Bayerisches Staatsministerium für
Unterricht und Kultus
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



Ökosysteme entdecken

Umsetzung des Themas «Ökosysteme unter dem Einfluss des Menschen» im Unterricht der Jahrgangsstufe 8 des Gymnasiums

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege

ISB

STAATSINSTITUT FÜR SCHULQUALITÄT UND BILDUNGSFORSCHUNG MÜNCHEN

Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung

Herausgeber

Bayerisches Staatsministerium für
Unterricht und Kultus
Salvatorstraße 2
80333 München

Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz
Rosenkavalierplatz 2
81925 München

Redaktion

Dr. Katharina Stöckl-Bauer, ANL
Peter Sturm, ANL
Roland Biernacki, ISB
Simon Haselbauer, ALP
Franziska Hanko, ANL

Lektorat

Lotte Fabsicz, ANL

Autoren

Florian Bernhard, Ammersee-Gymnasium Dießen
Dr. Martin Eiblmaier, Jakob-Brucker-Gymnasium Kaufbeuren
Tobias Fröhlich, Holbein-Gymnasium Augsburg
Dr. Thomas Gerl, Ludwig-Thoma-Gymnasium Prien
Simon Haselbauer, ALP Dillingen
Ernst Hollweck, ISB München
Martin Jochner, Annette-Kolb-Gymnasium Traunstein
Dr. Katharina Stöckl-Bauer, ANL Laufen
Peter Sturm, ANL Laufen
German Weber, Bernhard-Strigel-Gymnasium Memmingen
Thomas Dankemeyer, AK Forstliche Bildungsarbeit
Raymund Filmer, AK Forstliche Bildungsarbeit
Sabine Gern, AK Forstliche Bildungsarbeit
Prof. Ute Harms, IPN Kiel
Katharina Heidenfelder, Rudolf-Diesel-Gymnasium Augsburg
Albin Huber, AK Forstliche Bildungsarbeit
Andrea Ostermann, AK Forstliche Bildungsarbeit
Michael Spangler, AK Forstliche Bildungsarbeit
Prof. Robert Vogl, AK Forstliche Bildungsarbeit

Grafiken, Layout und Satz

Johann Feil

Titelbild

Hans-Joachim Fünfstück/piclease

Gesamtproduktion

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL); © 2024
ISBN: 978-3-944219-60-8

Diese Publikation wurde gefördert mit Mitteln des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) im Rahmen der Umsetzung der Bayerischen Biodiversitätsstrategie.

Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

Wichtiger Hinweis

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Das Kopieren für den Einsatz im Rahmen der schulischen und außerschulischen Umweltbildung und den Gebrauch für Schulklassen im Klassensatz ist ausdrücklich erwünscht. Die Nutzung von Textauszügen oder Bildmaterial in Publikationen jeder Art bedarf der Zustimmung der Herausgeber.



Anna Stolz



Thorsten Glauber

Majestätische Berge, malerische Seen, grüne Weinberge und einzigartige Flusslandschaften – Bayern verfügt über einen ungeheuer großen landschaftlichen Reichtum und ein jahrhundertealtes kulturelles Erbe. Seine grüne Infrastruktur macht Bayern zum Tourismusland Nummer 1 in Deutschland. Der Tourismus sichert das Einkommen von rund 600.000 Menschen in Bayern und ist somit wichtiger Wirtschaftsfaktor und Impulsgeber im Freistaat.

Um den Wert der Vielfalt unserer Ökosysteme zu erkennen und die vielfältigen Ökosystemleistungen zu erhalten, ist Bildung von zentraler Bedeutung. Die bayerischen Schülerinnen und Schüler müssen über umfangreiche Kompetenzen verfügen, um eine nachhaltige Entwicklung aktiv mitgestalten und ihre eigenen Handlungen kritisch reflektieren zu können.

Gemäß Artikel 131 der Bayerischen Verfassung sollen Kinder und Jugendliche «Liebe zur bayerischen Heimat» und «Verantwortungsbewusstsein für Natur und Umwelt» entwickeln. Umweltbildung – heute sprechen wir erweiternd von Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) – hat daher in den bayerischen Schulen eine lange Tradition. Im LehrplanPLUS ist BNE als schulart- und fächerübergreifendes Bildungs- und Erziehungsziel fest verankert. Wissen und Können im Hinblick auf Themen wie Biodiversität, Ökologie, Ökonomie und Werte stehen hierbei im Fokus.

Die bayerischen Lehrerinnen und Lehrer übernehmen im Unterricht zu den Themen der Bildung für nachhaltige Entwicklung eine hohe Verantwortung. Die vorliegende Handreichung soll sie bei dieser wichtigen Aufgabe unterstützen. Im Einklang mit dem LehrplanPLUS stehen hier wissenschaftliche Erkenntnisse, Materialien sowie exemplarische Unterrichtsmodule zum Thema «Ökosysteme» zur Verfügung.

Wir freuen uns, wenn diese Broschüre dazu beiträgt, dass junge Menschen eindrucksvolle Unterrichtsstunden in und mit der Natur erleben. Der hiermit ermöglichte tiefe Einblick in die Ökosysteme kann die Grundlage eines lebenslangen Engagements für den Erhalt der biologischen Vielfalt sein.

Anna Stolz, MdL
Bayerische Staatsministerin für Unterricht und Kultus

Thorsten Glauber, MdL
Bayerischer Staatsminister für Umwelt und Verbraucherschutz

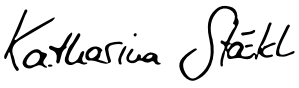
Vorwort des Redaktionsteams

Umweltbildung ist Teil der Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) und hat in den bayerischen Schulen eine lange Tradition. Auch im neuen LehrplanPLUS ist BNE als schulart- und fächerübergreifendes Bildungs- und Erziehungsziel aufgenommen. Dabei stehen Themen wie Biodiversität, Ökologie und Ökonomie im Mittelpunkt. Somit übernehmen die bayerischen Lehrerinnen und Lehrer durch die Vermittlung entsprechender Inhalte eine hohe Verantwortung, junge Menschen zu einem nachhaltigen Lebensstil zu befähigen.

Die Veröffentlichung zeigt mit praxiserprobten Modulen Wege auf, wie das Thema «Ökosysteme unter dem Einfluss des Menschen» im Freiland oder im Klassenzimmer unterrichtlich behandelt werden kann. Die Vielfalt der Ökosysteme in Bayern ist sehr hoch – landschaftlich spannende Gebiete wie die Hohe Rhön, der Bayerische Wald, die Hügel- und Moorlandschaften des Voralpenlandes oder auch die Alpen bieten beinahe unbegrenzte Möglichkeiten, die zu vermittelnden Kompetenzen und Lerninhalte aus dem LehrplanPLUS umzusetzen. In der Handreichung werden Module für die Wälder, Agrarlandschaften und Moore vorgestellt sowie Module, die sich unabhängig vom Ökosystem für die direkte Umgebung in Schulnähe eignen. So kann die Lehrkraft je nach persönlichen Vorlieben, den pädagogischen Voraussetzungen der Klasse und der geografischen Verfügbarkeit der Lebensräume in der Schulumgebung aus verschiedenen Ökosystemen und Themen auswählen.

Die Veröffentlichung kann als wertvolle Ergänzung zu den jährlich an der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege in Laufen in Kooperation mit der Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung Dillingen stattfindenden Fortbildungsveranstaltungen «Biodiversität – Biologische Vielfalt im Unterricht erlebbar machen» verstanden werden.

Die Bildung ist eine der entscheidenden Zukunftsaufgaben bei der Umsetzung der Bayerischen Biodiversitätsstrategie. Wir müssen das Umweltwissen unserer Kinder stärken und ihr Umweltbewusstsein schärfen: Der Schule kommt dabei entscheidende Bedeutung zu. Gemeinsam mit ihren Schülerinnen und Schülern leisten Sie als Lehrkräfte damit einen wertvollen Beitrag zum Erhalt der Biodiversität und somit für eine nachhaltige Entwicklung.



Dr. Katharina Stöckl-Bauer
ANL



Peter Sturm
ANL



Roland Biernacki
ISB



Simon Haselbauer
ALP

Herzlichen Dank an die Mitglieder des Arbeitskreises Waldpädagogik unter Leitung von Professor Dr. Robert Vogl, Dr. Sebastian Seibold von der TU München, für die kritische Durchsicht, für die Erstellung von Unterrichtsmodulen und die hilfreichen Kommentare zu diesem Werk.

Ökosysteme entdecken

Handreichung für die 8. Klasse des Bayerischen Gymnasiums

Vorworte 3

Inhaltsverzeichnis 5

1. Einführung: Ökosysteme unter dem Einfluss des Menschen 9

1.1 Zielsetzung des Lehrplans 9

1.2 Überblick über die behandelten Ökosysteme 10

1.2.1 Ökosysteme: lokal untersucht – global gedacht (Kapitel 3.2) 10

1.2.2 Wälder (Kapitel 3.3) 10

1.2.3 Agrarlandschaften (Kapitel 3.4) 11

1.2.4 Moore (Kapitel 3.5) 11

1.3 Ökologische Konzepte im Wandel 12

1.3.1 Artenvielfalt versus biologische Vielfalt (Biodiversität) 12

1.3.2 Ökologisches Gleichgewicht versus Patch-Dynamik-Konzept 13

1.3.3 Stabilität versus Resilienz 17

1.4 Entstehung der Kulturlandschaft 20

1.4.1 Neolithikum bis Spätantike (zirka 5500 v. Chr. bis 500 n. Chr.) 20

1.4.2 Mittelalter und frühe Neuzeit (zirka 500 bis 1800 n. Chr.) 22

1.4.3 Nach der Allmendaufhebung (zirka 1800 n. Chr.) 26

1.4.4 Aktuelle Situation 30

1.5 Klimarelevanz unterschiedlicher Landökosysteme 31

1.6 Konsequenzen für den Unterricht 35

2. Systemkompetenz kohärent im Biologieunterricht entwickeln 36

2.1 Was ist Systemkompetenz? 36

2.2 Systemkompetenz in den Sekundarstufen I und II im Biologieunterricht kohärent entwickeln 37

2.2.1 Entwicklung von Systemkompetenz zum Themenbereich Ökologie bis Jahrgangsstufe 8 39

2.2.2 Entwicklung von Systemkompetenz im Jahrgang 8 40
2.2.3 Entwicklung von Systemkompetenz bis zum Ende der Sekundarstufe II 43
2.2.4 Systemkompetenz aus dem Biologieunterricht als Grundlage für andere Fachgebiete 43

3. Themen und Unterrichtsmodule 44

3.1 Schnelle Übersicht über die einzelnen Module 44
3.1.1 Tabellarische Übersicht 45

3.2 Ökosysteme: lokal untersucht – global gedacht 50
3.2.1 Einführung 50
3.2.2 OS 1: Eingriffe des Menschen in einem ortsnahen Ökosystem – eine historische Zeitreise 53
3.2.3 OS 2: Eingriffe des Menschen in einem ortsnahen Ökosystem – Wie viel Platz bekommt die Natur? 59
3.2.4 OS 3: Mein ökologischer Fußabdruck 71
3.2.5 OS 4: Möglichkeiten politischer Einflussnahme – Online-Konferenz 75
3.2.6 OS 5: Unterrichtsmaterialien zum Thema Nachhaltigkeit 81

3.3 Wälder 88
3.3.1 Einführung 88
3.3.2 WA 1: Wälder haben vielfältige Funktionen 99
3.3.3 WA 2: Der Wald als System 107
3.3.4 WA 3: Waldsterben 2.0 – indirekte Eingriffe des Menschen 111
3.3.5 WA 4: Wie viel Kohlenstoffdioxid bindet ein Baum? 117
3.3.6 WA 5: Baumarten der Zukunft 125
3.3.7 WA 6: Wie würdest du entscheiden? 133
3.3.8 WA 7: Wildnis und Kulturlandschaft – Urwald und Forst 137
3.3.9 WA 8: Nahrungsnetz Wald 149
3.3.10 WA 9: Naturwald in Bayern für Brennholz aus Rumänien? 155
3.3.11 WA 10: Annas Bäume – eine digitale Schnitzeljagd durch den Wald 163
3.3.12 WA 11: Exkursion: Spuren im Wald 165
3.3.13 WA 12: Exkursion: Lebendiges Totholz 167
3.3.14 WA 13: Pilzbiotopkartierung 173

3.4 Agrarlandschaften 178

3.4.1 Einführung 178

3.4.2 AG 1: Vergleich von extensiv und intensiv genutzten Wiesen 181

3.4.3 AG 2: Veränderung der Agrarlandschaft – Beispiel Rebhuhn 189

3.4.4 AG 3: Bauer sucht Biodiversität: Planspiel auf dem Biodiversitäts-Hof 201

3.4.5 AG 4: Tierische und pflanzliche Siedler: Neobiota 211

3.4.6 AG 5: Krähenvögel und Mensch – eine wechselvolle Beziehung 219

3.4.7 AG 6: Ökosystem Kuhfladen 227

3.5 Moore 234

3.5.1 Einführung 234

3.5.2 MO 1: Die Entstehung und Veränderung von Mooren – eine Zeitreise 243

3.5.3 MO 2: Mosaik im Wandel 247

3.5.4 MO 3: Zukunft des Dirnhofer Filzes – ein Planspiel 251

3.5.5 MO 4: Die Moorexkursion 261

3.5.6 MO 5: Gartenerde kaufen oder Kompost selber machen? 279

4. Literatur 283

1. Einführung: Ökosysteme unter dem Einfluss des Menschen

1.1 Zielsetzung des Lehrplans

Die Ziele, die im Lehrplanabschnitt «Ökosysteme unter dem Einfluss des Menschen» (› LehrplanPLUS, Gymnasium, Biologie, B8 Lernbereich 6) vorgegeben werden, sind anspruchsvoll und sollen in annähernd zehn Unterrichtsstunden vermittelt werden. Dabei sollen die Schülerinnen und Schüler (SuS) den menschlichen Einfluss auf Ökosysteme im fachwissenschaftlichen Kontext analysieren. Der historische Kontext bietet oft wertvolle Erkenntnisse.

