Organismen die trophische Ebene der Sekundärkonsumenten bilden.

Neben Produzenten und Konsumenten muss noch auf die Destruenten, die sogenannten Zersetzer, hingewiesen werden. Dabei unterscheidet man die Detritivoren (Detritusfresser) von den Saprobionten und Mineralisierern. Indem sie sich von Ausscheidungen und toten Organismen ernähren, bauen sie diese unter Sauerstoffverbrauch zu Mineralstoffen, Wasser und Kohlenstoffdioxid ab. Die in Wasser gelösten Mineralien können dann von den Pflanzen wieder aufgenommen werden.

Da Nahrungsbeziehungen zwischen Organismen aus vielen einzelnen Nahrungsketten bestehen, die wie die Fäden eines Netzes miteinander verknüpft sind, spricht man häufig von sogenannten Nahrungsnetzen. Vergleicht man nun in einem Ökosystem die Gesamtmasse von Produzenten mit der Gesamtmasse von Konsumenten, stellt man zu den Endverbrauchern hin eine deutliche Abnahme fest. Mithilfe einer Nahrungs- oder Energiepyramide, die wiederum aus vier einzelnen Nahrungsebenen besteht, lässt sich diese Abnahme darstellen. Zunächst ermittelt man dabei die Biomasse, sprich die gesamte Masse der Lebewesen in den einzelnen Nahrungsebenen in einem Ökosystem. Diese nimmt von den Produzenten über die Erst- und Zweitkonsumenten zu den Endkonsumenten deutlich ab. Ursache hierfür ist der sogenannte

Energiefluss. Alle Energie stammt aus der Sonne und nur die Produzenten, also die fotosynthetisch aktiven Pflanzen, sind in der Lage, circa 1 Prozent des einfallenden Sonnenlichtes in körpereigene Biomasse wie etwa Stärke und Cellulose umzuwandeln und damit zu binden. Die Pflanzen selbst und alle übrigen Lebewesen müssen von dieser Energie all ihre Lebensvorgänge bestreiten. Zunächst verwenden die Produzenten die gebundene Energie für ihre Atmung, ihr Wachstum und die übrigen Lebensvorgänge, wobei circa 90 Prozent

**Abbildung 46:** Nahrungskette im Wald Grafik Jürgen Wirth, Dreieich



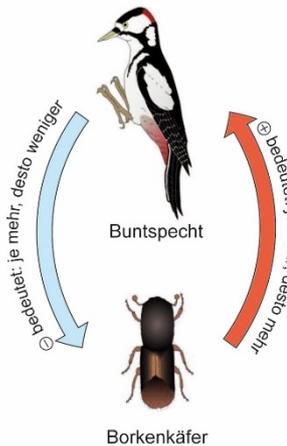
der gebundenen Energie verbraucht wird. Folglich bleiben nur noch etwa 10 Prozent der gebundenen Energie für die nächste Nahrungsebene, die Konsumenten 1. Ordnung, übrig. Die Pflanzenfresser nehmen die Energie mit der Nahrung auf, verbrauchen allerdings für ihre eigenen Lebensvorgänge wieder etwa 90 Prozent von dieser. Über die Nahrungskette gelangen nun die noch übriggebliebenen 1 Prozent der ursprünglich gebundenen Energie zu den Konsumenten 2. Ordnung beziehungsweise den Fleischfressern, die wiederum 90 Prozent davon für ihre eigenen Lebensvorgänge verbrauchen. Schließlich bleiben für die Endkonsumenten, die ebenfalls Fleischfresser sind, noch 0,1 Prozent der ursprünglich gebundenen Energie übrig. Zusammenfassend nimmt die von den Produzenten ursprünglich gebundene Energiemenge von Nahrungsebene zu Nahrungsebene um den Faktor 10 ab. (Siehe auch Abbildung 10)

### 12.5.7 Wechselbeziehungen zwischen Räuber und Beute

Besiedeln Tiere einen neuen Lebensraum, nimmt die Populationsdichte aufgrund zunächst optimaler Lebensbedingungen schnell zu. Je größer jedoch die Population wird, desto langsamer schreitet das Populationswachstum aufgrund von sich schnell ausbreitenden

Krankheiten, Parasiten und knapper werdender Nahrung voran. Die Population hat eine für den Lebensraum charakteristische Größe, die Kapazitätsgrenze, erreicht. Oft zeigen sich Schwankungen der Populationsdichte, die sogenannten Dichteoszillationen.

**Abbildung 47:** Räuber-Beute-Beziehung  
LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für  
Gymnasien, Ökologie



Von einer Räuber-Beute-Beziehung spricht man, wenn ein Räuber hauptsächlich eine Beutetierart frisst. Je dichter die Population der Beute ist, desto leichter finden die Fressfeinde ihre Nahrung. Die Räuberpopulation wächst stark an. Je mehr Räuber jedoch vorhanden sind, umso stärker wird die Beutepopulation dezimiert, was dazu führt, dass die Fressfeinde immer schwieriger Nahrung finden. Es folgt letztendlich ein Rückgang der Räuberpopulation und die Beutepopulation kann sich wieder erholen und nimmt zu. Räuber und Beute regulieren sich also gegenseitig in ihrer Populationsdichte. Man spricht in einem Ökosystem also dann von einem

biologischen Gleichgewicht, wenn über lange Zeit trotz aller Schwankungen im Mittel ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den Organismenarten existiert.

## 12.5.8 Sukzession

Die Abfolge ineinander übergehender Pflanzen- oder Tiergesellschaften an einem Standort nennt man Sukzession. Diese Abfolge wird durch einseitig gerichtete Umweltveränderungen hervorgerufen. Ausgangspunkt dabei ist eine waldfreie Fläche. Es lassen sich insgesamt drei Phasen der Sukzession beschreiben: die Initial-, die Folge- und die Endphase.

Zu Beginn trifft Licht in seiner vollen Intensität auf den feuchten Boden. Wenige, lichtliebende Pionierarten besiedeln das Areal zunächst in großer Dichte. Erst nach wenigen Jahren werden diese von lichtliebenden Sträuchern, wie beispielsweise der Brombeere, der Tollkirsche oder dem Holunder, verdrängt. Der Initialphase schließt sich die Folgephase an, in welcher sehr viel an pflanzlicher Biomasse aufgebaut wird. Die Sträucher werden nach und nach von größeren, schnellwüchsigen Baumarten zurückgedrängt. Unter diesen Bäumen sind Birken, Erlen, Weiden und Vogelbeeren typische Erstbesiedler.

Im Endstadium der Waldentwicklung haben sich nach Jahren Baumarten, wie zum Beispiel der Bergahorn, die Hainbuche oder die Eiche, durchgesetzt, die als größte Arten am konkurrenzstärksten sind. In diesem Stadium, auch Klimaxstadium genannt, ist eine Kombination von Arten vorhanden, welche über einen längeren Zeitraum relativ stabil bleibt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in einem Lebensraum, auch Biotop genannt, unterschiedliche abiotische Faktoren wie Licht, Temperatur, Feuchtigkeit und Bodenbeschaffenheit wirken. Die Tier- und Pflanzenarten in diesem Biotop bilden eine Lebensgemeinschaft, die sogenannte Biozönose. Die Beziehungen zwischen diesen Mitgliedern, wie beispielsweise Nahrungsbeziehungen, Konkurrenz oder Parasitismus,

bezeichnet man als biotische Umweltfaktoren. Ein Ökosystem bildet also eine Einheit, in der Biotop und Biozönose in Wechselbeziehung zueinander stehen.