> **Die SuS charakterisieren die Veränderung eines ortsnahen Ökosystems im Lauf der Zeit, um die Entwicklung dieses Ökosystems unter dem Einfluss des Menschen von einer natürlichen Entwicklung zu unterscheiden.**

Die Analyse soll zur Entwicklung sachlich begründeter, nachhaltiger Handlungsoptionen und zu konkreten Entscheidungen in ihrem Lebensumfeld führen:

> **Die SuS beschreiben Eingriffe des Menschen in die Natur, erörtern Handlungsoptionen unter dem Aspekt einer nachhaltigen Entwicklung und treffen so begründete Entscheidungen für oder gegen diese Eingriffe.**

In einer Erweiterung der Perspektive sollen die SuS die globale Dimension anthropogener Einflüsse bewerten und die Ergebnisse dieser Bewertung auf ihre persönlichen und politischen Handlungsmöglichkeiten übertragen:

> **Die SuS bewerten die Beeinflussung globaler Stoffströme unter dem Aspekt der nachhaltigen Entwicklung und beschreiben politische und persönliche Möglichkeiten, Einfluss auf diese Systeme zu nehmen.**

Dass der Mensch (*Homo sapiens*) als global agierendes Lebewesen, das nahezu alle Lebensräume in einer stetig wachsenden Individuenzahl besiedelt, einen unübersehbaren Einfluss auf nahezu alle Ökosysteme der Biosphäre ausübt, ist mehr als augenscheinlich und inzwischen zweifelsfrei anerkannt. Anspruchsvoller wird es, wenn trennscharf zwischen natürlichen und anthropogenen Einflüssen unterschieden werden soll. Auch die im LehrplanPLUS (StMUK 2022) konkret genannten Inhalte sind seit einigen Jahren nicht nur in der gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Diskussion, sondern auch inhaltlich im Wandel begriffen:

> **Veränderungen der Zusammensetzung von Ökosystemen: Sukzession, Wildnis, Kulturlandschaft, Artenkenntnis**
>
> **Eingriffe des Menschen in einem ortsnahen Ökosystem: zum Beispiel Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Flussregulierung, Zersiedelung, Renaturierung**
>
> **Konzept der nachhaltigen Entwicklung, ökologischer Fußabdruck, Möglichkeit zur Beeinflussung durch Konsumverhalten und politisches Engagement**

Erläuterungen für die Lehrenden zum Wandel wichtiger ökologischer Fachkonzepte und zur Entstehung der Kulturlandschaft finden sich in **Kapitel 1.3 «Ökologische Konzepte im Wandel»** und **Kapitel 1.4 «Entstehung der Kulturlandschaft»**.

Besonders schwierig ist es jedoch, die regionalen und globalen Einflüsse des Menschen auf die Ökosysteme zu bewerten, weil unterschiedliche Wert-

maßstäbe den Menschen mal mehr und mal weniger ins Zentrum der Betrachtung stellen, und dadurch die zugrunde liegenden Interessen- und Ressourcenkonflikte unterschiedlich gewichtet werden. Hierzu bietet Kapitel 1.5 «Klimarelevanz unterschiedlicher Landökosysteme» Anregungen.

Die in Jahrgangsstufe 8 verstärkt geforderte Betrachtung von Problemstellungen auf Systemebenen ist für die SuS eine anspruchsvolle Herausforderung, weil ökologische Problemstellungen sich aufgrund ihrer Komplexität der gewohnten Betrachtung nach dem einfachen Ursache-Wirkung-Prinzip entziehen. Eine umfassende didaktische Betrachtung der bei den SuS zu entwickelnden Systemkompetenz bietet Frau Prof. Dr. U. Harms (IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik) in einem Gastbeitrag in Kapitel 2 «Systemkompetenz kohärent im Biologieunterricht entwickeln».

1.2 Überblick über die behandelten Ökosysteme

Die Vielfalt der Ökosysteme in Bayern ist im Vergleich zu den anderen Bundesländern sehr hoch. Bayern ist nicht nur das fließgewässerreichste Bundesland, es hat auch so unterschiedliche Landschaften wie die Hohe Rhön, den Bayerischen Wald, das Unterfränkische Maintal, die Trockengebiete der Fränkischen Alb, die Fränkischen und Oberpfälzer Teichgebiete, das Donautal, die Hügel- und Moorlandschaften des Voralpenlandes oder – als einziges Bundesland – einen Alpenanteil (Informationen hierzu finden sich auch auf den Internetseiten des Bayerischen Landesamtes für Umwelt: › Kulturlandschaftliche Gliederung Bayerns).

Aus diesem Grund sollen in dieser Handreichung unterschiedliche Ökosysteme vorgestellt werden, die sich eignen, die zu vermittelnden Kompetenzen und Lerninhalte aus dem LehrplanPLUS umzusetzen. Für die nicht behandelten Gewässerökosysteme sei auf die › Handreichung «Gewässer entdecken» verwiesen.

Je nach persönlichen Vorlieben und den pädagogischen Voraussetzungen der Klasse sowie der geografischen Verfügbarkeit der Lebensräume in der Schulumgebung, kann jede Lehrkraft aus diesen vorgestellten Ökosystemen das Passende für die jeweilige Unterrichtssituation auswählen. Um die Wahl zu erleichtern, stellen wir die einzelnen Kapitel im Folgenden überblicksartig vor.

1.2.1 Ökosysteme: lokal untersucht – global gedacht (Kapitel 3.2)

Die Module in diesem Bereich sind unabhängig vom gewählten Ökosystem. Sie können (auch ergänzend) Folgendes leisten:

- Ein lohnendes Exkursionsziel in der Umgebung finden und eine Exkursion vorbereiten
- Die SuS zum Thema hinführen
- Inhalte interaktiv erarbeiten
- Eine Möglichkeit zum direkten Kontakt mit politischen Entscheidungsträgern eröffnen
- Eine Liste von ausgearbeiteten Unterrichtsmaterialien zum Thema «Nachhaltigkeit und globale Stoffkreisläufe» mit verschiedenen Schwerpunkten anbieten

1.2.2 Wälder (Kapitel 3.3)

Mit 2,6 Millionen Hektar Fläche ist Bayern das waldreichste Bundes-

land Deutschlands. Deshalb gibt es in der Nähe fast aller Schulen – auch im urbanen Umfeld – eine entsprechende Exkursionsfläche, die mit SuS leicht erreichbar ist. Die entsprechenden Module bilden die geforderten Kompetenzen und Lerninhalte des LehrplanPLUS mit Elementen für den Unterricht im Klassenzimmer beziehungsweise im Freiland ab. Neben kompetenzorientierten Aufgabenformaten finden sich in diesem Kapitel auch digitale Lernelemente und spielerische Modellierungen. Die entsprechenden Module entstanden in Kooperation mit dem interdisziplinären AK ‹Forstliche Bildungsarbeit› des StMELF unter Leitung von Professor Robert Vogl (Hochschule Weihenstephan-Triesdorf). Bei der Einleitung unterstützte Dr. Sebastian Seibold von der Technischen Universität München.

1.2.3 Agrarlandschaften (Kapitel 3.4)

Agrarökosysteme sind stark vom Menschen beeinflusste Lebensräume, dienen sie doch vorrangig der Nahrungsmittelproduktion. Aus diesem Grund eignen sich Agrarökosysteme sehr gut, den menschlichen Einfluss auf Biozönosen zu betrachten. Aufbauend auf dem Biologieunterricht der 5. Jahrgangsstufe und der › Handreichung «Grünland entdecken» werden im ersten Modul schon bekannte Inhalte passend zum Anforderungs- und Leistungsniveau der Jahrgangsstufe 8 behandelt. Die weiteren Module bieten neue Aspekte zur Erkundung schulnaher Agrarökosysteme. Zur Verknüpfung der lokalen Betrachtungen mit der globalen Betrachtungsebene werden die Module aus dem Kapitel 3.2 «Ökosysteme: lokal untersucht – global gedacht» empfohlen.

1.2.4 Moore (Kapitel 3.5)

Moore sind für SuS äußerst faszinierende und attraktive Lebensräume mit teils spektakulären Bewohnern (zum Beispiel fleischfressenden Pflanzen). Aus gesellschaftlicher und naturschutzfachlicher Perspektive sind Moore als bedeutsame Kohlenstoffdioxidsenken und Refugien für viele bedrohte Arten ins Zentrum des Interesses gerückt. In der Geschichte der heimischen Moore lassen sich wie durch ein Brennglas die Auswirkungen menschlichen Handelns zwischen Zerstörung, Bewahrung und Renaturierung erkennen. Die vorgestellten Module ermöglichen es, den gesamten Lehrplanbereich (B8 Lernbereich 6) vollständig zu behandeln und wurden mit SuS der 8. Jahrgangsstufe erprobt. Unterrichtsmodule (6–7 Unterrichtsstunden) mit einem hohen Maß an Schüleraktivierung und Methodenvielfalt sowie eine ausgearbeitete Exkursion (mindestens ein Vormittag) bilden eine vielfältige Unterrichtseinheit.

Egal, für welches Ökosystem Sie sich entscheiden, wichtig ist und bleibt das Folgende:

Gehen Sie hinaus in die Ökosysteme! Es eröffnet den SuS neue Erlebniswelten!

Machen Sie mit Ihren SuS den Schritt vom lokalen Verstehen zum globalen Handeln.

Fördern Sie die direkte Naturbegegnung! Es erzeugt nachhaltige Veränderungen!

Nutzen Sie das politische Interesse Ihrer SuS!

1.3 Ökologische Konzepte im Wandel

Auf einen Blick
In diesem Kapitel erfahren Sie,

- dass Biodiversität weit mehr als Artenvielfalt ist,
- dass Forschungsergebnisse das Konzept vom stabilen, ökologischen Gleichgewicht kritisch hinterfragen,
- dass in Mitteleuropa der Buchenwald wohl nicht das alleinig dominierende Ökosystem war und
- was unter der Resilienz von Ökosystem zu verstehen ist.

Fachwissenschaftlich entziehen sich (öko-) systemische Betrachtungen oft einer validen statistischen Betrachtung, da der bei vielen Untersuchungen realisierbare Stichprobenumfang dies kaum zulässt, keine kontinuierlichen Messreihen vorliegen und für viele Problemkomplexe – zumindest geografisch – keine Daten verfügbar sind. Kurzum sind ökologische Problemstellungen oft zu komplex, um sie exakt messen und berechnen zu können. Sie erfordern aufgrund dieses sogenannten «middle-number»-Problems spezielle Methoden der explorativen Statistik, denen wohl die meisten Lehrenden nicht einmal im Studium begegnet sind. Die Konsequenz ist, dass die von SuS und auch Lehrenden gewählten Lösungsansätze auf mehr oder weniger validen und oft unscharfen Modellvorstellungen beruhen, über deren Voraussetzungen, Grenzen und Möglichkeiten sich der Nutzer der Modellvorstellung zudem nicht in ausreichendem Maße bewusst ist.

Seit einigen Jahren sind viele in der Ökologie ehemals klar definierten Fachbegriffe und Modellvorstellungen in der Diskussion und im Wandel und haben aufgrund der erfreulich breiten Aufmerksamkeit in der Gesellschaft zudem eine populärwissenschaftliche, allgemeinsprachliche Überprägung erhalten, die es erfordert, dass hier einzelne für diese Handreichung hilfreichen Begrifflichkeiten und Konzepte herausgestellt und vorgestellt werden. Bei den SuS sind zudem vielfach Alltagsvorstellungen vorhanden, die den Lehrenden bekannt sein müssen, um erfolgreich unterrichten zu können. Eine sehr gute und praktikable Zusammenstellung gängiger Alltagsvorstellungen findet sich bei Kattmann (2016).

1.3.1 Artenvielfalt versus biologische Vielfalt (Biodiversität)

Um die Veränderungen in Ökosystemen vermitteln und verstehen zu können, müssen die inzwischen in der Gesellschaft und bei den SuS angekommenen Begriffe wie Artenvielfalt, Artenschwund, Artensterben konkretisiert werden, da sie nur einen Teil der Biodiversität berücksichtigen. Der deutlich umfassendere Begriff Biodiversität sollte in den Vorstellungen der Lehrenden und der SuS konsequent für alle drei Biodiversitätsebenen verwendet werden.

Zudem sollte klar zwischen den qualitativen und quantitativen Biodiversi-

Aussterbeschuld

Zeitlich deutlich verzögertes Aussterben von Populationen (Metapopulationen, Arten, Artengemeinschaften) nach erfolgter Beeinträchtigung des Lebensraumes.

Die Aussterbeschuld ergibt sich aus der Differenz aktuell beobachteter Individuen (Populationen, Arten) und der Anzahl der bei verringerter Umweltkapazität langfristig überlebensfähigen Individuen (Populationen, Arten).

tätsänderungen unterschieden werden. Der von Hallmann et al. (2017) publizierte Insektenschwund von 76 % in 27 Jahren in deutschen Naturschutzgebieten ist ein Biomasseschwund der flugfähigen Insekten, das kann – muss aber nicht – zugleich auch einen Artenverlust bedeuten. Beispielsweise ist die von Kuussaari et al. (2009) und Fartmann et al. (2021) in die Diskussion eingebrachte und für konkrete Naturschutzentscheidungen bedeutende Aussterbeschuld von Arten oder Populationen nur erklärbar, wenn die Biodiversitätsverluste auf genetischer Ebene, auf Artenebene und auf Landschaftsebene interpretiert werden, um die sich erst Jahre später als Artenverlust manifestierenden Effekte richtig erklären zu können.

Die simultane Betrachtung von Biodiversität auf den Ebenen der Ökosysteme, der Arten- und der genetischen Vielfalt (siehe Abbildung 1) ist unerlässlich, um die Anforderungen zu verstehen, die ein nachhaltiges Ökosystemmanagement erfordert. Gleichzeitig stellt diese Komplexität aber auch eine große didaktische Herausforderung dar.

Valide Informationsquellen zum aktuellen Zustand der globalen Biodiversität sind zum Beispiel der › Living Planet Report (WWF 2020) und die › Biodiversitätsberichte des Weltbiodiversitätsrates IBPES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services; IPBES 2019).

1.3.2 Ökologisches Gleichgewicht versus Patch-Dynamik-Konzept

Zum Ende der 1980er-Jahre wurde das vorherrschende Postulat vom «**Ökologischen Gleichgewicht**» (Ökosysteme kehren nach einer Störung in den ursprünglichen ungestörten Zustand zurück, wenn die Störung behoben wird und in ihren Auswirkungen nicht zu schädlich war) langsam durch dynamischere Konzepte ersetzt, wie zum Beispiel durch das **Patch-Dynamik-Konzept** (Pickett & White 1985), das stark mit der Metapopulationstheorie (Levins 1969; Hanski 1999) verbunden ist.