## 12.6 Wald und Wild

Wald und Wild befanden sich vor der Besiedlung durch den Menschen in einem dynamischen Gleichgewicht. Pflanzenfressende Wildtiere wie Reh- und Rotwild haben im Wald zwar Pflanzen und junge Bäume gefressen, wurden aber selbst durch ein begrenztes Nahrungsangebot, durch Witterungsextreme und teilweise durch Raubtiere in ihrem Bestand so reguliert, dass der Wald sich natürlich regenerieren konnte. Dieses natürliche Gleichgewicht wurde durch den Einfluss des Menschen gestört. Daher haben sich Hirsch (= Rotwild), Reh (= Rehwild) und Wildschwein (= Schwarzwild) in weiten Bereichen stark vermehrt. Dazu haben folgende Faktoren beigetragen:

### Optimales Nahrungsangebot

Von Natur aus wäre Deutschland fast vollständig mit Wald bedeckt. Auf weiten Flächen würde es sich dabei um Buchenwälder oder buchenreiche Wälder handeln. Diese Urwälder waren in der Regel dunkel und damit relativ arm an Kräutern und Sträuchern. In solchen Wäldern war das begrenzte Nahrungsangebot der limitierende Faktor für die Größe der Tierpopulation. Die heutigen Wirtschaftswälder weisen hingegen z. T. eine deutlich üppigere Kraut- und Strauchschicht auf, da etwa die durch Zersiedelung und infrastrukturelle Maßnahmen häufiger gewordenen Waldränder v. a. Rot-, Reh- sowie Schwarzwild reichlich Nahrung bieten. Durch die seit einigen Jahrzehnten hohen Stickstoffeinträge aus der Luft ist die Krautschicht in unseren Wäldern zudem „energiereicher“ geworden, die Waldbäume tragen häufiger Früchte. Hauptsächlich bieten aber unsere intensiv landwirtschaftlich genutzten und eutrophierten Flächen und der deutlich gestiegene Getreideanbau dem Wild im Frühjahr und Sommer ein üppiges Nahrungsangebot. Das hohe Nahrungsangebot im und außerhalb des Waldes wiederum führt zu hohen Vermehrungsraten und einer geringeren natürlichen Sterblichkeit beim Wild.

### Klimaveränderungen

Für viele Wildtierarten in unseren Breiten stellt v. a. der Winter mit seinen extremen Temperaturen und Schneeverhältnissen ein natürliches Regulativ dar. Alte und schwache Tiere überleben diese entbehrungsreiche Zeit nicht. Die Klimaerwärmung führt zu einer größeren Häufigkeit an milden und schneearmen Wintern in unseren Breiten. In solchen Jahren steigt die Wahrscheinlichkeit, dass auch ältere und schwache Tiere den Winter überleben.

### Missbräuchliche Wildtierfütterung

Die Fütterung von Wildtieren außerhalb der Notzeiten ist in den Bundesländern in den jeweiligen Landesjagdgesetzen geregelt. So darf z. B. in Bayern Schalenwild außerhalb der Notzeiten nicht gefüttert werden (§ 23 a Ausführungsverordnung zum Bayerischen Jagdgesetz). Der Begriff Notzeit ist in Bayern bewusst nicht abschließend definiert, da regionale Gegebenheiten und die Witterung unterschiedliche Wertungen erfordern, inwieweit

Wild genügend natürliche Äsung findet. Das Ziel dieser Maßnahme ist der Erhalt der Wildtierpopulation, nicht zwangsläufig jedes einzelnen Individuums, denn unsere Wildtiere sind an strenge Winter in unseren Breiten von Natur aus durch dichteres Fell, Fettreserven, reduzierte Bewegung sowie optimale Nahrungsverwertung durch physiologische Anpassung des Verdauungssystems angepasst. Der Winter ist ein wichtiges natürliches Regulativ für Wildtierpopulationen. Werden Wildtiere außerhalb einer Notzeit gefüttert, spricht man von missbräuchlicher Fütterung. Dadurch verbessert sich die Kondition der Tiere, die Sterblichkeitsrate v. a. bei jungen, alten und schwachen Tieren sinkt. Die „durchschnittlichen“ Tiere erreichen aufgrund des besseren Gesundheitszustands eher die Geschlechtsreife und vermehren sich reichlicher. So wird die Zahl jagdbarer Tiere künstlich hochgehalten. Für die jagdliche Praxis ist darauf zu achten, dass die Schwelle zwischen der in der Notzeit erforderlichen Fütterung zur missbräuchlichen Fütterung nicht überschritten wird. Dies gilt besonders auch beim Reh- und Rotwild, da einige Jäger die Tiere im Glauben füttern, dass sich bei den männlichen Tieren dadurch starke Geweihe herausbilden.

Überhöhte Reh- und Rotwildbestände führen im Wald zu nicht tolerierbaren Verbiss- und Schälsschäden. Eine exakte gesetzliche Definition, ab wann diese Schäden nicht mehr tolerierbar sind, gibt es nicht, da die örtlichen Verhältnisse zu unterschiedlich sind, um sie in ein vorgegebenes „Zahlenkorsett“ einzubinden. Ein gemeinsamer Nenner ist die Vorgabe, „dass sich die in einem Gebiet vorkommenden Hauptbaumarten ohne Zaunschutznatürlich verjüngen lassen müssen“ (§ 32 Abs. 2 Bundesjagdgesetz sowie Nr. I.1.2.1 der Richtlinien für die Hege und Bejagung des Schalenwildes in Bayern; Bekanntmachung des Bay. StMELF vom 09.12.1988).

### **Unterschiedliche Lebensraumqualität im Jahresverlauf**

In intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten steht dem Wild nach der Ernte bis ins Frühjahr hinein nur der Wald als Lebensraum in der kalten Jahreszeit zur Verfügung. Je geringer und zersplitterter die Waldfläche ist, desto kleiner sind die für das Wild geeigneten Äsungs- und Deckungsflächen im Winterhalbjahr. Hier kann es dann zu erheblichen Verbiss-, Schäl- und Fegeschäden kommen. Die tragbare Wilddichte ist in solchen Gebieten deutlich reduziert. Aus diesem Grund sind Maßnahmen zur Deckungs- und Äsungsverbesserung durch Pflanzung von Hecken und Anlage von Wildäckern in der Feldflur wichtig.

## **12.6.1 Verbisssschäden und ihre Auswirkungen**

### **Entmischung der nachwachsenden Waldverjüngung**

Reh- und Rotwild fressen lieber die Knospen bestimmter Baumarten, wie z. B. die der Tannen oder Eichen, als die der Buchen oder Fichten. Auf diese Weise kann es dazu kommen, dass die verbissempfindlichen Baumarten in den Waldverjüngungsflächen in ihrem Höhenwachstum zurückbleiben oder ganz absterben. Diese Baumarten werden häufig schon als Keimlinge aufgefressen und können so aus einer Naturverjüngungsfläche verschwinden. An Stelle von stabilen Mischwäldern entstehen dann Monokulturen. Um diese Entwicklung zu verhindern, werden z. B. Zäune gebaut, die das Reh- und Rotwild von den Verjüngungsflächen fernhalten

sollen. Auch diese kostenintensiven Maßnahmen sind keine Garantie, denn die Zäune können durch Schwarzwild oder umstürzende Bäume zerstört werden.

### **Totalausfall der nachwachsenden Waldverjüngung**

Bei überhöhten Reh- und Rotwildbeständen kann es dazu kommen, dass diese Wildarten alle nachwachsenden jungen Waldbäume verbeißen. Geschieht dies über einen längeren Zeitraum hinweg, fehlen dem Wald die nachwachsenden jungen Waldbäume, er überaltert oder „vergreist“. Im Hochgebirge kommt den Bergwäldern in steileren Lagen oft Boden- und Lawinenschutzfunktion zu. Verbiss hat hier gravierende Auswirkungen. Wenn in diesen Wäldern dann noch die alten Waldbäume absterben oder geerntet werden, kann der Boden leicht seinen Halt verlieren. Erosion, Bodenrutschungen bis hin zu Lawinenabgängen sind die Folge. In diesen Steilbereichen mit ihren i. d. R. extremen Witterungsverhältnissen (Kälte, hohe Schneelagen, Wasser- und Nährstoffmangel) müssen junge Bäume dann mit enormen Aufwand künstlich gepflanzt werden. Wo es nicht oder nicht schnell genug gelingt, wieder Wald nachzuziehen, sind teure technische Gleitschnee- und Lawinenverbauungen notwendig, die das Landschaftsbild erheblich beeinträchtigen.

## **12.6.2 Wald und Jagd**

Die Jagd nach Tieren ist mit der Entwicklungsgeschichte des Menschen eng verbunden. Viele Anthropologen ordnen den Beginn der Jagd dem Lebensraumwechsel der bis dahin vorwiegend vegetarischen Waldbewohner in die offene Steppenlandschaft zu. Die Jagd diente dem Erwerb von Nahrung, Gebrauchsgütern und Kleidung, zu einem geringen Teil auch dem Schutz vor wilden Tieren. Mit dem allmählichen Sesshaftwerden der Menschen und der Entwicklung des Ackerbaus tritt die Bedeutung der Jagd für den Nahrungserwerb dann Zug um Zug in den Hintergrund.

Bis in das frühe Mittelalter hinein war die Jagd in Mitteleuropa keinen Beschränkungen unterworfen. Jagen und Beute machen durfte jeder, der die Zeit und das Geschick dafür besaß. Mit der Zunahme der Bevölkerung und der Inbesitznahme des Landes durch geistliche oder weltliche Landesherrn wurde auch die Jagd schrittweise reglementiert.