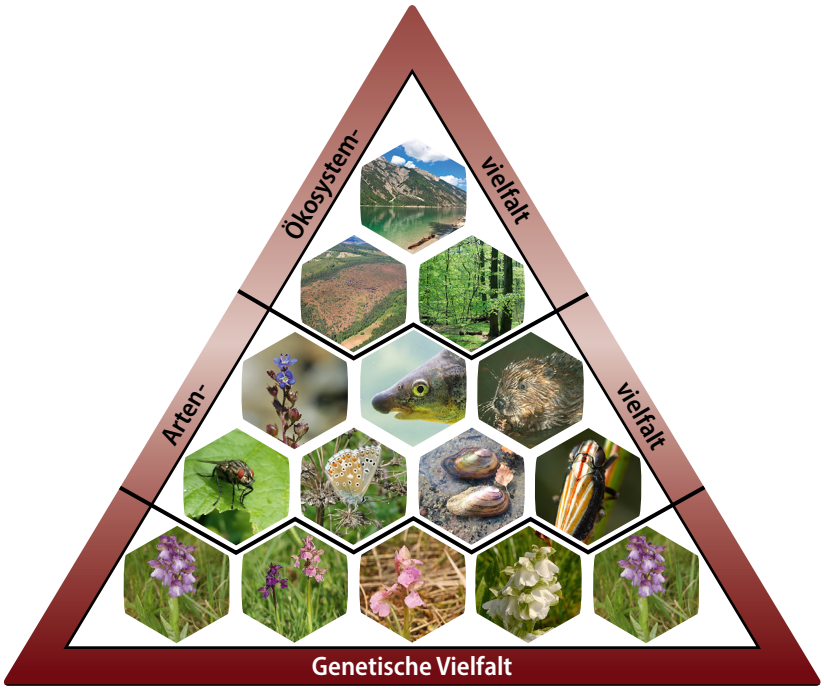


Abbildung 1
Die Ebenen der Biodiversität

Die unter dem Blickwinkel «Ökologisches Gleichgewicht» statisch interpretierte Sukzession, die damit verbundenen Monoklimax- und Polyklimax-Konzepte (Clements 1916; Tansley 1935) und andere beobachtbare Veränderungen der Ökosysteme werden heute deutlich dynamischer interpretiert. Das **Patch-Dynamik-Konzept** geht davon aus, dass Ökosysteme in ihrer Struktur, Funktion und räumlich-zeitlichen Dynamik von sogenannten Patches (kleinere, homogene Raumeinheiten) und deren Interaktionen geprägt werden. Auf größerer räumlicher Ebene erscheinen Ökosysteme daher als Patch-Mosaike. Die Patch-Dynamik selbst zeigt sich in den räumlichen und zeitlichen Mustern, die in Ökosystemen beobachtet werden können, und führt zur Heterogenität und Variabilität der Ökosysteme. Daher sind die Veränderungen der Ökosysteme, die Mechanismen der Veränderungen und die Resilienz (siehe unten)

und nicht das Gleichgewicht oder die Stabilität der Ökosysteme der Schwerpunkt der Patch-Dynamikforschung.

Das im deutschsprachigen Raum sehr bekannte **Mosaik-Zyklus-Konzept**, maßgeblich geprägt von Remmert (1991), steht dem Patch-Dynamik-Konzept nahe und geht wie dieses von kontinuierlichen Störungen aus, die dazu führen, dass die einzelnen Entwicklungsphasen und Sukzessionsprozesse räumlich und zeitlich in einem größeren Gebiet variieren und daher heterogene Ökosysteme entstehen. Da das Mosaik-Zyklus-Konzept aber an Beobachtungen in Urwäldern entwickelt wurde, konnte es sich im Unterschied zum Patch-Dynamik-Konzept nie ganz von der Vorstellung eines flächenhaft zwar nicht mehr einheitlichen, aber zumindest dominierenden Klimax-Stadiums lösen. Auch mag die gedankliche Anbindung an Waldökosysteme die Übertragung dieses dynamischen Konzeptes auf andere Ökosysteme, insbesondere die anthropogen geprägten Ökosysteme, behindert haben. Das Patch-Dynamik-Konzept bewertet im Gegensatz hierzu die sogenannten «natürlichen» und anthropogenen Störungen nicht unterschiedlich, sondern betrachtet beide als mögliche Triebfedern, die die Bildung und Interaktion der Patches über alle Skalen hinweg beeinflussen. Zudem lösen sich die Betrachtungen unter dem Blickwinkel der Patch-Konzepte klar von Gleichgewichtsvorstellungen und vordefinierten Endzuständen. Eine sehr gute Darstellung zu den wesentlichen Unterschieden findet sich bei Jax (1994).

Eine oft geäußerte Kritik am Mosaik-Zyklus-Konzept ist die Beobachtung, dass die Verjüngungslücken in Wäldern häufig sehr kleinräumig sind und somit großflächigere offene und halboffene Patch-Mosaike mit dieser Theorie kaum zu erklären sind, sondern ausschließlich auf Störungen mit Katastrophenausmaß zurückzuführen wären.

Erst die in den letzten Jahren verstärkt diskutierte **Megaherbivoren-Hypothese** (vergleiche unter anderem Bunzel-Drüke et al. 1994; Bunzel-Drüke 2000; Vera 2000) hat das Potenzial, diese nur in unseren Köpfen bestehende Grenze zwischen scheinbar natürlichen Waldökosystemen und den damit (immer noch) verbundenen Vorstellungen von stabilen Klimaxgesellschaften und den vom Menschen genutzten, scheinbar naturfernen Kulturlandschaften aufzuheben. Zudem bietet die Megaherbivoren-Hypothese ein schlüssiges Erklärungskonzept für die Entstehung von großflächigen offenen und halboffenen Landschaften, die sich als Patch-Mosaik nahtlos in das Patch-Dynamik-Konzept einfügen.

Die Megaherbivoren-Hypothese geht davon aus, dass der Einfluss großer Pflanzenfresser in den zwischeneiszeitlichen Warmzeiten in Mitteleuropa stets nach der Dominanz der Kältesteppen eine Zunahme bewaldeter Flächen ermöglicht, aber dabei zugleich auch eine flächig dominante Bewaldung stets verhindert hat. Die Einflüsse der großen Pflanzenfresser erzeugten, resultierend auf den standörtlichen Gegebenheiten, eine breite Vielfalt an Vegetationsformen, die von rasenartigem Offenland mit allen Übergängen bis zu dichten Waldbereichen reichten. Halboffene Landschaften aus mosaikartig ineinander verschränkten Offenland- und Waldbereichen in regional unterschiedlichen Ausprägungen sollten also über alle Eiszeiten hinweg das vorherrschende Landschaftsbild dargestellt haben – in den Kaltzeiten nur in den kleineren klimatisch bevorzugten Regionen und Rückzugsgebieten und in den Warmzeiten in landschaftlich großer Ausprägung. Zum Ende der letzten Kaltzeit (Würm- beziehungsweise Weichselglazial), kam es jedoch erstmalig für das Quartär zu entscheidenden Aussterbeprozessen bei den landlebenden Großtierarten in Europa. Betrachtet man das Ende des Pleisto-

BROWSER sind sogenannte Konzentratselektierer oder Laubfresser. Sie ernähren sich von eiweißreichen, leicht verdaulichen Pflanzenteilen wie Laub, Knospen, Früchten und Speicherorganen.

INTERMEDIÄRTYPEN verzehren sowohl Gräser als auch Laub und Kräuter, wobei jahreszeitliche Wechsel auftreten können.

GRAZER sind Gras- und Raufutterfresser. Sie sind auf die relativ schwer verdaulichen Gräser spezialisiert.

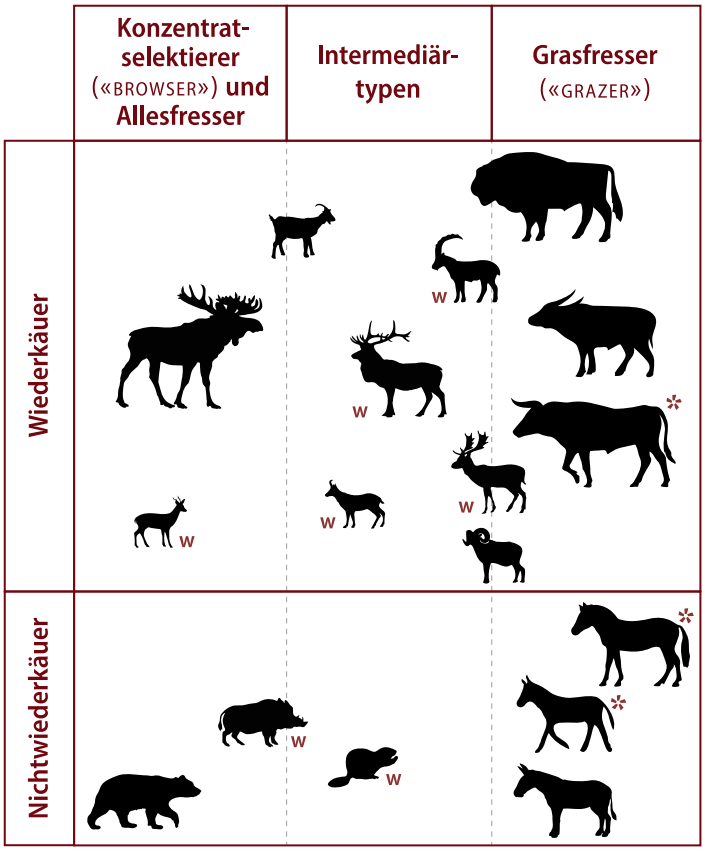
Siehe Hoffmann (1989)

In Mitteleuropa (ehemals) **wildlebende Arten und deren Haustierformen**
(* = ausgestorben)

- **Wildpferd*** (*Equus ferus*)/ **Hauspferd** (*Equus ferus* f. *caballus*)
- **Eurasischer Wildesel*** (*Equus hydruntinus*/ *Equus hemionus*)
- **Wildschwein** (*Sus scrofa*) / **Hausschwein** (*Sus scrofa* f. *domesticus*)
- **Rothirsch** (*Cervus elaphus*)
- **Damhirsch** (*Dama dama*)
- **Reh** (*Capreolus capreolus*)
- **Elch** (*Alces alces*)
- **Gämse** (*Rupicapra rupicapra*)
- **Alpensteinbock** (*Capra ibex*)
- **Europäischer Wasserbüffel*** (*Bubalus murrensis*)/ **Hauswasserbüffel** (*Bubalus arnee* f. *bubalis*)
- **Wisent** (*Bison bonasus*)
- **Auerochse*** (*Bos primigenius*)/ **Taurines Hausrind** (*Bos primigenius* f. *taurus*)
- **Braunbär** (*Ursus arctos*)
- **Biber** (*Castor fiber*)

In Mitteleuropa aus anderen Regionen eingeführte Haustierarten

- **Hauesel** (*Equus africanus* f. *asinus*)
- **Hausziege** (*Capra aegagrus* f. *hircus*)
- **Hausschaf** (*Ovis orientalis* f. *aries*) inklusive **Mufflon** (*Ovisorientalis* f. *musimon*)



Ehemals wildlebende Wildtierarten und Haustierarten, eingeteilt in Ernährungstypen:
Wisent, Ziege, Alpensteinbock[w], Hauswasserbüffel, Elch, Rothirsch[w], Auerochse[*], Damhirsch[w], Gämse[w], Reh[w], Schaf, Wildpferd[*], Europäischer/Asiatischer Wildesel[*], Wildschwein[w], Biber[w], Braunbär, Hausesel (von oben nach unten)
[*] = ausgestorben [w] = wildlebend in Deutschland

Abbildung 2
Verändert nach Bunzel-Drüke et al. 2009, S. 32

zäns mit dem Riss-Würm-Interglazial (= Eem-Warmzeit), dem Würm-Glazial (= Weichsel-Glazial) und dem Holozän (= Nacheiszeit), kann dieser Artenschwund gut nachvollzogen werden. Man geht heute von mindestens 44 Großtierarten aus, die in Europa während dieser letzten 130.000 Jahre lebten. 31 dieser Großtierarten ernährten sich maßgeblich oder ausschließlich herbivor. In einer typischen Warmzeit kann man von 18 (bis 23) Großherbivoren ausgehen, die einen klimatisch passenden Lebensraum in Mitteleuropa vorfinden. In Deutschland leben davon nur noch sieben in freier Wildbahn (siehe Abbildung 2)

Betrachtet man die Körpergröße und die Ernährungstypen dieser heute noch freilebenden Herbivoren, befindet sich darunter kein großer Grazer. Die heute wildlebenden Pflanzenfresser sind allesamt kleinere Arten aus der Gruppe der Browser, sind omnivor (mit ähnlichen pflanzlichen Nahrungspräferenzen) oder gehören zu den Intermediärtypen. Die ökologische Rolle der großen Grazer wird nicht mehr ausgefüllt. Gerade die großen Grazer sind aber die entscheidende Gruppe, wenn es um die Offenhaltung der Landschaft geht, da sie aufgrund ihres großen Nahrungsbedarfs, ihrer mechanischen Möglichkeiten, durch Herdenbildung und gründliches, tiefes Fressverhalten offene Patches erhalten können. Dies hatte zur Folge, dass es erstmals in der aktuellen Warmzeit zur Bildung großflächiger, geschlossener und dunkler Hochwälder bei der Wiederbesiedlung der ehemals eisbedeckten Flächen kommen konnte.

Für den Artenschwund am Ende des Würm-Glaziales gibt es zwei unterschiedliche Erklärungsversuche: die Klima-Hypothese und die Ausrottungshypothese (= Overkill-Hypothese).

Klima-Hypothese

Der Artenschwund bei den Großtierarten wurde durch Klimaänderungen am Ende des Würm-Glaziales ausgelöst. Dies erscheint heute als alleinige Erklärung aus mehreren, hier nur stichpunktartig aufgeführten Gründen, nicht mehr plausibel.

- Vom Artensterben im Pleistozän waren überwiegend große landlebende Tiere betroffen, bei den fünf vorangehenden Aussterbewellen waren sowohl terrestrische als auch aquatische Lebewesen aller Größenkategorien betroffen.

- Die meisten Großtiere verschwanden nicht während des Klimaminimums im Würmglazial vor etwa 18.000 Jahren, sondern vorher in südlichen Refugial-Lebensräumen oder deutlich später (vor 10.000 bis 9.000 Jahren), als die Temperaturen schon gestiegen und die Gletscher teilweise geschmolzen waren.

- Der Aussterbeprozess zog sich über mehrere 10.000 Jahre hin und umfasst dabei sowohl die kälteste Phase des Würmglaziales als auch die wärmste Phase des darauffolgenden Holozäns.

- Die Parameter der Klimaänderungen am Ende des Würm-Glaziales unterscheiden sich kaum von den Klimaänderungen der vorangehenden Glazial-Interglazial-Übergänge, aber nur am Ende des Würm-Glazial kommt es zu einem Artenschwund.

Ausrottungshypothese

Der Artenschwund bei den Großtierarten wurde durch die Aktivitäten des Menschen hervorgerufen. Argumente für die Ausrottungshypothese sind folgende:

- Die beobachteten Zeiträume für den Artenschwund können weltweit sehr gut mit dem Auftreten des *Homo sapiens* in den entsprechenden Regionen korreliert werden.

- Gerade die betroffenen, meist großen Lebewesen reagieren als K-Strategen empfindlich auf den geringen, aber andauernden Jagddruck.

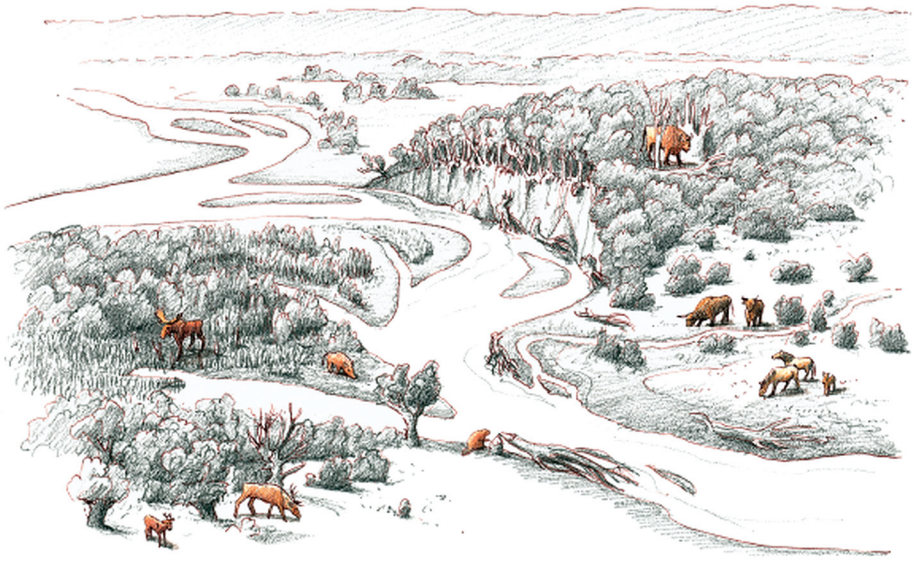


Abbildung 3
Bild der nacheiszeitlichen Naturlandschaft Mittel- und Westeuropas mit verschiedenen großen Pflanzenfressern, unter anderem (von links nach rechts) Reh, Elch, Rothirsch, Wildschwein, Biber, Wisent, Auerochse und Wildpferd (J. Helmer aus Bunzel-Drüke et al. 2009, Seite 12).

Ausführliche Darstellungen und Diskussionen finden sich bei Bunzel-Drüke (2000) und Harari (2019).

Ungeachtet der Frage nach der Ursache stellen die im Holozän entstehenden geschlossenen und dunklen Hochwälder im Spiegel der Megaherbivoren-Hypothese eine ökologische Neuerung dar, ob sie nun klimatologisch oder anthropogen entstanden sind. Im Neolithikum erlangen in Mitteleuropa die Grazer durch die Nutztierherden der langsam sesshaft werdenden Menschen später wieder an Bedeutung und besetzen zumindest teilweise die freien ökologischen Nischen der ausgestorbenen Großherbivoren. Dadurch entstehen zumindest regional wieder halboffene Landschaften aus mosaikartig ineinander verzahnten Offenland- und Lichtwaldbereichen, wie es aus Sicht der Megaherbivoren-Hypothese im gesamten Quartär (seit zirka 2,6 Millionen [Mio.] Jahren) und wohl auch im jüngeren Tertiär das vorherrschende Landschaftsbild gewesen sein müsste.

Aufgrund der langen Existenz der in diesen Ökosystemen existierenden ökologischen Nischen und den darauf beruhenden langfristigen evolutiven Prozessen werden diese halboffenen Weidelandschaften (Dierking 1992) als entscheidende Grundlage für die Entstehung und den Erhalt der für Mitteleuropa typischen Biodiversität angenommen. Zudem ergibt sich daraus die Konsequenz, die Biodiversität (siehe oben) und Resilienz (siehe unten) als die maßgeblichen Entwicklungs- und Qualitätskriterien für die Ökosystembewertung vor das rein anthropogene Wertegebilde «Natürlichkeit» zu stellen.

Als Anregung sei hier noch auf das intensiv diskutierte «land sharing»- versus «land sparing»-Konzept hingewiesen, das die interessante Frage aufwirft, ob der Schutz der Biodiversität und die Rohstoffproduktion für die Menschheit besser durch Integration («land sharing») oder durch Separation («land sparing») der dafür benötigten Flächen erfolgen sollte (Green et al. 2005; Fischer et al. 2014).

1.3.3 Stabilität versus Resilienz

Die vorab geschilderte Vorstellung von stabilen Ökosystemen, die sich zum Beispiel in der Vorstellung von zu erreichenden Klimax-Gesellschaften oder in dem pflanzensoziologischen Konzept der potenziellen natürlichen Vegetation manifestiert, wird heute wie geschildert von dynamischen Vorstellungen abgelöst, welche nicht die Stabilität von Endzuständen, sondern die Resilienz von Ökosystemen in den Vordergrund rücken und zum Forschungsgegenstand machen.

Seit der Einführung des Begriffes Resilienz durch Holling (1973) wurden zahlreiche Resilienzdefinitionen im Kontext Ökologie und Nachhaltigkeit vorgeschlagen. Hier wird eine deskriptive Resilienzdefinition, die von Brand & Jax (2007) in der Klasse unter «erweitert ökologische Resilienzdefinitionen» verortet wurde, verwendet. Diese wurde von Gunderson & Holling (2002) vorgeschlagen.

Diese zugegebenermaßen sehr abstrakte Vorstellung soll an einem sicherlich bekannten Handkreisel als Modell veranschaulicht werden, wohl wissend, dass diese Modellvorstellung wie alle Modelle Schwächen hat und eine valide Modellkritik nicht ausbleiben darf.

Ein einfacher Handkreisel wird erst durch Dynamik resilient und ist dennoch nie stabil. Es ist dabei aber nicht nur die Kreiselbewegung entscheidend, sondern auch die Vorstellung von der Oberfläche, auf der sich der Kreisel dreht.

Stabilitätsvorstellung

Die Drehgeschwindigkeit (Biodiversität, Anzahl an Wechselwirkungen) und

Ökosystem-Resilienz

Ecosystem resilience is the magnitude of disturbance that can be absorbed before the system changes its structure by changing the variables and processes that control behaviour.

Ökosystem-Resilienz ist das Ausmaß der Störung, das absorbiert werden kann, bevor das Ökosystem seine Struktur ändert, indem sich die Variablen und Prozesse ändern, die sein Verhalten steuern.

Masse (Biomasse) entscheiden über die Stabilität der Kreiselbewegung (Stabilität des Ökosystems), also darüber, ob der sich drehende Kreisel bei einem Stoß von außen umfällt oder nach einigen Schwankungen wieder stabil kreiselt. Betrachtet werden beim Gedanken an Stabilität primär die Stabilität der Bewegung und die Frage: Bleibt das Ökosystem nach einer Störung in gleicher Zusammensetzung funktionsfähig?

Resilienzvorstellung

Nach wie vor entscheiden Drehgeschwindigkeit und Masse über die Stabilität der Kreiselbewegung, also darüber, ob der Kreisel bei einem Stoß von außen umfällt oder nach einigen Schwankungen weiter kreiselt. Betrachtet wird beim Gedanken an Resilienz aber nicht nur die Stabilität der Bewegung, sondern auch der Ort, an dem sich der Kreisel nach dem Stoß befindet. Die Frage, die sich stellt, lautet: Bleibt das Ökosystem nach einer Störung in gleicher Zusammensetzung funktionsfähig oder entsteht ein anders Ökosystem mit gänzlich oder teilweise neuer Zusammensetzung und möglicherweise anderen Ökosystemleistungen.

An Stabilität orientierte Vorstellungen haben zudem in diesem Modell auf der Unterlage deutliche Vertiefungen, durch die bestimmte privilegierte Zustände (Klimax-Gesellschaften, potenzielle natürliche Vegetation) vorgegeben werden. Solange eine Kreiselbewegung existiert, streben gestörte Ökosysteme in dieser Vorstellung den immer gleichen stabilen Endzuständen, die in Mitteleuropa fast ausschließlich als Waldökosysteme definiert sind, zu. Mehr oder weniger kurze Ausschläge (Mosaik-Zyklus-Zustände) gelangen doch fast immer zum gleichen stabilen Endzustand. Stabilität ist daher nicht nur die Frage nach dem Umfallen des Kreisels, sondern auch die Vorstellung beziehungsweise Annahme, dass sich der Kreisel nach Auslenkungen wieder am gleichen Ort drehen wird.

An Resilienz orientierte Vorstellungen stellen sich die Unterlage für die Kreiselbewegung waagerecht und eben vor und nach einem Stoß von außen dreht sich der Kreisel noch, aber unter Umständen an deutlich unterscheidbaren anderen Orten. Resilienz ist daher die Fähigkeit eines Ökosystems trotz Störung unverändert in seinem Zustand und an seinem «Ort» zu bleiben. Der Resilienzbegriff kann daher mit dem «Abfederungsvermögen» von Ökosystemen gegen äußere Störungen umschrieben werden. Er ist mit der Vorstellung verknüpft, dass sich, im Falle größerer Störungen, der immer noch drehende Kreisel an anderer Stelle ein verändertes System zu bilden vermag, das dann aber unter Umständen nicht mehr die gleichen Ökosystemdienstleistungen erbringt, die für menschliche Nutzung entscheidend sind. Als entscheidend für die Ökosystem-Resilienz wird heute ein hoher Grad an Biodiversität der Ökosysteme angenommen.

Im Sinne einer validen Modellkritik, kann aus dieser Modellvorstellung nicht auf die in der Natur vorherrschende Form der Unterlage für die Kreiselbewegung rückgeschlossen werden. Dies ist Gegenstand der aktuellen Forschung. Wahrscheinlich lässt sich dabei keine eindeutige Zuordnung zu den beiden dargestellten Polen der Betrachtung finden.

Als Konsequenz führt die zentrale Bedeutung der Resilienz dazu, dass das Wirken des Menschen in der Natur eine andere Stellung einnimmt. Der Mensch rückt aus dem Zentrum der Betrachtung und wird einer von vielen die Resilienz beeinflussenden Faktoren. Der Mensch und sein Wirken werden nicht mehr alleinig als Störungsquelle in einer ansonsten stabilen Natur be-

trachtet (siehe oben «land sharing versus land sparing»). Die Vorstellung, dass Ökosysteme nur frei von menschlichen Einflüssen als «natürliche» Ökosysteme zu betrachten sind und diese per Definition immer weniger stabile Endzustände erreichen, ist in dieser Form nicht mehr haltbar.

Wenn die Einflüsse des Menschen auf Ökosysteme untersucht und bewertet werden, ist es nicht ausreichend, wenn der Mensch und seine Einflüsse gewissermaßen von der «Natur» subtrahiert werden und der «menschfreie» Zustand als anzustrebendes, stabiles Ideal angenommen wird. Es kann auch nicht zielführend sein, einen wie auch immer willkürlich festgelegten Zeitpunkt mit reduziertem menschlichen Einfluss als den anzustrebenden, stabilen Idealzustand zu definieren.

Es stellt sich die Frage, wann in Mitteleuropa aus Sicht der Biodiversität und in Bezug auf die Resilienz der Ökosysteme die besten und damit erstrebenswerten Bedingungen herrschten (Zeitangaben nach Poschlod 2017).

- Am Beginn des Holozäns (zirka 8000 v. Chr.) mit sehr geringem Einfluss durch *Homo sapiens*
- Vor der Sesshaftwerdung in der Jungsteinzeit (südliches Mitteleuropa zirka 5500 v. Chr., nördliches Mitteleuropa zirka 4400 v. Chr.)
- Vor der planmäßig durchgeführten Verbreitung von Tieren und Pflanzen während der römischen Kaiserzeit (zirka 300 v. Chr. bis zirka 350 n. Chr.)
- Nach der Völkerwanderung zu Beginn des dünn besiedelten Frühmittelalters (500–1000 n. Chr.)
- Im Hochmittelalter mit einer maximalen Ausdehnung der Kulturlandschaft (1000–1300 n. Chr.)
- Vor der Entdeckung Amerikas durch Christoph Kolumbus (1492 n. Chr.)
- Vor der Industrialisierung (zirka 1800 n. Chr.) und der damit verbundenen landwirtschaftlichen Revolution
- Oder war es doch die «gute alte Zeit», von der uns unsere Großeltern erzählt haben?

Wenn man sich bewusst macht, dass sowohl Lehrende als auch Lernende, beruhend auf der Neurobiologie des Gehirnes (Roth 2019), zuerst einmal immer ihren eigenen biografischen Erfahrungshorizont als vertrauenswürdige Entscheidungsgrundlage nutzen und beide Gruppen den Auswirkungen des Shifting-Baseline-Syndroms (Pauly 1995; Bunzel-Drüke et al. 2019) unterliegen, wird klar, dass individuell gewählte Naturvorstellungen keine Basis für fachliche und didaktische Entscheidungen und Wertungen sind. Klare Kriterien für diese Entscheidungen und Wertungen müssen gewählt und kritisch reflektiert werden (siehe Kapitel 1.6).

1.4 Entstehung der Kulturlandschaft

Auf einen Blick:
In diesem Teil erfahren Sie, dass

- die Sesshaftwerdung des Menschen, die Römerzeit und die Völkerwanderung einen starken Einfluss auf unsere Biodiversität haben,
- die Landnutzung im Mittelalter grundlegend anders organisiert war als heute und Allmenden dabei eine zentrale Rolle gespielt haben,
- gesellschaftliche und politische Reformen die land- und forstwirtschaftliche Nutzung immer stärker trennten und welche Folgen das für die biologische Vielfalt hatte und
- die moderne Intensivierung der Bewirtschaftung insgesamt zu einem Rückgang der biologischen Vielfalt im Agrarland und in den Forsten führt.

Es ist eine nahezu triviale Aussage, dass es nicht das Ziel sein kann, eine menschfreie Natur wiederherzustellen. Dennoch liefern die Landschaften (Patches und Patch-Mosaike) und die dort ablaufenden Prozesse (patch-dynamics), die vor der Einflussnahme des Menschen existierten (siehe oben), wichtige Informationen, um Lösungen für die aktuellen Biodiversitätsprobleme zu entwickeln, wie beispielsweise die Wiedereinführung großer Weidegänger vom Typ «Grazer» in die Landschaft.