Im Mittelalter bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts hinein durften nur noch die Herrscher und die von ihnen legitimierten Personen die Jagd auf Schalenwild wie Hirsch, Reh und Wildschwein ausüben. Die Vogeljagd und der Vogelfang blieben frei. Diente bei der ländlichen Bevölkerung die Jagd noch vorwiegend dem Nahrungserwerb, stellte sie für die geistlichen und weltlichen Herrschaften vorwiegend Lustgewinn und Machtdemonstration dar. Das feudale Jagdwesen fand in der Zeit des Barock und des Rokoko seinen Höhepunkt mit regelrecht inszenierten Jagden. Die Beutetiere wurden mit gewaltigem Aufwand von Jagdhelfern und v. a. von der Landbevölkerung im Frondienst auf großer Fläche zusammengetrieben, damit die adelige Jagdgesellschaft sie erlegen konnte. Einige große und geschlossene Waldgebiete, wie z. B. der Spessart, verdanken ihren Erhalt diesem feudalen Jagdwesen. Die Landesherrn wiesen diese Waldgebiete als (Wild-) Bannforste aus, in denen jegliche Besiedlung – mit Ausnahme der Jagdhelfer und Forstknechte – verboten war. Dadurch waren diese Waldgebiete vor der

Rodung durch den Menschen geschützt. Mitte des 19. Jahrhunderts ging mit dem Ende des Absolutismus das Recht, die Jagd auszuüben, auf den jeweiligen Grundstückseigentümer über. Jagd bedeutete für ihn zum einen Nahrungsbeschaffung, zum anderen auch Schutz der landwirtschaftlichen Nutzflächen vor Schäden durch wild lebende Tiere wie Reh- und Rotwild und v. a. Schwarzwild. In unserer Industriegesellschaft spielt der Aspekt Nahrungserwerb bei der Jagd nur noch eine untergeordnete Rolle. Sie ist auch heute noch an das Grundeigentum gebunden, die Motive für die Jagd haben sich jedoch geändert.

Die Gründe, warum jemand auf die Jagd geht, sind sehr vielfältig und vielschichtig. Hier sollen kurz die Hauptmotive genannt und erläutert werden:

### **Form der Landnutzung**

Die Jagd ist wie die Land- und Forstwirtschaft eine Form der Landnutzung. Das Jagdrecht stellt ein Nutzungsrecht des Grundeigentümers dar und kann als Erwerbsquelle genutzt werden. Reh-, Rot- und Schwarzwild finden in Deutschland vielerorts ideale Lebensbedingungen vor, sie haben hohe Vermehrungsraten. Diesen Zuwachs an Wildtieren wollen die Jäger abschöpfen. Dadurch ergibt sich eine nachhaltige Nutzung des Wildfleischs als Nahrungsmittel. Wild als natürliches Lebensmittel erfreut sich in der Bevölkerung zunehmender Beliebtheit, da es als Produkt der Landschaft gilt, die Tiere naturgerecht leben und sich artgerecht und v. a. ohne Medikamente, ernähren. Ein für die Tiere Stress verursachender Lebendtransport über weite Strecken ist ausgeschlossen. In Deutschland werden jährlich mehr als 30 000 Tonnen Reh-, Rot- und Schwarzwildfleisch aus der heimischen Wildbahn verkauft. Das sind rund 150 Millionen Portionen Wildgericht.

### **Ersatz fehlender Großraubtiere**

Die Populationsdichte bei Wildtieren wird in der Natur von zahlreichen Faktoren beeinflusst. Die wichtigsten Faktoren sind dabei Menge und Qualität des Nahrungsangebots, Witterungsverlauf, Krankheiten und die Anzahl der Räuber (Räuber-Beute-Beziehung). All diese Einflussfaktoren stehen in einem gegenseitigen, z. T. sehr komplexen Wechselgefüge. Mal ist es die schlechte Witterung, an der ein Teil der Tiere einer Population zugrunde geht, mal ist es das geringe Nahrungsangebot. Ein anderes Mal führt die geringe Qualität der Nahrung zu einem schlechten Gesundheitszustand der Tiere, und es bricht eine Krankheit aus, die die Populationsdichte erheblich dezimiert. Auch Räuber beeinflussen die Populationsdichte einer Wildtierart, zumeist wird ihnen aber eine zu große Bedeutung als populationsregulierender Faktor beigemessen. Mit der Ausrottung des Wolfes hat das Rotwild und mit dem Aussterben des Luchses hat das Rehwild einen Regulator verloren. Dennoch waren die Großraubtiere nur phasenweise in der Lage, wirklich regulierend zu wirken. Beim Schwarzwild wird die Population eher durch strenge Frostperioden, fehlende Eichen- und Buchenmasten im Wald und die Schweinepest gesteuert. Als ein Hauptargument für die Abschaffung der Jagd wird immer wieder aufgeführt, stattdessen die fehlenden Raubtiere ersetzen und so die Wildbestände regulieren zu wollen. Wie oben erläutert, kann dieses Argument phasenweise richtig sein, es darf aber fachlich nicht überbewertet werden. Zudem kann dies in Bayern aufgrund der dichten Besiedelung und der Zerschneidung der Wälder praktisch nicht umgesetzt werden.

**Naturerlebnis**

Für viele Jäger ist die Jagd eine Form der Erholung und des intensiven Naturerlebnisses in unserer hektischen und von Technik geprägten Welt.

**Natur- und Artenschutz**

Der Erhalt einer artenreichen und gesunden Tierwelt ist für viele Jäger und Jagdgenossen ein Argument für ihr Tun. Sie führen vielerorts Maßnahmen zur Lebensraumverbesserung von Wildtieren durch.

**Schadensabwehr**

Überhöhte Bestände, v. a. von Reh-, Rot- und Schwarzwild, können sowohl im Wald durch Verbiss der Baumtriebe sowie Abschälen der Baumrinde als auch in der Landwirtschaft zu erheblichen ökonomischen Schäden führen. Manche Baumarten, wie Eiche und Tanne, werden durch das Rehwild bevorzugt verbissen. Dies kann im Wald bei überhöhten Wilddichten zu artenarmen, instabilen Nadelholzbeständen aus Fichte und Kiefer führen.

**Management für Wildtierarten und ihre Lebensräume**

In unserem dicht besiedelten und intensiv genutzten Land ist die Jagd auch Management für jagdbare Wildtierarten wie das Rotwild. Während in früheren Jahrhunderten das Rotwild des Bergwalds im Winter in die milderen Tallagen wanderte, ist ihm heute diese Ausweichmöglichkeit durch Infrastruktur und Besiedlung meist verwehrt. Die Folge ist, dass das Rotwild auch in den Wintermonaten im Bergwald bleiben muss. Um Verbiss- und Schältschäden am sensiblen Wald zu vermeiden, werden verschiedentlich für das Rotwild Wintergatter eingerichtet, in denen es eingesperrt und gefüttert wird. Im Frühjahr werden die Gatter wieder geöffnet. Wenn sich das Gamswild von der Hochgebirgsregion in tiefere Lagen ausbreitet und im Wald Schäden anrichtet, bedarf es ebenfalls geeigneter Gegenmaßnahmen. Auch ist es Aufgabe der Jäger, sich für bedrohte oder wiedereingebürgerte Wildtierarten wie z. B. die Wildkatze, den Luchs oder den Fischotter einzusetzen. Die Verfolgung durch den Menschen und die Zerstörung und Zersiedlung ihrer natürlichen Lebensräume hat dazu geführt, dass diese Wildarten in ihrer Existenz bedroht sind. Die Wiedereinbürgerung bzw. die Unterschützstellung dieser Wildarten bedarf eines zielgerichteten Vorgehens. Dabei sind Fragen zu klären wie z. B.:

Ist der Lebensraum für die dauerhafte Existenz einer überlebensfähigen Population der wieder einzubürgernden Wildart geeignet?

Wie kann der Lebensraum optimiert werden?

Wie werden Bevölkerung und Interessengruppen auf eine Wiederansiedlung z. B. des Luchses vorbereitet?

Zeitgemäßes Wildtiermanagement muss auf wissenschaftlichen Grundlagen fußen. Die Zusammenarbeit von Wildbiologen, Förstern und Jägern ist hier erforderlich.

Teile der Bevölkerung sehen heutzutage keine Notwendigkeit der Jagd mehr und lehnen diese aus ethisch-moralischen Gründen, z. B. Tierschutz, ab.