Ein weiterführender und auch naheliegender Ansatz ist es, die Zeiträume maximaler (qualitativ und quantitativ) Biodiversität unter dem Einfluss des Menschen zu identifizieren und deren Prozesse und Mechanismen bestmöglich auf die heutige Zeit zu übertragen, um die aktuelle Biodiversitätskrise mit ungewissem Ausgang für die Menschheit so weit wie möglich in den Griff zu bekommen. Dieser Ansatz erfordert eine eingehende Analyse der Entstehung unserer Kulturlandschaft.

Sehr ausführliche und inspirierende Beschreibungen, auf die sich auch alle folgenden Ausführungen stützen, finden sich (in alphabetischer Reihung) bei Bunzel-Drüke et al. (2019), Kapfer (2010 a, 2010 b) und Poschlod (2017).

1.4.1 Neolithikum bis Spätantike (zirka 5500 v. Chr. bis 500 n. Chr.)

Nach der Domestikation von verschiedenen Nutzpflanzen (zum Beispiel Wildroggen, Einkorn, Emmer) und Nutztieren (zum Beispiel Rind, Schaf, Ziege, Schwein, siehe Abbildung 4) im Gebiet des Fruchtbaren Halbmondes wanderten bäuerliche Kulturen zu Beginn des Neolithikums in Mitteleuropa ein und initiierten nun auch dort die sogenannte neolithische Revolution.

Während dieses langsamen Prozesses, in der Jäger- und Sammlerkulturen, nomadisierende, halbnomadische und sesshafte Bevölkerungsgruppen lange Zeit nebeneinander existierten, wirkten verschiedene Landnutzungssysteme auf die Landschaft ein. Neben der **Feldwaldwirtschaft** (= Urwechselwirtschaft: Meist durch Brandrodung gewonnene Anbauflächen werden einige Jahre bewirtschaftet und verbuschen beziehungsweise bewalden danach wieder. Bei nomadisierenden Gruppen entsteht Wanderfeldbau) prägte die **ungeregelte Feldgraswirtschaft** (unproduktiv gewordene Anbauflächen werden durch zeitlich und räumlich ungeregelte Beweidung waldfrei gehalten und nach der Regeneration erneut bewirtschaftet) die Patch-Mosaike. Abseits der direkt im Lagerungs- beziehungsweise Siedlungsumfeld gelegenen An-

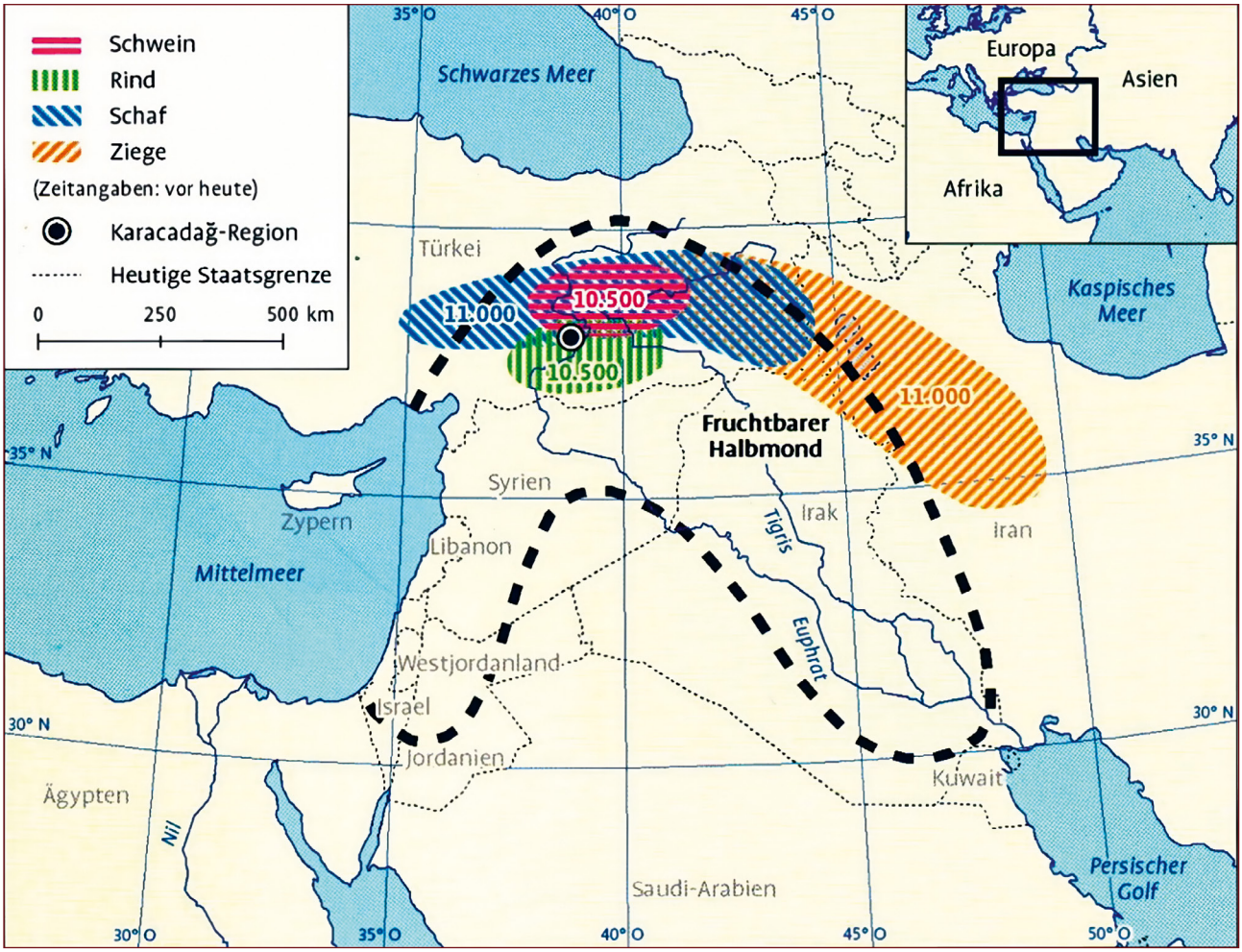


Abbildung 4
Der «fruchtbare Halbmond» mit Datierung der Domestikationsereignisse (unverändert aus Poschlod 2017, S. 12)

bauflächen erfolgte eine ganzflächige und ganzjährige Beweidung als **freie Weide** oder als **ungeregelte Hutungsviehweide**. Die wohl multizentrische Domestikation des Pferdes (Jansen et al. 2002) am Ende der Jungsteinzeit und seine Einführung nach Mitteleuropa vervollständigte dann das Set an Nutztieren, das als Grundlage für die nun zunehmende Sesshaftwerdung der bäuerlichen Kulturen angesehen werden kann. Ob die Nutztiere dabei die inzwischen durch Jagd freien ökologischen Nischen der Großherbivoren sukzessive besetzten oder mit dazu beitrugen, diese zu verdrängen, ist sicherlich für jede Art unterschiedlich zu betrachten.

Landschaftlich waren in der Jungsteinzeit mutmaßlich noch lichte Eichenwälder vorherrschend, weil die heute dominierende Rotbuche als Schattenbaumart, mit dem Potenzial dunkle, geschlossene Hochwälder zu bilden, noch in der nacheiszeitlichen Einwanderung begriffen war. In der Bronze- und Eisenzeit wurden diese lichten Wälder teilweise schon so anhaltend als Waldweide benutzt, dass durch Auflichtung, Aushagerung und Versauerung der Böden Magerrasen und Heiden entstanden sind.

In dieser Zeit sind Viehhaltung und Ackerbau in ihrem Ausmaß und ihrer Bedeutung als gleichrangig zu sehen. Viehhaltung und Ackerbau bedingen sich gegenseitig, da der Dung der Nutztiere während der Herbst- und Winterweide auf den Äckern diese länger ertragreich halten konnte und auf diese Weise die Sesshaftwerdung unterstützt (Anmerkung: In dieser Kulturepoche war noch keine organisierte Mistwirtschaft etabliert). Bezüglich der Anzahl, Masse und ökologischen Bedeutung, war das Rind sicherlich immer die dominante Nutztierart (Lüning

et al. 1997), da Rinder aus menschlicher Sicht mehrfach durch ihre Arbeitsleistung, ihr Fleisch und die Milch nutzbar sind und nie in direkter Nahrungskonkurrenz zum Menschen stehen, wie zum Beispiel das Schwein (Anmerkung: Die starke Nutzung der Milch ist eine neuzeitliche Erscheinung, lediglich Butter wurde in geringen Mengen gehandelt und der geringe Bedarf an Ammenmilch wurde meist durch Ziegen gedeckt). Die anfangs in der ungeregelten Feldgraswirtschaft vorherrschende ‹**Neolithische Einfelderwirtschaft**› (Poschlod 2017) erfolgte als grünlandnahe Bewirtschaftung durch Sommerfruchtanbau (Aussaat im Frühjahr mit ungereinigtem Saatgut, also hohem Wildkrautanteil und Ernte im Sommer) und einer Herbst- und Winterweide, die (siehe oben) primär der Düngung der Äcker diente.

Für die römische Kaiserzeit ist in den entsprechenden kolonisierten Regionen im weiteren Umfeld um die vorhandenen Gutshöfe von einer ausgeprägten Viehhaltungskultur auszugehen. Dies kann auch für bestimmte, nicht besetzte germanische Gebiete gelten, wenngleich die Intensität und Organisationsform mit Sicherheit nicht mit den römischen Agrarsystemen vergleichbar war. Dezidierte römische Beschreibungen, unter anderem der Laubheufütterung bei der Rinderhaltung (Cato der Ältere: De agri cultura) und der Landschaft in der Germania von Tacitus, der diese als «reich an Herdentieren» beschrieb, belegen diese Ansicht. Während der Römerzeit etablierte sich die bei Vergil (Landleben) beschriebene **Zweifelderwirtschaft**, bei der zwischen den Ansaatjahren ein Fruchtwechsel und zudem ein oder mehrere Brachejahre mit Beweidung durchgeführt werden. Wie bei der Feldgraswirtschaft zeigten die Anbauflächen noch starken Grünlandcharakter. Zudem wurden der Obst- und Weinanbau etabliert, Karpfen, Kaninchen, Fasan und wahrscheinlich auch die Weinbergschnecke wurden als Nutztiere eingeführt.

Während der Völkerwanderungszeit (zirka 350 n. Chr. bis 500 n. Chr.), die durch ein Klimapessimum, Hungersnöte und Pestepidemien geprägt war, wurde die Viehhaltung wieder die überwiegend praktizierte Landnutzungsform der frühen Germanen. Der Ackerbau und andere während der Römerzeit geförderten Offenlandökosysteme und ihre damit verbundene Biodiversität verloren flächenmäßig zwischenzeitlich an Bedeutung.

1.4.2 Mittelalter und frühe Neuzeit (zirka 500 bis 1800 n. Chr.)

Dieser Zeitraum ist (unterbrochen nur durch die Pestwelle um 1350 n. Chr. und den Dreißigjährigen Krieg von 1618–1648 n. Chr.) vom Bevölkerungswachstum, den damit verbundenen Ortsgründungen und der Ausweitung der Kulturlandschaft geprägt. Diese Prozesse wurden unter anderem durch das mittelalterliche Wärmeoptimum ermöglicht. Das zwischen 1550 und 1850 n. Chr. eintretende Klimapessimum, ‹Kleine Eiszeit› genannt, leitet dann, begleitet durch weitreichende Agrarreformen, in die ‹Frühe Neuzeit› über.

Frühmittelalter (bis 1000 n. Chr.): Bei noch relativ geringer Bevölkerungsdichte und meist kleinen Ansiedlungen wurden bevorzugt die ertragreichen und ebenen Gunsträume besiedelt. Im direkten Umfeld der Herrenhöfe und Kleinsiedlungen befanden sich Äcker und erste Wiesen, die durch abhängige Bauern im Frondienst bewirtschaftet wurden. Im direkten Umfeld der Herrenhöfe wurden in kleinerem Umfang auch Feuchtflächen, Zugviehweiden, Stoppeläcker und Brachen beweidet. Die weiter entfernten hügelig-bergigen Bereiche, Bach- und Flusstäler und in geringerem Umfang auch Sümpfe und Moore stellten die hauptsächlichen Weiden der gemischten Nutztierherden dar. Diese lagen in den sicherlich



Abbildung 5
Bis ins Hochmittelalter wurden die noch nicht verteilten, weiten Räume zwischen den Kleinsiedlungen als Hutewald genutzt. Vorherrschend waren Landschaftsbilder, wie sie heute noch in Relikten in Rumänien zu finden sind (Kapfer 2019).

noch sehr großen, nicht oder kaum besiedelten Räumen zwischen den Kernfluren der einzelnen Siedlungen. Es handelte sich hierbei um mehr oder weniger halboffene, als Hutewälder bezeichnete Landschaften mit **ungeregelter Beweidung,** das heißt die Herden wurden zwar von einem Hirten begleitet, aber es gab noch keine räumliche Einschränkung des Beweidungsgebietes. Ein Landschaftsbild, wie es heute zum Beispiel noch in Relikten in Rumänien zu finden ist (siehe Abbildung 5).

Im **Hochmittelalter** (bis 1300 n. Chr.) kam es vermehrt zur Gründung neuer Kleinsiedlungen und zu einer Verdichtung der Siedlungen, die sich anhand vieler beurkundeter Dorf- und Stadtgründungen belegen lässt. Das Bevölkerungswachstum, der erhöhte Brotgetreidebedarf und der Hunger nach Bauholz bedingt eine Nutzungsverdichtung in der Landschaft. Im Rahmen der Binnenkolonisation wurden Feuchtgebiete entwässert und Wälder gerodet. Fronhöfe wurden aufgeteilt und in zinspflichtige Lehengüter umgewandelt. Zahlreiche Kleinbauernstellen entstanden.

Im dorfnahen Bereich der Kernfluren entstand die **Felderwirtschaft,** die sich auf großer Fläche in ganz Mitteleuropa ausbreitete und über das **Spätmittelalter** (bis 1500 n. Chr.) hinaus bis zum Ende der ‹**Frühen Neuzeit**› (bis 1800 n. Chr.) nahezu unverändert bestehen blieb. Unter dem Druck der Nahrungsmittelproduktion und der fehlenden individuellen Erschließung der vielen Parzellen durch Wege wurde eine effektivere und gemeinschaftliche Bewirtschaftung der Kernflächen notwendig. Dazu wurden die einzelnen Parzellen in Großfelder, sogenannte Zelgen oder Ösche, zusammengefasst und unter **Flurzwang** gelegt, was bedeutete, dass die einzelnen Besitzer keine individuell freie Wahl der Bewirtschaftung mehr hatten. Auf allen Parzellen einer Zelge wurde auf Grundlage des dörflichen Rechtesystems immer dieselbe Frucht – in der Regel die Getreide in ihrer Winter- oder Sommersorte – angebaut. Nach der Nutzung als Winter- und Sommerzelge wurde diese Zelge zur Regeneration der Böden brach gelegt und diente dann meist nur als Viehweide. Dieses in ganz Mitteleuropa vom frühen Mittelalter bis weit in die Neuzeit dominierende Agrarsystem ist typologisch als das **Drei-Zelgen-System** (beziehungsweise Drei-Felder-System) charakterisiert. Zentrales Element war die Allmende, die in der Regel den bei Weitem größeren Flächenanteil einer Dorfgemarkung ausmachte. Die **Allmende** ist die

dem ganzen Dorf auf Basis vereinbarter Rechte zur Verfügung stehende Fläche, dazu gehörten auch Wald und waldähnliche Flächen.

Ein prägendes Element der Allmende war der **Hutzwang**, also die Verpflichtung zur gemeinschaftlich **geregelten Hut-Viehweide** für die Nutztiere, vor allem für die größeren Tiere wie Rinder, Pferde, Schweine, Schafe und Ziegen. Dies bedeutet, dass insbesondere in den Kernzeiten der Vegetationsperiode alle Viehhalter ihre Tiere in die Obhut eines gemeindlich bestellten Hirten übergeben mussten und dieser das Vieh in großen und zudem oft gemischten Gemeinschaftsherden auf jahres- und tageszeitlich genau festgelegten Weideflächen zu hüten hatte. Als neuzeitlich die Waldflächen durch unterschiedliche Nutzungsintensivierungen dramatisch zurückgingen, war dann zum Beispiel die individuelle Beweidung und die freie Weide (ohne Hirten) im verbliebenen Wald nicht mehr erlaubt.

Die Hutweiderechte erstreckten sich nahezu auf die gesamte Gemeindefläche. Ausgenommen waren nur die sogenannten Sondernutzungsflächen, die gebannt waren. Dies waren ganzjährig nur Siedlungsflächen, Gärten, manche herrschaftlichen Flächen sowie während der Hauptvegetationsperiode die Äcker und die sich verstärkt etablierenden Wiesen, die nur zeitweise gebannt wurden. Alle anderen Bereiche wurden ganzjährig beweidet. Man unterschied hierbei die meist dorfnahen besseren Weideflächen (Anger), die ebenfalls dorfnahen Brachen, die dorffernen schlechteren Weideflächen (Heiden, Sümpfe und Moore) und die Waldweideflächen. Einzäunungen der Weiden waren aufgrund des großen Flächenumgriffs nicht möglich. Vielmehr wurden nur die Äcker und Wiesen während der Bannzeiten durch Zäune gegen ziehendes und fressendes Vieh geschützt.

Die Entstehung des neuen und vergleichsweise jungen Ökosystems Wiese im Mittelalter ist zum einen an den steigenden Winterfutterbedarf und zum anderen an die Erfindung der Langsense im Hochmittelalter gebunden. Erst durch die Langsense wurde ab Mitte des 16. Jahrhunderts die flächeneffektive Gewinnung von Dörrfutter auf Wiesen möglich. Wie bei den Äckern erfolgte die Nutzung der Wiesen auf gemeinschaftlicher Absprache durch gemeindlichen Flurzwang. Außerhalb der Zeit der Bannung wurden sowohl die Wiesen als auch die Äcker zur Allmende gerechnet und unabhängig von den konkreten Besitzverhältnissen hatte der Besitzer in dieser Zeit die gemeinschaftliche Nutzung als Vor- beziehungsweise Nachweide zu dulden.

Aus der ausführlichen Besprechung durch Kapfer (2010 a, 2010 b) zur Genese und Nutzung des Grünlandes in Mitteleuropa und der Beweidung von Wiesen bis zur Neuzeit sollen hier nur die drei wichtigsten Grünlandtypen (siehe Abbildung 7) herausgegriffen werden, da sie für das Verständnis der Biodiversitätsverluste in unseren Kulturlandschaften entscheidend sind und modellhaft gut vermittelt werden können.

Abbildung 6
Im Mittelalter und bis zirka 1800 n. Chr. ein alltäglicher Anblick – die gemischte Dorfviehherde. Gemälde «Heimziehende Viehherde» von Johann Adam Klein, 1827 (Bild zur Verfügung gestellt durch die Museen der Stadt Nürnberg, Kunstsammlungen)



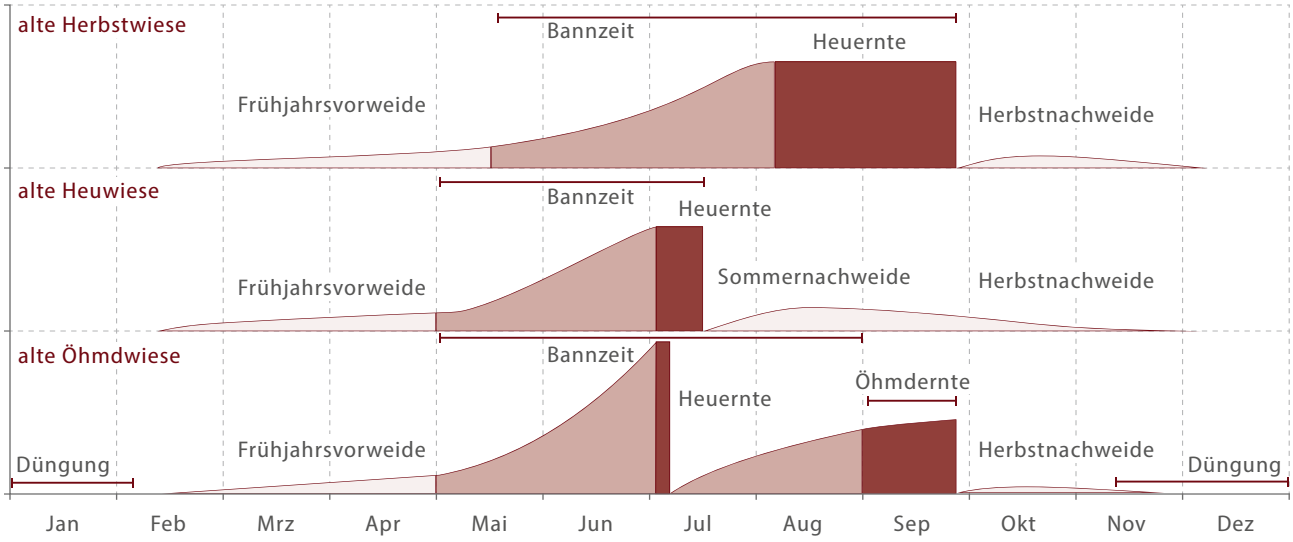


Abbildung 7
Bewirtschaftungsschema der drei wichtigsten Wiesentypen der Drei-Zelgen-Wirtschaft (aus Kapfer 2010 a).

Entscheidende Unterschiede zu den heutigen reinen Mähnutzungen und ihren Folgen sind die

- deutlich niedrigere Anzahl und Frequenz der Mähnutzung, die eine ungestörte Entwicklung der Biozönosen ermöglicht,
- durch die Frühjahrsvorweide bedingte spätere Hauptnutzung der Wiesen, die den meisten Gliedertieren den Abschluss ihrer Entwicklungszyklen ermöglicht,
- deutlich langsameren und länger andauernden Ernteprozesse, die eine Abwanderung der Wiesentiere in ungemähte und somit geschützte Bereiche ermöglicht und Nahrungsressourcen erhält,
- während der Vor- und Nachbeweidung durch die Weidetiere eingetragenen Diasporen und Kleintiere, die für notwendigen genetischen Austausch sorgen,
- auf produktiveren Wiesen (günstige Standortsverhältnisse) erfolgte Mistdüngung mit der ebenfalls Diasporen verbreitet wurden sowie
- durch die Beweidung vorhandenen Kotstellen als Keimzellen der Insektenvermehrung und
- durch die Beweidung erzeugte Öffnung der Grasnarbe für die Keimung der meisten krautigen Wiesenpflanzen.

Die alte Öhmd- beziehungsweise Grummetwiese, mit ihrem unter anderem kennzeichnenden zweiten Schnitt (vergleiche Abbildung 7), konnte landwirtschaftlich sinnvoll nur auf ertragreichen Wuchsorten realisiert werden und erforderte zudem eine Düngung. Da aber die zweimalige private Nutzung nur dem Besitzer der Fläche zugutekam und zu Ungunsten der Allgemeinheit erfolgte, weil diesem aufgrund der längeren Bannung Weidefläche entzogen wurde, mussten diese Flächen hierzu von der Dorfgemeinschaft mit dem so-

Heu – Öhmd – Grummet

Die regionaltypischen Bezeichnungen der beiden Schnitte leiten sich von mittelalterlichen Begrifflichkeiten ab. Der erste Schnitt wird «Heu» genannt und leitet sich vom «hauen» des Laubheus mit Hippen oder Sicheln ab und wurde später zum heute noch gebräuchlichen «heuen». Der zweite Schnitt wird je nach Region Grummet, Öhmd oder «Åmahd» genannt. Grummet leitet sich von «Grünmahd» ab, weil der zweite Schnitt deutlich jünger und grüner gemäht wurde, als das deutlich ältere Heu. Öhmd und Åmahd leiten sich von den Worten Ehmd = Amahd = Aftermahd = Nachmahd ab, weil hier nach dem ersten Schnitt nachgemäht wurde. Interessanterweise hat sich kein Begriff für eine dritte Schnittnutzung geprägt, wahrscheinlich weil dies eine sehr junge Nutzungsform ist. Im Allgäu werden ab dem zweiten Schnitt auch heute noch alle weiteren Schnitte Åmahd genannt.

genannten «Öhmdrecht» ausgestattet sein. Reine Mähwiesen ohne jedweden Beweidungseinfluss, wie sie heute flächenmäßig dominieren, bestanden nur kleinflächig in Form der Wässerwiesen, Hägewiesen und Grasgärten.

Aufgrund des im Hochmittelalter stark gestiegenen Holzbedarfes, wurden Niederwälder und Hutewälder in ihrer Bewirtschaftung stärker auf die Holzproduktion ausgelegt und beispielsweise in **Mittelwälder** überführt. Mittelwälder liefern mit ihrer weitstehenden Oberschicht bei langen Umtriebszeiten gutes Bauholz, aufgrund der aus Stockausschlägen bestehenden Unterschicht gut nutzbares Brennholz in kurzen Umtriebszeiten. Zudem bieten Sie auch noch gras- und krautreiches Futter für eine geregelte Weidenutzung. Trotz des hohen Bedarfes an Holz erfolgte also keine vollständige Herausnahme aus der geregelten Hut-Viehweide, sondern es setzte sich ein Kompromiss der Nutzungsbedürfnisse durch. Die Bewirtschaftung sollte laut herrschaftlicher Holz- und gemeindlicher Dorfordnungen schonend und nachhaltig erfolgen. Dafür wurden abgeräumte, junge Schläge eingezäunt und für Rinder, Pferde und Schweine gebannt, bis die Stockausschläge eine entsprechende verbisssichere Höhe erreicht hatten. Zudem wurde für diese Wälder die Beweidung durch Ziegen oder andere Nutztierarten, die stärker an Gehölzen fressen, stark eingeschränkt oder verboten.

Ein weiterer entscheidender Einfluss auf die Biodiversität im Mittelalter und der frühen Neuzeit waren die auf allen Entfernungsebenen andauernd stattfindenden **Wanderungen der Nutztiere.** Die alltäglichen Triebe zu den Weiden (bis zu 10 km täglich), zu den Fernweiden eines Dorfes oder zu den regionalen Marktplätzen (bis zu 30 km), zur Lieferung des Schlachtviehs in die großen Städte (200 km bis zu 1 000 km) sowie die nicht minder langen Wanderungen des «Proviantviehs» im Tross der Kriegsheere oder die Transhumanz (= Wanderweidewirtschaft) stellten maßgebliche Vektoren der Verbreitung von Diasporen und Kleinlebewesen dar. Die Wanderungen der zum Teil sehr großen Herden erzeugten landschaftsweite Sonderstrukturen und hielten den genetischen Austausch zwischen den Populationen aufrecht.

1.4.3 Nach der Allmendaufhebung (zirka 1800 n. Chr.)

Die Agrarreformen des 18. und 19. Jahrhunderts und daraus folgende Forstreformen führten zu einer Separation der Lebensräume, die maßgeblich den heute zu beobachtenden Resilienzverlust der Ökosysteme und Biodiversitätsverlust der Biozönosen bedingt. Neben diesen Prozessen sind zudem auch die sicher hinreichend bekannten Folgen der Mechanisierung, Intensivierung und zuletzt Industrialisierung der Land- und Forstwirtschaft und der Globalisierung Treiber dieser Entwicklung.

Die Allmendaufhebung, ein Kernpunkt der Agrarreformen, hat regional unterschiedlich zu dramatischen Änderungen der Besitzstrukturen und Flächenzuschnitte geführt (vergleiche Zückert 2003). In Süddeutschland und Frankreich, das grundherrschaftlich geprägt war, indem die Bauern gute Besitzrechte hatten und die Gemeinden faktisch Eigentümer der Allmende waren, lösten sich die Allmenden in einem langwierigen Prozess bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts größtenteils auf und wurden, abhängig vom individuellen Status, privatisiert. Eine Folge ist die heute noch wahrnehmbare Kleinteiligkeit der Bewirtschaftungseinheiten in vielen Regionen. In anderen gutswirtschaftlich geprägten Regionen Europas (östlich der Elbe und in England) fielen die Allmenden, die zuvor als Teil des Gutslandes galten, in einem deutlich schnelleren Prozess meist den großen Gutshöfen zu und erzeugten großflächigere Besitzstrukturen.

Beiden Typen der Allmendaufhebung ist, wenn auch graduell unterschiedlich, dennoch gemeinsam, dass ehemals verbundene, ineinander verflochtene Lebensräume (Patches und Patch-Mosaike) separiert wurden und die zwischen ihnen ablaufenden Prozesse (Patch-dynamics) in zunehmendem Maße verloren gehen. Dies sind insbesondere der Niedergang der extensiven, naturnahen Beweidung und die heute praktizierte strikte **Trennung des Waldes vom Offenland**. Es soll aber auch erwähnt werden, dass die kaum geregelten Nutzungen der Allmende einen wesentlichen Anteil an der graduellen Devastierung großer Landschaftsteile hatte, die in manchen Regionen bis heute noch nachvollziehbar sind.