## 12.7 Kompetenzerwerb in der außerschulischen Bildungsarbeit

Vor allem in der Umweltbildung, als Beispiel für eine außerschulische Bildungsarbeit, ging in den letzten Jahren der Weg immer mehr in Richtung einer Outputsteuerung. Die Teilnehmer jeder Zielgruppe sollten nicht mehr nur Wissen über Natur und Leben erfahren, sondern diese vor Ort selbst entdecken und erleben, um Kompetenzen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung zu fördern. Es ist auch nicht überraschend, dass zum **Kapitel 3 „Bildungsstandards und Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung“** sehr viele Parallelen ins Auge fallen. Gemeinsam mit außerschulischen Umweltbildungspartnern kann der gewünschte Kompetenzerwerb der Teilnehmer sicherlich noch verbessert werden.

### 12.7.1 Sinnvolle Kooperationen im Bereich einer Bildung für nachhaltige Entwicklung

*„Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) ist eine Bildungsoffensive der Vereinten Nationen. Sie soll es dem Individuum ermöglichen, aktiv an der Analyse und Bewertung von Entwicklungsprozessen mit ökologischer, ökonomischer und sozio-kultureller Bedeutung teilzuhaben, sich an Kriterien der Nachhaltigkeit im eigenen Leben zu orientieren und nachhaltige Entwicklungsprozesse gemeinsam mit anderen lokal wie global in Gang zu setzen.“*  
(Quelle: Wikipedia, Juli 2013)

Hinter diesem Begriff BNE steht das Bemühen, außerschulische Bildungsarbeit noch wirkungsvoller zu betreiben. Und zwar einer Form, die dem alltäglichen Handeln nahe ist, die die Kompetenzen und die Eigeninitiative der Teilnehmenden fördert. Die umweltpädagogische Arbeit setzt Impulse und kann dadurch einen wichtigen gesellschaftlichen Beitrag leisten, um unser aller Zukunft zu sichern. Denn BNE unterstreicht die Bedeutung der nachhaltigen Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen und unterstützt damit, bezogen auf den Wald, ein ureigenstes Anliegen, die Wälder nachhaltig und generationengerecht zu bewirtschaften.

Nachhaltige Entwicklung ist sozusagen ein ganzheitliches Ziel, an dem sich all unsere Bildungsanstrengungen und Bildungssysteme orientieren sollten, so auch die außerschulische Umweltbildung. Um dieses Ziel zu erreichen, benötigen die Menschen eine Reihe an Kompetenzen, die in der BNE unter dem Begriff „Gestaltungskompetenz“ zusammengefasst werden. Wir möchten in allen Umweltbildungsveranstaltungen günstige Rahmenbedingungen für den Erwerb von Gestaltungskompetenz schaffen.

## 12.7.2 Gestaltungskompetenz in der außerschulischen Bildungsarbeit

Prof. Dr. Gerhard de Haan, Vorsitzender des deutschen Nationalkomitees für die UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (2005–2014), definiert Gestaltungskompetenz als: „Fähigkeit [...], Wissen über nachhaltige Entwicklung anwenden und Probleme nicht nachhaltiger Entwicklung erkennen zu können. Das heißt, aus Gegenwartsanalysen und Zukunftsstudien Schlussfolgerungen über ökologische, ökonomische und soziale Entwicklungen in ihrer wechselseitigen Abhängigkeit ziehen und darauf basierende Entscheidungen treffen, verstehen und um[...]setzen zu können, mit denen sich nachhaltige Entwicklungsprozesse verwirklichen lassen.“

Bildung für nachhaltige Entwicklung will sozusagen Bildungssituationen schaffen, die für die Entwicklung von Gestaltungskompetenz günstig sind. Denn es geht um die Gestaltung einer lebenswerten Zukunft für alle. Es gibt besonders zukunftsrelevante Themen, die vordringlich behandelt werden müssen. Dabei müssen wirtschaftliche, soziale und ökologische Aspekte miteinander verknüpft und ausgewogen berücksichtigt werden.

### **Die Entwicklung der Gestaltungskompetenz**

Von der Geburt bis ins hohe Alter erweitern Menschen ihre Kompetenzen und verlieren sie auch teilweise wieder. Bei der Kompetenzerweiterung wird immer wieder auf vorher Erworbenem aufgebaut. Schon bestehende Kompetenzen fließen in neue ein. Dabei laufen Integrations-, Differenzierungs- und Transformationsprozesse ab. So werden z. B. verschiedene grundlegendere Kompetenzen in komplexere Kompetenzen integriert: Teilfertigkeiten werden „zusammengebracht“ und ergeben neue, umfassendere Fertigkeiten. Oder das „Instrumentarium“ wird vielseitiger, und man kann differenzierter auf Situationen reagieren. Gerade bei den sozialen Kompetenzen kann man beobachten, wie das Verhaltensrepertoire sich mit zunehmendem Alter verfeinert. Es kann vielleicht helfen, sich Kompetenzentwicklung wie ein Bauwerk vorzustellen, in dem einzelne Kompetenzen Bausteine sind, die zu immer höheren Kompetenzen zusammengefügt und „aufaddiert“ werden. So anschaulich und einleuchtend das Bild auch ist, es greift im Hinblick auf die Wirklichkeit zu kurz: Beim „Aufbau“ komplexerer Kompetenzen gibt es Rückwirkungen auf schon bestehende „Bausteine“. Sie ändern sich dabei. Denken Sie z. B. an Balletttänzer, deren erworbene tänzerischen Fertigkeiten ihren Gang verändern. Gestaltungskompetenz als Ziel der Bildung für nachhaltige Entwicklung ist eine sehr umfassende und differenzierte Kompetenz. Je weiter jemand in seiner Kompetenzentwicklung auf dieses Ziel hin fortgeschritten ist, umso herausfordernder müssen auch die Bildungssituationen werden. Bildungsmaßnahmen müssen dann eine gewisse Komplexität bedienen und bestimmten relativ anspruchsvollen Kriterien genügen. Sie widmen sich vordringlich nachhaltigkeitsrelevanten Kernthemen und der Integration verschiedener Nachhaltigkeitsdimensionen. Solche Angebote sind vor allem sinnvoll ab dem Jugendalter. Auf diese Altersgruppe sollte eine BNE-orientierte Waldpädagogik daher stärker als bisher zugehen. Hier bieten sich auch Ansätze für inhaltliche Kontinuität: In der Grundschule angesprochene Themen können durch Aktivitäten für die Sekundarstufe nochmals aufgegriffen, vertieft und erweitert werden. Natürlich können und sollen auch Angebote für jüngere Kinder den Erwerb von Gestaltungskompetenz fördern. Es ist wichtig, dabei

entwicklungsangepasst vorzugehen, um sie nicht zu überfordern. Auch hier sollte das Denken in Zusammenhängen gefördert, der Bezug zum eigenen Handeln und der eigenen Alltagswelt hergestellt sowie die Eigenaktivität, die Selbstständigkeit und die sozialen Fähigkeiten gefördert werden. Viele bestehende Umweltbildungsaktivitäten leisten das bereits oder können durch entsprechende Ergänzungen noch mehr als bisher dafür genutzt werden. Über alle Veranstaltungen hinweg ist die Förderung der Selbstwirksamkeit besonders wichtig. In vielen Fällen sagt die Selbstwirksamkeitserwartung nach BANDURA (1997), also die Überzeugung, die jemand darüber hat, ob er etwas leisten oder bewerkstelligen kann, besser voraus, welche Resultate eine Person erzielen wird, als ihre bisher gezeigten Leistungen. Denn wenn jemand glaubt, dass es ihm an Fähigkeiten und Fertigkeiten fehlt, um eine bestimmte Aufgabe zu meistern, geht er sie erst gar nicht an oder setzt nicht genug Ausdauer und Anstrengung in eine Unternehmung. Diese Haltung macht einen Misserfolg wahrscheinlicher und bestätigt, als sich selbst erfüllende Prophezeiung, vorherige Zweifel. Menschen mit positiver Selbstwirksamkeitsüberzeugung trauen sich dagegen an größere Herausforderungen heran, erholen sich schneller von Rückschlägen, zeigen mehr Ausdauer, sind weniger angst erfüllt und neigen weniger zu Depressionen. Ein gestaltungskompetenter Mensch besitzt eine positive Selbstwirksamkeitseinschätzung bezüglich Bereichen, die für eine nachhaltige Entwicklung Relevanz besitzen. Er muss überzeugt sein, dass man mit anderen erfolgreich zusammenarbeiten kann (soziale Selbstwirksamkeit), dass er die Fähigkeit hat, das, was er braucht, erlernen zu können (lernbezogene Selbstwirksamkeit), dass Probleme nicht unüberwindlich sind, sondern eher Herausforderungen darstellen, an denen man wachsen kann.

Damit Selbstwirksamkeitserwartungen aufgebaut werden können, ist es nötig zu erfahren, dass man durch sein Handeln Erfolge erzielt. Dabei darf und soll es auch immer wieder Rückschläge geben. Hatte man immer nur Erfolg, wirken plötzliche Rückschläge äußerst entmutigend. Hat man aber gelernt, dass es Rückschläge geben kann, sich diese aber letztendlich überwinden lassen, gewinnt die Selbstwirksamkeitsüberzeugung an Robustheit. Für den Umweltbildner oder Lehrer heißt das, in der Bildungsveranstaltung eine Balance zwischen Spielraum und Schonraum zu finden und angemessene Herausforderungen vor allem in Bereichen bereitzustellen, die Aspekte der Gestaltungskompetenz ausmachen.

Hier ein **Beispiel**, wie entwicklungsangepasste Angebote aussehen können: Die Aktivität aus dem Forstlichen Bildungsordner [ > ] Wald und Gesellschaft 5 „Waldkonferenz“ für Jugendliche ab 14 Jahre ist ein Beispiel für eine solche komplexere und problematisierendere Aktivität. Stein des Anstoßes ist darin eine Natur verbrauchende Maßnahme, die für ein konkretes Waldstück geplant ist, wie z. B. der Bau einer Skipiste, Straße oder eines Gewerbegebiets. Die Teilnehmenden vertreten innerhalb eines Rollenspiels verschiedene typische Positionen. Allerdings wird in mehrererlei Hinsicht über sonst übliche Rollenspiele hinausgegangen. Das betroffene Waldstück wird erkundet und dabei auch die in der Realität verwendeten Planungsinstrumente, wie z. B. Forstbetriebskarten und Natura-2000-Managementpläne, herangezogen. Der Entscheidungsfindungsprozess wird möglichst realitätsnah gestaltet. Neben Bürgermeister/-in, Gemeindefraktionen und diversen Interessensgruppen sind auch Sachverständige bei den Rollen vertreten, die sich jeweils vor Ort und über andere Quellen

kundig machen müssen. Die Teilnehmenden üben den sozialkompetenten Umgang mit anderen und lernen übliche Planungsverfahren kennen. Die Arbeit am konkreten Objekt schafft Wirklichkeitsnähe, auch wenn die geplante Maßnahme fiktiv ist.

Außerdem eröffnen sich Gestaltungsspielräume: Differenzierte Kompromisse werden möglich. Es können Ausgleichsmaßnahmen vereinbart werden bzw. besonders wertvolle Bereiche identifiziert und bewahrt werden, dafür weniger sensible Bereiche für die geplante Nutzung zur Verfügung gestellt werden. Auf der anderen Seite kann aber auch deutlich werden, wie schwierig es ist, verschiedene Ansprüche miteinander zu vereinbaren, und dass, obwohl vielleicht kein Konsens herstellbar ist, Entscheidungen getroffen werden müssen und können. Gestaltungskompetenz wird also in vielfältiger Weise gefordert und gefördert. Der Erfolg einer solchen Veranstaltung hängt sicherlich auch von einer entsprechenden Vor- und Nachbereitung im Unterricht ab, was unterstreicht, dass die Zusammenarbeit von schulischen und außerschulischen Partnern im Rahmen von BNE umso wichtiger wird (KÖHLER, LUDE & BITTNER, 2008).

### 12.7.3 Förderung der Gestaltungskompetenzen

Klassischerweise werden in der Pädagogik die Bereiche Sach-/Methodenkompetenz, Sozialkompetenz und Selbstkompetenz unterschieden. Die Kompetenzen können entweder durch die Anforderungen, die die Aktivität an die Teilnehmenden stellt, gefördert werden, oder dadurch, dass damit zusammenhängende Inhalte explizit thematisiert werden. Die Aktivitäten sollten möglichst viel Partizipationsmöglichkeiten und Gestaltungsspielraum für die Teilnehmenden bieten. Dadurch entstehen Rahmenbedingungen, die für die Entwicklung von Gestaltungskompetenz günstig sind. Allerdings sollte man darauf achten, die Teilnehmenden nicht zu überfordern, damit sie nicht frustriert werden und ihre Motivation, selbst aktiv zu werden, nicht schwindet.

Durch die Berücksichtigung von „Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)“ vollzieht sich in der bisherigen Waldpädagogik eine Fokusverschiebung. Etwas verkürzt stellt sich der Sachverhalt folgendermaßen dar: Die bisherige Waldpädagogik konzentriert sich auf bestimmte Inhalte, z. B. Wald, Forstwirtschaft, ökologische Zusammenhänge, die zielgruppenspezifisch vermittelt werden. Die rein kognitive Ebene wird dabei durch das Ermöglichen positiver Erlebnisse am Lernort Wald überschritten. Es geht ausdrücklich darum, emotionale Zugänge zu eröffnen, um eine damit gekoppelte Wertschätzung des Waldes zu erreichen. Zusammengefasst heißt das: Zielgruppeneigenschaften werden berücksichtigt, um eine positive Einstellung bezüglich des Waldes zu fördern.

BNE verschiebt dagegen den Fokus auf die Bildungsteilnehmenden und ihre Kompetenzen. Der Lernort Wald und die an ihn gebundene Bildungsveranstaltung werden zum Mittel, um Kompetenzen bei den Teilnehmenden zu fördern, die für eine nachhaltige gesellschaftliche Entwicklung als notwendig erachtet werden. Die Gesamtheit solcher Kompetenzen wird im aktuellen Diskurs um BNE „Gestaltungskompetenz“ genannt. Sie ist in diesem Zusammenhang von zentraler Bedeutung.

Abbildung 48: Adapierte Operationalisierung der Gestaltungskompetenzen nach DE HAAN (2008a)

Klassische Kompetenzbegriffe		Teilkompetenz	Form: Die Durchführung der Aktivität erfordert...	Inhalt: Die Aktivität thematisiert...
Sach- und Methodenkompetenz	1	Weltoffen und neue Perspektiven integrierend Wissen aufbauen	Einnahme ungewöhnlicher oder fremder Perspektive (bezogen auf Wahrnehmung oder Interpretation, „trial and error“)	Perspektivenhaftigkeit der Wahrnehmung und Welt-sicht
	2	Vorausschauend Entwicklungen analysieren und beurteilen können	Planung und/oder Koordination	Zukunft, langfristige Zeiträume, (komplexe) Zusammenhänge
	3	Interdisziplinär Erkenntnisse gewinnen und handeln	Forschen (Reden mit anderen, recherchieren, fragen, „trial and error“)	verschiedene Wissens- und Anwendungsdisziplinen und deren Zusammenwirken
Sozialkompetenz	4	Gemeinsam mit anderen planen und handeln können	Zusammenarbeit (mit Übernahme von Verantwortung)	soziale Interaktion
	5	An kollektiven Entscheidungsprozessen partizipieren können	gemeinsame Entscheidungen (Man muss sich auf etwas einigen)	Entscheidungsprozesse (Was sind allgemeine Eigenschaften verschiedener Entscheidungsprozesse? Wie kommt man zu Entscheidungen?)
	6	andere motivieren können, aktiv zu werden	andere anzuleiten bzw. zum Handeln zu bewegen (mit anderen argumentieren)	Motivation anderer (Warum tun andere etwas? Was hindert sie, etwas zu tun? Wie kann man das beeinflussen? Vorbildfunktion)
Selbstkompetenz	7	Die eigenen Leitbilder und die anderer reflektieren können	Ziele, Werte, Einstellungen, Gewohnheiten zu thematisieren	Leitbilder, Lebensstile, gesellschaftlicher Wandel (Historie-Zukunft)
	8	Selbstständig planen und handeln können	eigene Entscheidungen (individuellen Gestaltungsspielraum), Herausforderungen anzunehmen	autonomes umweltbezogenes Handeln und Planen, Beeinflussung von außerhalb
	9	Empathie und Solidarität für andere zeigen können	Einfühlungsvermögen und /oder Eintreten für andere, Verantwortung für die Natur zu zeigen	soziale Gerechtigkeit, Verantwortung für Natur
	10	Sich selbst motivieren können, aktiv zu werden	eigene Aktivität	eigene umweltbezogene Motivation (Warum tue ich etwas? Was hindert mich, etwas zu tun? Wie kann ich das beeinflussen?)