Zusammenfassend formuliert Kapfer (in Bunzel-Drüke et al. 2019):

> «Neben den wilden Megaherbivoren vor der Sesshaftwerdung des Menschen hatte die nachfolgende Jahrtausende lange, extensive, naturnahe Beweidung mit Nutztieren bis vor etwa 150 Jahren einen überragenden Einfluss auf die Entstehung und Entwicklung der Kulturlandschaften Mitteleuropas und deren Biodiversität. Die nahezu flächendeckende Abschaffung der naturnahen Beweidung mit großen Weidegängern, insbesondere Rindern, in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts verursachte einen Einbruch der Biodiversität der mitteleuropäischen Kulturlandschaften, der (seit den 1970er-Jahren verschärft) bis heute andauert. Ohne Wiederaufnahme der extensiven, naturnahen Beweidung mit großen Weidetieren in hinreichendem Umfang, kann der Schutz eines großen Teils unserer vom Aussterben bedrohten Arten nicht gelingen.»

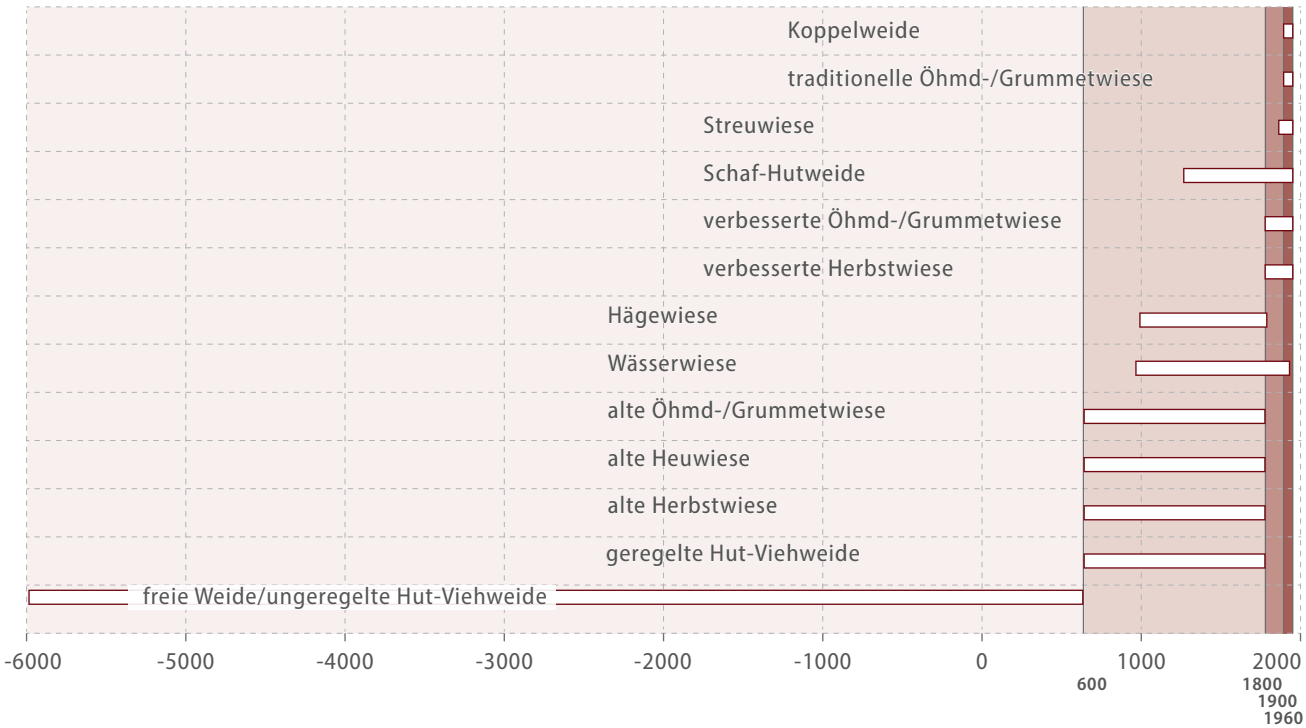


Abbildung 8
Von 6000 v. Chr. bis zur Allmendaufhebung um 1800 n. Chr. war die extensive, naturnahe Beweidung in nahezu allen Landschaftselementen in Form der freien Weide, der ungeregelten Hutweide und der geregelten Hutweide die dominierende Bewirtschaftungsform. Fast alle heute geläufigen Formen der Grünlandbewirtschaftung sind derart jung, dass sie bei der vorliegenden Zeitskalierung kaum oder nicht dargestellt werden können (aus Kapfer 2010 a).

Den Verlust der Prozesse in den Kulturlandschaftselementen und den Verlust von Ausbreitungsvektoren für die Prozesse zwischen den Kulturlandschaftselementen stellt Poschlod (2017) für Pflanzen detailliert dar (siehe Abbildungen 9 und 10).

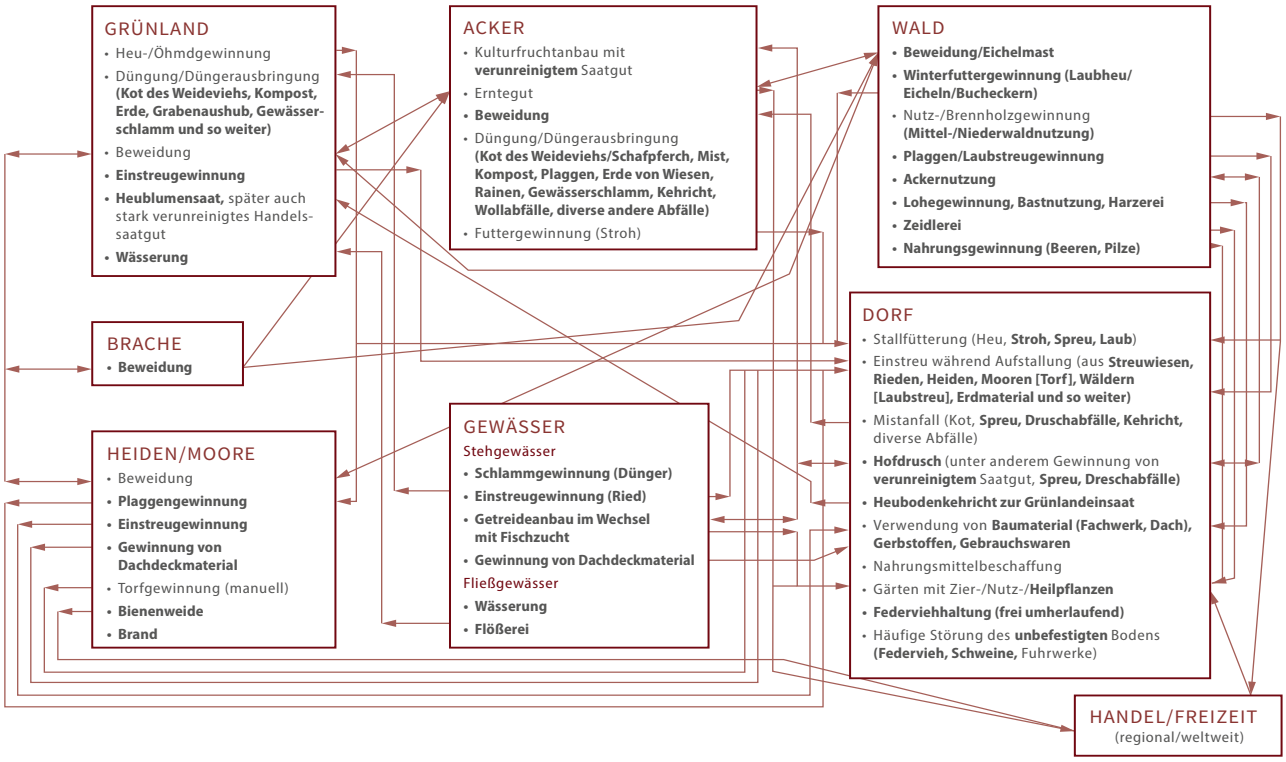


Abbildung 9
Ausbreitungsprozesse in der traditionellen Kulturlandschaft. Traditionelle Landnutzungsformen (**fett: heute meist nicht mehr existent**) waren effektive Ausbreitungsvektoren für Pflanzen und führten zu einer Vernetzung der unterschiedlichsten Lebensräume.

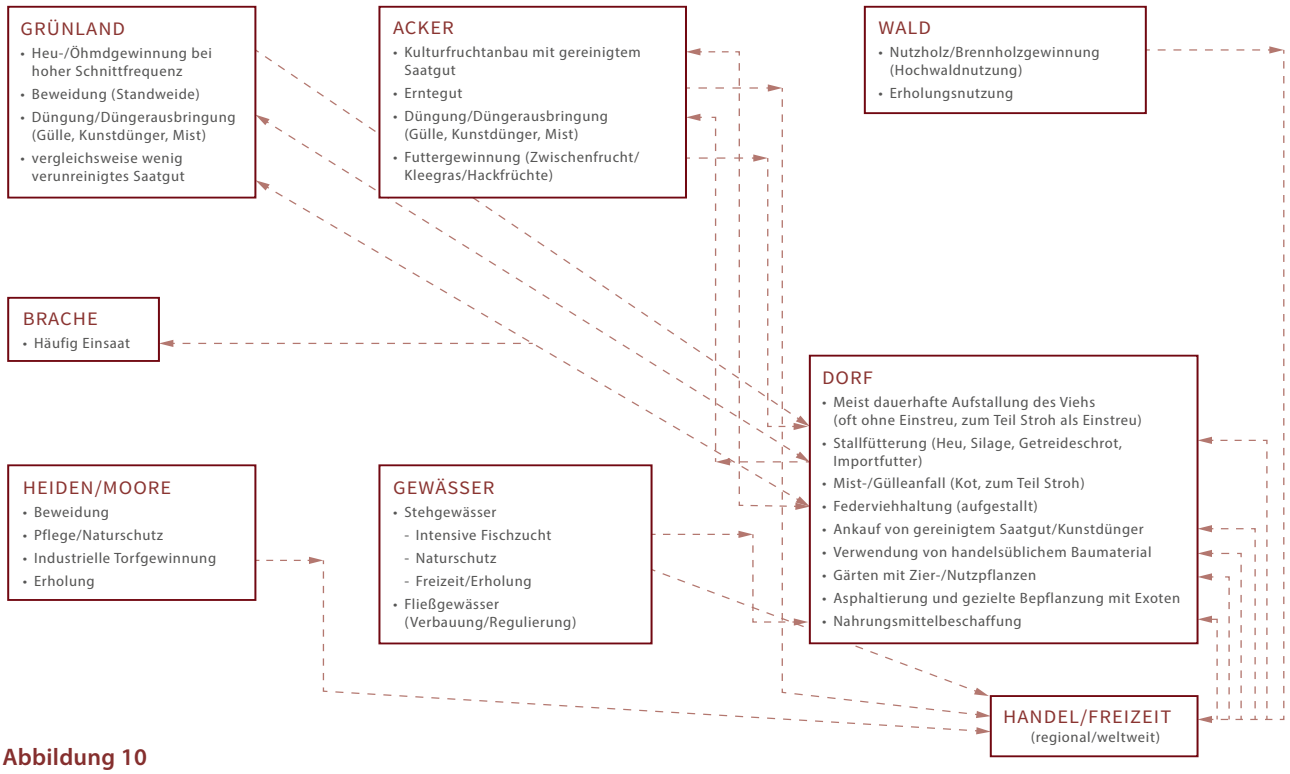


Abbildung 10
Ausbreitungsprozesse in der modernen Kulturlandschaft. Moderne Landnutzungsformen sind häufig schlechte oder keine Ausbreitungsvektoren für Pflanzen. Eine Vernetzung unterschiedlicher Lebensräume findet fast nicht mehr statt.

Auch innerhalb der inzwischen vollständig getrennt betrachteten Ökosysteme Wald und Grünland finden gravierende Prozess- und Lebensraumseparationen statt, die allesamt mit einem Biodiversitätsverlust verbunden sind. Exemplarisch werden hier – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – einzelne plakative Beispiele genannt:

- **Festlegung von Rotwildbezirken** (seit 1950): Rothirsche dürfen nur in per Gesetz festgelegten Gebieten leben, unabhängig vom deutlich größeren, ökologisch möglichen Areal (Deutsche Wildtier Stiftung 2022).

- **Separation in Wälder und Forste:** Während die Forste im wesentlichen auf Produktivität ausgelegt sind, sollen die Naturwälder und Nationalparke gänzlich frei von menschlichem Einfluss gehalten werden. Somit spielen in den Forsten die wichtigen Altbäume, die Totholzanteile und die unproduktiveren Baumarten nur eine sehr untergeordnete Rolle und in den der Biodiversität gewidmeten Wäldern werden die für Urwälder eigentlich prägenden Einflüsse durch Megaherbivoren, beziehungsweise deren Ersatz durch große Grazer, kaum gefördert oder ganz unterbunden.

- **Separation von Naturschutzflächen und landwirtschaftlicher Nutzfläche:** Durch den Verlust von scheinbar «unproduktiven» Feldrainen und Hecken auf den Grenzflächen gehen wichtige Übergangslebensräume verloren. Die nahezu flächenlose Grenzlinie von intensivlandwirtschaftlichen Flächen und kaum mehr zu bewirtschaftenden Naturschutzflächen des Offenlandes und der Verlust verbindender Lebensräume zwischen den Extremen spiegeln sich zum Beispiel auch in den starken Verlusten des Fauna-Flora-Habitat (FFH)-Lebensraumtyps 6510 (blütenreiche Grünländer mittlerer bis geringer Nutzungsintensität) wieder.