**Erläuterungen:****Teilkompetenz 1: Weltoffen und neue Perspektiven integrierend Wissen aufbauen**

Um die Aktivität erfolgreich durchzuführen, sind Teilnehmende aufgefordert, ungewöhnliche und ihnen fremde Perspektiven einzunehmen, sei es bezogen auf ihr sonst übliches Wahrnehmungsverhalten oder auf die Interpretation von Dingen und Sachverhalten. Ergänzend oder alternativ wird in der Aktivität die Perspektivenhaftigkeit von Wahrnehmung und Interpretationen und daraus mögliche Folgen zum Thema gemacht. Beispiele sind kreativitätsförderlichen Aktivitäten wie Pantomime, Fantasiereisen oder Rollenspiele.

**Teilkompetenz 2: Vorausschauend denken und handeln**

Dadurch, dass geplant bzw. koordiniert werden muss, wird von den Teilnehmenden Vorausschau gefordert. Ergänzend oder alternativ wird in der Aktivität die Zukunft thematisiert bzw. geht es um den Umgang mit langfristigen Zeiträumen oder komplexen Zusammenhängen. Beispiele sind das Stellen von Was-wäre-wenn-Fragen oder die selbstständige Planung und Durchführung von Arbeiten oder Touren.

**Teilkompetenz 3: Interdisziplinär Erkenntnisse gewinnen und handeln**

Die Aktivität erfordert Handlungsweisen, wie sie ähnlich in der professionellen Forschung angewandt werden, d. h. es muss recherchiert, ausprobiert, erkundet werden. Alternativ oder ergänzend wird thematisiert, dass es verschiedene Wissens- und Handlungsdisziplinen gibt, welche Eigenschaften diese aufweisen und wie diese zusammenwirken bzw. welche Probleme bei deren Zusammenwirken auftreten können. Beispiele sind Recherchen in verschiedenen Quellen oder die Durchführung von Experimenten.

**Teilkompetenz 4: Gemeinsam mit anderen planen und handeln können**

Die Aktivität erfordert, dass Teilnehmende mit anderen zusammenarbeiten. Sie übernehmen dabei einen Teil der Verantwortung für die gemeinsam erzielten Ergebnisse. Ergänzend oder alternativ wird in der Aktivität soziale Interaktion thematisiert. Dabei geht es um deren Eigenschaften und eventuell auftretende Probleme. Beispiele sind die gemeinsame Bewirtschaftung eines Schulwalds oder kooperative Abenteuerspiele.

**Teilkompetenz 5: An Entscheidungsprozessen partizipieren können**

Die Aktivität erfordert, dass zusammen mit anderen Entscheidungen getroffen werden. Das heißt, dass die Teilnehmenden sich auf ein gemeinsames Vorgehen einigen müssen. Ergänzend dazu oder alternativ werden in der Aktivität die Eigenschaften verschiedener Entscheidungsprozesse thematisiert und erörtert, auf welchen Wegen man zu gemeinsamen Entscheidungen kommen kann. Beispiele sind das Bearbeiten von Dilemmasituationen als Ausgangspunkt ethischer Überlegungen („Kinder philosophieren“) oder das Stellen vor Entscheidungen mit realen Konsequenzen (z. B. Welche Bäume fällen wir?).

**Teilkompetenz 6: Andere motivieren können, aktiv zu werden**

Die Teilnehmenden müssen andere anleiten bzw. zu umwelt- und zukunftsbezogenem Handeln bewegen. Da erfolgreiche Argumentation das Eingehen auf Motive des Verhandlungspartners erfordert, fallen auch Diskussionen hierunter. Ergänzend oder alternativ thematisiert die Aktivität die Motivation anderer, fragt, worin Gründe und Hemmungen ihres Handelns liegen und auf welche Weise ihre Motivation beeinflusst werden kann. Dazu zählt auch, wie Vorbilder wirken können bzw. welche Vorbilder warum gewählt werden. Beispiele sind das Erstellen von Umweltratgebern oder die Übernahme einer lehrenden Funktion in der Aktivität.

**Teilkompetenz 7: Die eigenen Leitbilder und die anderer reflektieren können**

Die Aktivität erfordert das Nachdenken über eigene Ziele, Werte, Einstellungen und Gewohnheiten und die anderer Personen. Leitbilder, Lebensstile und deren gesellschaftlicher Wandel werden zum Thema. Anders als bei den sonstigen Teilkompetenzen ist in diesem Falle eine Trennung nach Form und Inhalt unscharf, da die Anforderungen im reflektierenden Aufgreifen des Inhalts bestehen. Beispiele sind Aktivitäten wie „Kinder philosophieren“ oder die Analyse von Werbung.

**Teilkompetenz 8: Selbstständig planen und handeln können**

Die Aktivität erfordert von den einzelnen Teilnehmenden, dass sie eigene Entscheidungen treffen bzw. Herausforderungen annehmen müssen. Dazu muss die Aktivität individuellen Gestaltungsspielraum bieten. Je größer dieser ist, umso mehr fördert die Aktivität die entsprechende Teilkompetenz. Ergänzend oder alternativ thematisiert die Aktivität selbstständiges Handeln und Planen und welchen Beeinflussungen von außen man dabei ausgesetzt ist. Beispiele sind Aktivitäten, in denen Verantwortung auf die Teilnehmenden verlagert wird (Lernen durch Lehren oder eigene Aufgabenbereiche in nachhaltigen Schülerfirmen).

**Teilkompetenz 9: Empathie und Solidarität zeigen können**

Die Aktivität erfordert, sich in andere einzufühlen und eventuell sogar für sie einzutreten. Ebenso fördern Aktivitäten, in denen Verantwortung für die Natur gezeigt wird, diese Teilkompetenz. Ergänzend oder alternativ thematisiert die Aktivität soziale (auch intergenerationale, geschlechterbezogene und globale) Gerechtigkeit bzw. die Verantwortung für die Natur. Beispiele sind Aktivitäten, die Hilfestellungen für Lebewesen zum Ziel haben, wie z. B. Bau von Nisthilfen für Insekten, Naturschutzengagement oder das Schaffen von Partizipationsmöglichkeiten, wie z. B. das Anlegen eines Waldlehrpfads für Rollstuhlfahrer. In diesem Falle wurde in der Adaptation für die Waldpädagogik in zweierlei Weise über die Formulierung von DE HAAN (2008a) „Empathie und Solidarität für Benachteiligte zeigen können“ hinausgegangen: Einfühlungsvermögen und Solidarität werden hier bezüglich aller Menschen gefordert und sind nicht nur auf Benachteiligte beschränkt. Außerdem rücken über die Nennung der „Verantwortung für die Natur“ in den Erläuterungen zu Anforderungen bzw. Inhalt entsprechender Aktivitäten, die nichtmenschlichen Lebewesen und auch die unbelebte Natur ins Blickfeld.

**Teilkompetenz 10: Sich motivieren können, aktiv zu werden**

Die Aktivität erfordert ein Handeln, das über Wahrnehmen hinausgeht und die Aktivierung umfangreicherer kognitiver und konativer Ressourcen erfordert. Ergänzend oder alternativ thematisiert die Aktivität die eigene Motivation, widmet sich den Gründen und Hemmnissen für das eigene Verhalten und wie die eigene Motivation beeinflusst wird bzw. von einem selbst beeinflusst werden kann. Beispiele sind Aktivitäten, bei denen sich eine Reflektionsphase anschließt, in der das eigene umweltbezogene Handeln und die dahinter stehenden Beweggründe angesprochen werden.

### 12.7.4 Dimensionen der Nachhaltigkeit

Für eine nachhaltige Entwicklung müssen verschiedene Dimensionen ausgewogen berücksichtigt und miteinander in Einklang gebracht werden. Man spricht meist vom Nachhaltigkeitsdreieck, das die Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales beinhaltet oder vom Nachhaltigkeitsviereck, wenn zusätzlich die Kultur als weitere eigenständige Komponente aufgeführt und nicht in das Soziale integriert wird (STOLTENBERG, 2006, S. 12).

Konkrete inhaltliche Angaben, was nachhaltig ist und was nicht, können nicht ein für alle Mal vorgegeben werden. So stellt BRUNOLD (2004, S. 33) fest: „Nachhaltigkeit ist kein feststehendes Ziel, sondern ein gesellschaftlicher Suchprozess, in dem sich die konkreten Nachhaltigkeitsziele immer wieder ändern“. Bei Nachhaltigkeit handelt es sich demnach um ein dialogisches Konzept. Es überschreitet Fachgebiete und wird damit zu einem Aushandeln zwischen Nicht-Experten. Nachhaltigkeit hat in diesem Sinne mit Selbstorganisation der Gesellschaft und vor allem mit Partizipation zu tun.

**Nachhaltigkeitsthemen**

Nicht jedes Thema eignet sich für eine BNE gleichermaßen. Vordringlicher sind solche, die Gelegenheit bieten, zukunftsrelevantes Wissen und entsprechende Kompetenzen aufzubauen. DE HAAN (2002, S. 13) nennt einige Kriterien, die Kernthemen einer BNE erfüllen sollten:

1. Es sollte sich um ein zentrales lokales wie auch globales Thema handeln. Dabei kann die Behandlung des Themas im fachwissenschaftlichen und politischen Diskurs seine Relevanz anzeigen. Es sollte zukunftsfähige Entwicklung im globalen wie auch lokalen Rahmen erschließen können.
2. Es sollte von längerfristiger Bedeutung sein. Das heißt, bei aller Unsicherheit einer diesbezüglichen Einschätzung, sollte es Grund zur Annahme geben, dass es auch noch nach einer Dekade von Bedeutung sein wird.
3. Es sollte Anlass bieten, differenziertes Wissen zu entwickeln und einzusetzen. Das heißt, verschiedene Fächer, Disziplinen, Wissenschaften sind beteiligt, bzw. es gibt unterschiedliche Auffassungen und Erfahrungen von der Sache.

4. Das Thema sollte Handlungspotential bieten. Es sollte individuelle wie auch kollektive Handlungsmöglichkeiten eröffnen. Dabei sollten auch Grenzen, Hemmnisse und Potentiale eigener Verhaltensänderung wie auch der politischen Gestaltung behandelt werden. Unter Berücksichtigung der vorherigen Ausführungen wurden im Forschungsprojekt Kriterien zusammengetragen, die Nachhaltigkeitsthemen erfüllen sollten.

**Abbildung 49:** Beispielhafte Nachhaltigkeitsthemen im Wald *verändert nach Stoltenberg 2009*

<p><u>Ökonomisch</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Baustoff</li> <li>- Rohstoff -&gt; Geld</li> <li>- Nahrung</li> <li>- Einnahmen durch Pachten</li> <li>- Tourismus</li> <li>- Energie aus dem Wald</li> </ul>	<p><u>Ökologisch</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vielfalt/ Artenreichtum/ Biodiversität</li> <li>- Urwald</li> <li>- Bodenschutz (<i>Erosionsschutz kann auch unter sozialen und ökonomischen Aspekten gesehen werden</i>)</li> <li>- Lebensraum (<i>Dimensionen übergehend</i>)</li> </ul>
<p><u>Sozial</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bildungsort Wald (Waldpädagogik)</li> <li>- Spielort</li> <li>- Sport</li> <li>- Erholungsort</li> </ul>	<p><u>Kulturell</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wald als Naturpark/ Kulturpflanzen</li> <li>- Alte Nutzung „Streurechen“</li> <li>- Urwälder als Kulturgut</li> <li>- Wandel des Waldes früher &lt;-&gt; heute</li> <li>- historische Nahrungsquelle</li> <li>- Mythologie, „Märchen“ – Hänsel und Gretl</li> </ul>

Erfahrungen mit der BNE im Bereich der forstlichen Umweltbildung

*„Das für die Teilnehmenden und mich Neue und Interessante an Bildung für nachhaltige Entwicklung besteht darin, durch die vielen Beispiele, die uns der Wald bietet, Nachhaltigkeit richtig zu verinnerlichen. Wenn die Ergebnisse des Begreifens, des Nachdenkens und das mögliche Handeln nicht vorgegeben sind, wenn sie von jedem selbst entwickelt werden können und damit „eigene“ Werke des Teilnehmenden sind, entsteht Interesse an, ja Lust auf Bildung für nachhaltige Entwicklung. Jede Waldführung entwickelt sich anders, auch wenn die Aktivitäten die gleichen sind. Nicht mehr der definierte Ablauf der Aktivität steht im Vordergrund, sondern das, was sich daraus entwickelt. Ich stoße den Stein an, der etwas ins Rollen bringt: Das Was, Wieviel und Wohin sind dabei völlig offen. Als Umweltbildner brauche ich viel Erfahrung in Bezug auf den Inhalt, d. h. das Thema Wald, aber noch mehr hinsichtlich des Umgangs mit der Gruppe. Ich gehe nicht mehr voran durch den Wald, sondern führe die Gruppe hinein, mache sie auf die vielen Dinge aufmerksam und lasse ihr freien Raum, daraus zu lernen und Bezüge zum eigenen Leben und der Gestaltung der Gegenwart und Zukunft zu entwickeln.“*

## 13 Literatur

AAS, G. & RIEDMÜLLER, A. (1987): Bäume. Laub- und Nadelbäume Europas erkennen und bestimmen. München: Gräfe und Unzer GmbH

AAS, G. & RIEDMÜLLER, A. (1992): Laubbäume. Die wichtigsten Laubbäume Europas bestimmen, kennenlernen, schützen. Ratgeber: Baumschutz in Natur und Garten. München: Gräfe und Unzer GmbH.

AICHELE, D. ET AL. (1996): Der Kosmos Pflanzenführer. Blütenpflanzen, Farne, Moose, Flechten, Pilze, Algen in 653 Farbbildern. Augsburg: Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co.

AIGNER, S. (2009): Ausarbeitung einer Unterrichtseinheit zum Thema Wald aus dem Themenbereich Ökologie in der 10. Klasse Gymnasium zur Charakterisierung neuer didaktischer Schwerpunkte in der Lehrplangestaltung des G8, Zulassungsarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien

AUTORENKOLLEKTIV (1999): Natur bewusst 8. Lehrerband mit Kopiervorlagen. Braunschweig: Westermann Schulbuchverlag.

BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (HRSG.) (2005): Die zweite Bundeswaldinventur 2002: Ergebnisse für Bayern. Berichte der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. LWF WISSEN. (49), 18-22.

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (HRSG.) (2009): *Forstliche Bildungsarbeit. Waldpädagogischer Leitfaden. Nicht nur für Förster*. München. Begleit-CD-ROM

BEYER, I. ET AL. (2006): NATURA Biologie für Gymnasien Ökologie Lehrerband. Stuttgart-Leipzig: Klett.

BICKEL, H., KNAUER, B. & KRONBERG, I. (2006): NATURA Biologie für Gymnasien Ökologie. Stuttgart-Leipzig: Klett.

BONORA, V. ET AL. (1994): NATURA. Biologie für Gymnasien. 8. Jahrgangsstufe. Bayern. Stuttgart-Düsseldorf-Berlin-Leipzig: Ernst Klett Schulbuchverlag GmbH.

EISENREICH, W., HANDEL, A. & ZIMMER, U. E. (1993): Der neue BLV Naturführer für unterwegs. Wälder-Wiesen, Felder-Feuchtgebiete-Küste-Alpen. München: BLV Verlagsgesellschaft mbH.

HAUSFELD, R. & SCHULENBERG, W. (HRSG.) (2008): BIOskop Gymnasium Bayern 10. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH.

HORSTMANN, D., LIENENBECKER, H. & VIETH, W. (1999): Freilandbiologie: Projekt Wald – Vergleichende Untersuchungen in Wäldern. Praxis der Naturwissenschaften – Biologie, 48(8), 1-20.

INEICHEN, S. ET AL. (1992): *Wald erkunden und erfahren*. Mülheim an der Ruhr: Verlag an der Ruhr.

JUNGBAUER, W. (HRSG.) (2008): Netzwerk BIOLOGIE 10. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH, 65.

JUNGBAUER, W. (HRSG.) (2008): Netzwerk Biologie 10 Bayern. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH.

KRONBERG, I. (1996): NATURA. Oberstufe. Ökologie. Biologie für Gymnasien. Stuttgart: Ernst-Klett-Schulbuchverlag.

LAMBERTY, M. (2007): Lernzirkel Südeuropa. Stuttgart-Leipzig: Klett. Manger, A. et al. (2008). NATURA Biologie für Gymnasien. Bayern 10. Stuttgart-Leipzig: Ernst Klett Verlag.

MANGER, A. ET AL. (2008): NATURA Biologie für Gymnasien. Bayern 10. Stuttgart-Leipzig: Ernst Klett Verlag.

MANGER, A. ET AL. (2008): NATURA Biologie für Gymnasien. Bayern 10. Stuttgart-Leipzig: Ernst Klett Verlag, 94-95.

MILLER, S., (2009): Ausarbeitung einer Unterrichtseinheit zum Thema Wald aus dem Themenbereich Ökologie in der 10. Klasse Gymnasium zur Charakterisierung neuer didaktischer Schwerpunkte in der Lehrplangestaltung des G8, Zulassungsarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien

PEWS-HOCKE, C. & ZOBEL, E. (HRSG.) (2005): Duden Biologie Gesamtband Sekundarstufe I. Klassen 7-10. Berlin-Frankfurt am Main: Duden Paetec Schulbuchverlag.

PIETSCH, B. PROBST, W. & SCHUCHARDT, P. (2008): *Biologie. Lehrbuch für die Klasse 10 Gymnasium Bayern*. Berlin: DUDEN PAETEC Schulbuchverlag. Bamberg: C. C. BUCHNER.

SALZMANN, H. C. ET AL. (1990): *Wald erleben Wald verstehen. Praktikumsvorschläge für Lehrer, Ideen für Jugendgruppenleiter, Anregungen für Eltern*. Hannover: Frankfurt/Schroedel Schulbuch-Verlag GmbH.

SPIONG, A. & SCHEERSOI, A. (2008): Den Wald spielend erforschen. *Unterricht Biologie*, 32(334), 25-28.

STICHMANN-MARNY, U., KRETZSCHMAR, E. & STICHMANN, W. (1994): *Der neue Kosmos Tier- und Pflanzenführer*. Stuttgart: Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co.

WALENTOWSKI, H. ET AL. (2004): *Handbuch der natürlichen Waldgesellschaften Bayerns. Ein auf geobotanischer Grundlage entwickelter Leitfaden für die Praxis in Forstwirtschaft und Naturschutz*. Freising: Verlag Geobotanica.

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Humusgehalt.jpg> 02.10.2014

<http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26227&PHPSESSID=3d55b948106605cbb38cbdb6ca3cb5f0> 10.09.2014

<http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26386> 19.09.09

## 14 Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Aufbau einer Bodenleiter .....	29
<b>Abbildung 2:</b> Alter Wald.....	31
<b>Abbildung 3:</b> Junger Wald.....	31
<b>Abbildung 4:</b> Freifläche .....	31
<b>Abbildung 5:</b> Bodenproben mit unterschiedlichen Humusgehalten; <i>Quelle: Wikipedia; Urheber: Dr. Eugen Lehle</i> .....	36
<b>Abbildung 6:</b> vereinfachter Bestimmungsschlüssel <i>LWF verändert</i> .....	37
<b>Abbildung 7:</b> Biotop und Biozönose bilden ein Ökosystem <i>Jungbauer, 2008</i> .....	57
<b>Abbildung 8:</b> Wachstum von Waldziest bei unterschiedlichen Lichtstärken <i>Jungbauer, 2008</i> ..	58
<b>Abbildung 9:</b> Stoffkreislauf am Beispiel Wald <i>Grafik Jürgen Wirth, Dreieich</i> .....	62
<b>Abbildung 10:</b> Energie- und Nahrungspyramide <i>Grafik Jürgen Wirth, Dreieich</i> .....	63
<b>Abbildung 11:</b> Nahrungsnetz im Wald <i>Grafik Jürgen Wirth, Dreieich</i> .....	64
<b>Abbildung 12:</b> Nahrungsbeziehung zwischen Borkenkäfer und Buntspecht <i>LWF verändert nach Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel</i> .....	65
<b>Abbildung 13:</b> Regelkreis Räuber-Beute-Beziehung <i>LWF verändert nach Natura Biologie für Gymnasien" Ernst Klett Verlag</i> .....	65
<b>Abbildung 14:</b> Licht und Stockwerkaufbau in einem Laubwald im Sommer <i>LWF verändert nach Hausfeld &amp; Schulenberg, 2008</i> .....	67
<b>Abbildung 15:</b> Phasen der Sukzession im Wald <i>Grafik Jürgen Wirth, Dreieich</i> .....	69
<b>Abbildung 16:</b> Funktionen des Waldes <i>Aigner, S. &amp; Miller, S., 2009</i> .....	70
<b>Abbildung 17:</b> Bodenprofil eines Waldbodens <i>Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel</i> .....	71
<b>Abbildung 18:</b> Bodenentwicklung <i>Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel</i> .....	72
<b>Abbildung 19:</b> Der Baum als Umweltfaktor und Bedeutung des Waldes für den Wasserhaushalt <i>Grafik Jürgen Wirth, Dreieich</i> .....	72
<b>Abbildung 20:</b> Mit einfachen Mitteln kann eine dauerhafte Indoor Ausführung des Erbgemeinschaftsspiels gebastelt werden. <i>Forstliche Bildungsarbeit 2009</i> .....	81
<b>Abbildung 21:</b> Unterschiedlicher Aufbau eines Sonnen und Schattenblattes <i>Grafik Jürgen Wirth, Dreieich</i> .....	83
<b>Abbildung 22:</b> Jahrgang der Lichtintensität im Misch-wald und CO <sub>2</sub> -Assimilation <i>LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie</i> .....	86
<b>Abbildung 23:</b> Häufigkeit typischer Bodenlebewesen im Wald <i>LWF verändert nach LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie</i> .....	86
<b>Abbildung 26:</b> Lichtintensität und Temperatur am Waldboden im Jahresverlauf <i>LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie</i> .....	90
<b>Abbildung 27:</b> Ökogramme von Buche und Kiefer <i>LWF verändert Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie</i> .....	92
<b>Abbildung 28:</b> Energieschema der Sukzession für das Ökosystem Wald <i>LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie</i> .....	94
<b>Abbildung 29:</b> Vegetationsentwicklung auf Moränen des Aletschletschers <i>LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie</i> .....	94
<b>Abbildung 30:</b> Produktivität und Vegetation <i>LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie</i> .....	94
<b>Abbildung 31:</b> Die ungestörte Entwicklung brachliegenden Landes in mittleren Breiten <i>LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie</i> .....	94
<b>Abbildung 32:</b> Anteil verschiedener Bodenlebewesen an der Zersetzung <i>LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie</i> , .....	99

<b>Abbildung 33:</b> Zersetzungsdauer mit und ohne Netzbeutel im Buchenwald und Auwald unter Beteiligung verschiedener Lebewesen <i>LWF verändert Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie</i> , .....	100
<b>Abbildung 34:</b> Stockwerkaufbau des Waldes <i>LWF verändert nach Hausfeld &amp; Schulenberg, 2008</i> .....	105
<b>Abbildung 35:</b> Tropischer Regenwald in Indonesien <i>Blaschke</i> .....	105
<b>Abbildung 36:</b> a) Stoffkreislauf im tropischen Regenwald und b) nach Umwandlung in landwirtschaftlich genutzte Fläche <i>LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie</i> .....	106
<b>Abbildung 37:</b> 1a Kontrollversuch; b: Einfluss von Schwefeldioxid; c: Einfluss von Schwefeldioxid und Ozon <i>LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie</i> .....	111
<b>Abbildung 38:</b> Mögliche Wirkungen von Ionen auf Pflanzen <i>LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie</i> .....	112
<b>Abbildung 39:</b> Aufbau eines Fichtenstammes und Borkenkäfer <i>LWF verändert nach Bioskop Schulbuch Westermann</i> .....	114
<b>Abbildung 40:</b> Zusammenhang zwischen Pheromonen und Massenvermehrung <i>Ecke Julius</i> . 115	
<b>Abbildung 41:</b> Aufbau eines Baumes <i>Forstlicher Bildungsordner</i> .....	123
<b>Abbildung 42:</b> Hans Carl von Carlowitz <i>LWF</i> .....	124
<b>Abbildung 43:</b> Klimaentwicklung Deutschland .....	129
<b>Abbildung 44:</b> Unterschiedlicher Aufbau eines Sonnen- und Schattenblattes <i>Grafik Jürgen Wirth, Dreieich</i> . .....	133
<b>Abbildung 45:</b> PH Werte in unterschiedlichen Bodentiefen <i>Forstlicher Bildungsordner</i> .....	135
<b>Abbildung 46:</b> Nahrungskette im Wald <i>Grafik Jürgen Wirth, Dreieich</i> .....	142
<b>Abbildung 47:</b> Räuber-Beute-Beziehung <i>LWF verändert nach Klett Natura, Biologie für Gymnasien, Ökologie</i> .....	143
<b>Abbildung 48:</b> Adaptierte Operationalisierung der Gestaltungskompetenzen <i>nach DE HAAN (2008a)</i> .....	153
<b>Abbildung 49:</b> Beispielhafte Nachhaltigkeitsthemen im Wald <i>verändert nach Stoltenberg 2009</i> .....	157