- **Separation der Nutztiere vom Grünland:** Aktuell bleiben viele Tiere ganzjährig im Stall oder im stallnahen betonierten Freilauf, das Futter wird in die Ställe gefahren und die Mineralstoffe in Form von Gülle zurück auf die Wiese gebracht. Die gesamte auf Dung beruhende Biozönose wird somit ihrer Grundlage beraubt. Nach Laurence (1954) hinterlässt ein ganzjährig im Freiland weidendes Rind (zirka 600 kg Lebendgewicht) in etwa 10 Tonnen Dung pro Jahr,

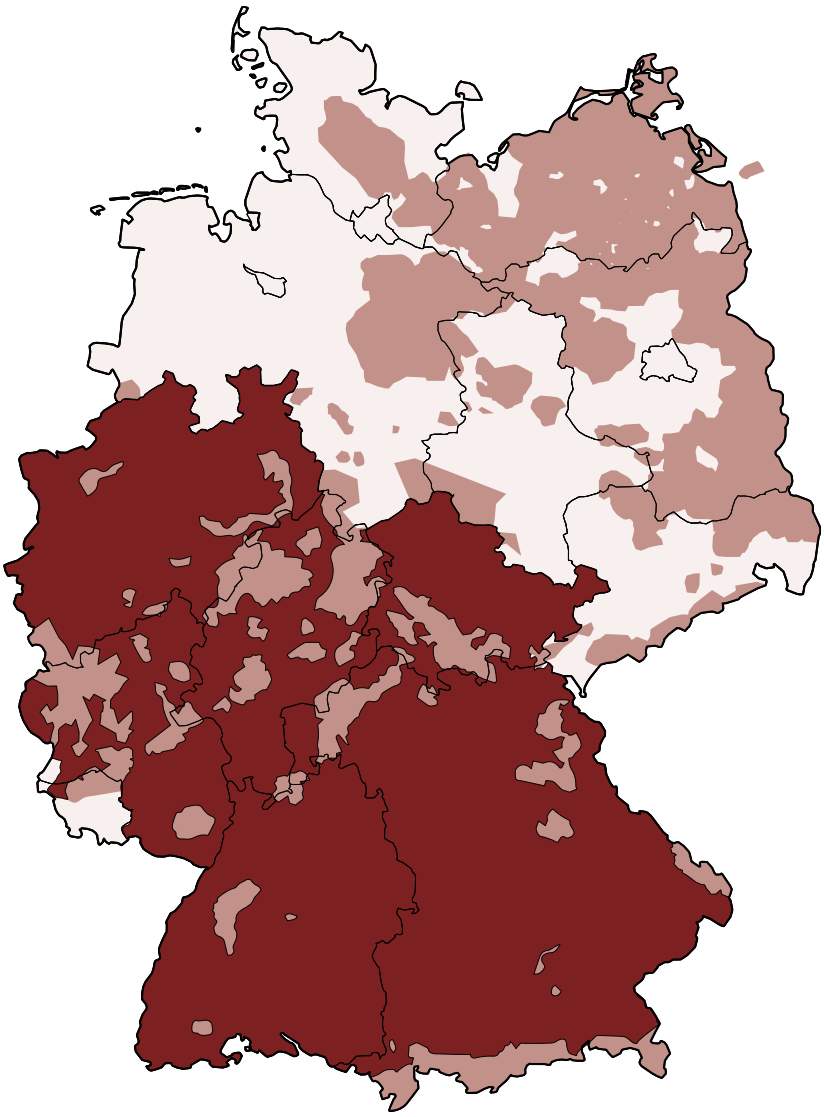


Abbildung 11
Rotwildbezirke in Deutschland (Deutsche Wildtier Stiftung 2022)

der die Ernährungsgrundlage für etwa 100 kg lebende Insektenbiomasse darstellt, aus der sich dann wiederum etwa 10–50 kg Wirbeltierbiomasse pro Jahr entwickeln. Dies bedeutet, dass mit jedem ganzjährig im Stall gehaltenen Rind beispielhaft gesprochen 200 bis 1.000 Grasfrösche oder 125 bis 625 Stare oder 3 bis 15 Schwarzstörche in der Landschaft ihrer Nahrungsgrundlage beraubt werden und verschwinden. Die reine Rückführung von Mineralstoffen als Gülle erfüllt zwar die Erfordernisse der biologischen Landwirtschaft, da es geschlossene Stoffströme aufrechterhält, wird aber die nun fehlende Biozönose nicht ersetzen.

- Separation der Ökotypen: (Anmerkung: Ökotypen sind Untergruppen einer Art, die sich durch genetisch fixierte ökologische Ansprüche an ihre Umwelt unterscheiden.) Die immer effektivere Selektion und Konzentration in der Zucht auf sogenannte Zukunftsbaumarten, der Einsatz klonaler Hybridpappeln, das Ausbleiben sexueller Fortpflanzung auf mehrschürigen Wiesen und die damit nötige Nachsaat klonaler Grassorten, wie die Zucht hochproduktiver Einnutzungsrassen statt der historischen Mehrnutzungsrassen in der Nutztierproduktion, sind nur einige Beispiele produktionsbedingter Separation, die den direkten Verlust genetischer Vielfalt bedeutet.

Die Separation der Ökosysteme, der Arten, Populationen und Ökotypen ist künstlich und findet in der Natur keine Entsprechung. Die Entstehung und der Erhalt der Ökosysteme, ihrer Resilienz und ihrer Biodiversität, ist ohne die Übergänge zwischen verschiedenen Systemen kaum vorstellbar. Die verbindenden Ökotone haben erst in den letzten 100 bis 200 Jahren in Mitteleuropa ihre flächenmäßige Bedeutung verloren und sind in ihrer Bedeutung aus dem Bewusstsein verschwunden.

Entscheidend für das Verständnis der Ökosysteme ist der gesamte Zeitraum seit dem Riss-Würm-Interglazial, unter Berücksichtigung der Einflüsse durch die Sesshaftwerdung des *Homo sapiens*. Zielvorgaben für nachhaltiges Handeln und den Biodiversitätsschutz sollten im Wesentlichen aus diesem langen Zeitraum maximaler Biodiversität (6000 v. Chr. bis 1800 n. Chr.) in Mitteleuropa abgeleitet werden. Naturschutzfachliche Bewertungen müssen sich am Grad der Biodiversität der Patches, der Patch-Mosaike, der Existenz von Metapopulationen und der Prozessvielfalt orientieren.

Da die Resilienz aller Ökosysteme maßgeblich durch die Nutzungsintensität beeinflusst ist, muss die Nutzung der Ökosystemleistungen immer in Bezug zu den Beeinträchtigungen der Biodiversität betrachtet werden.

Verschiedene Ökosysteme, wie zum Beispiel der Wald oder das Grünland, sollten nicht wertend gegeneinander gestellt werden. Vielmehr sollten biodiversitätsfördernde Landwirtschaft und biodiversitätsfördernde Forstwirtschaft gegen die nutzungsoptimierten Bewirtschaftungen dieser Ökosysteme abgewogen werden (siehe oben «land sharing»- versus «land sparing»-Konzepte).

1.4.4 Aktuelle Situation

Die aktuelle Situation – die den Lehrenden wahrscheinlich deutlich präsenter ist als die historischen Hintergründe – ist geprägt durch eine fast schon erdrückende Vielfalt an Problemen, die hier nur schlaglichtartig genannt werden, um dann teilweise in den Einleitungskapiteln der einzelnen Ökosysteme und den Unterrichtsmodulen aufgegriffen zu werden.

Beispielhaft seien genannt: Industrialisierung, Mechanisierung und Intensivierung der Land- und Forstwirtschaft,

Artensterben, Insektenschwund, Lebensraumverlust, Zerschneidung der Landschaft, Anreicherung von Schadstoffen in Stoffkreisläufen, Überdüngung, Mikroplastik und so weiter. Das Ausmaß und die Geschwindigkeit der aktuellen Biodiversitätskrise werden jedoch oft unterschätzt. «Das weltweite Artensterben schreitet bereits jetzt zehn- bis einhundertmal schneller voran als im Durchschnitt der letzten zehn Millionen Jahre, und es beschleunigt sich immer mehr» (IPBES 2019).

Doch lassen sich auch kleine Silberstreifen am Horizont ausmachen, die exemplarisch Alternativen aufzeigen, zum Beispiel die in den letzten Jahren deutlich besser in den EU-Verordnungen, Bundes- und Landesgesetzen verankerten Naturschutzziele, neue schonendere Landnutzungstechniken, viele erfolgreiche Artenhilfsprogramme und Bayern-Netz-Natur-Projekte, das Bayerische Arten- und Biotopschutzprogramm (ABSP), die gute Akzeptanz der Agrarumweltmaßnahmen in der Landwirtschaft und die engagierte Arbeit der Landschaftspflege- und Naturschutzverbände.

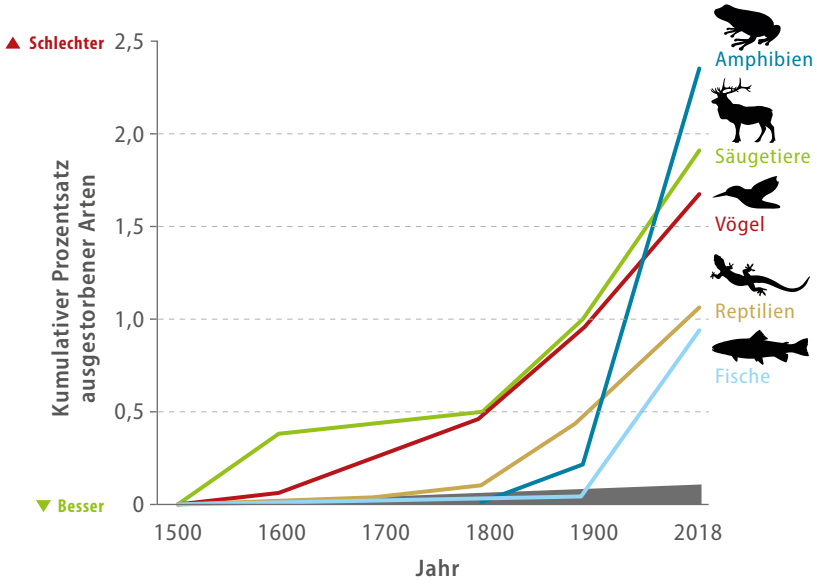


Abbildung 12
Aussterberate für verschiedene Wirbeltiergruppen seit dem Jahr 1500. Bei Reptilien und Fischen wurden nicht alle Arten beurteilt (aus IPBES 2019).

Legende
- Historische und natürliche Aussterberate pro 1 Mio. Arten: 0,1–2 Arten/Jahr

Nicht zuletzt zeigt die starke Aufmerksamkeit der Bevölkerung für Naturschutzthemen bereits Auswirkungen auf Entscheidungsträger in verschiedensten Gremien und Organisationen. So listet das Weltwirtschaftsforum (World Economic Forum 2022) unter den zehn größten globalen Risiken fünf Umweltthemen auf. Die «Top Drei» der identifizierten globalen Risiken lauten: Scheitern des Klimaschutzes, extreme Wetterereignisse und Biodiversitätsverlust.

1.5 Klimarelevanz unterschiedlicher Landökosysteme

Auf einen Blick:
In diesem Kapitel erfahren Sie, dass

- nicht nur Wälder eine entscheidende Rolle bei der Klimarettung spielen,
- die Nutzung ein und derselben Fläche entscheidend ist, ob diese Fläche das Klima belastet oder entlastet, und
- der Fleischverzehr zum Naturschutz und Klimaschutz beitragen kann.

«Wälder retten das Klima», «Kühe sind Klimakiller» und «Vegane Ernährung schont das Klima» sind oft formulierte, in den Köpfen der SuS verankerte Narrative, die allerdings aufgrund ihrer starken Vereinfachung und Pauschalierung in dieser Form oft nicht korrekt sind. Um es den SuS zu ermöglichen, derartige Vereinfachungen kritisch zu hinterfragen und zu eigenen faktenbasierten Einschätzungen und Entscheidungen zu gelangen, müssen ihnen auch alternative Betrachtungen zugänglich gemacht werden.

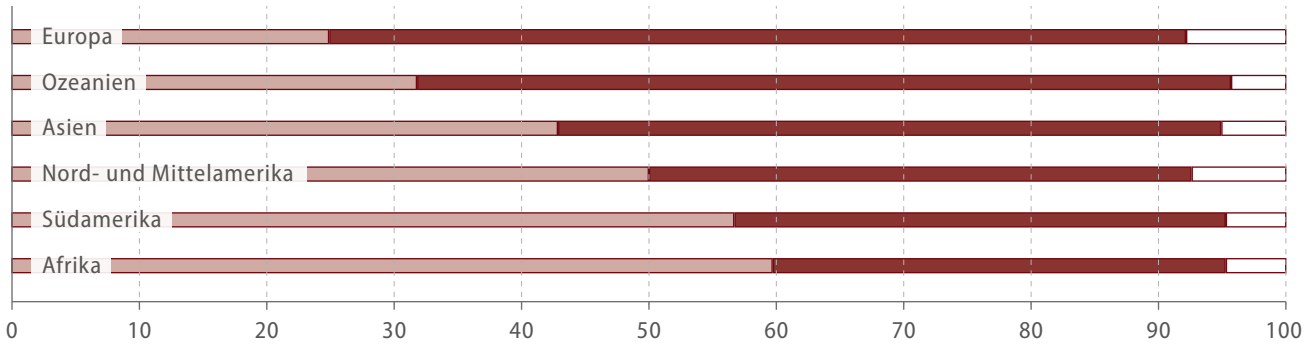


Abbildung 13
Verteilung des gebundenen Kohlenstoffes in Vegetation, Boden und Bodenbedeckung sowie Totholz im Vergleich der Kontinente (aus LAL 2015).

LEGENDE
- Kohlenstoff in den Bäumen
- Kohlenstoff im Boden und Bodenbedeckung
- Kohlenstoff in totem Holz

Bei der Betrachtung der Klimarelevanz von Landökosystemen wird häufig nur die Kohlenstoff-Festlegung über die Kohlenstoffdioxid-Aufnahme durch die Photosynthesprozesse der Vegetation berücksichtigt. Die Böden werden hingegen oft vernachlässigt, obwohl Böden eine entscheidende, weil dauerhafte Kohlenstoffdioxidsenke darstellen, wenn keine Mineralisation (zum Beispiel durch Bewirtschaftung) erfolgt. Die Böden der Erde enthalten mehr Kohlenstoffverbindungen als die gesamte Erdvegetation und die Atmosphäre zusammen. Die Kohlenstoffspeicherfähigkeit der Böden ist entscheidend von der Rückhaltefähigkeit, vom Wassergehalt und Sauerstoffgehalt der Böden abhängig. Im Vergleich der Kontinente (Abbildung 13) zeigt sich, dass gerade in Europa die Speicherfähigkeit der Böden als deutlich wichtiger zu bewerten ist als zum Beispiel in Südamerika oder Afrika. Das Aufforsten von Wäldern ist in Europa anders zu bewertet, als die Vegetationsbildung auf den sehr alten, skelettarmen Böden Südamerikas, die eine deutlich geringere Speicherfähigkeit für Kohlenstoffverbindungen haben.

Betrachtet man vergleichend die Menge des im Boden und der Vegetation gespeicherten Kohlenstoffs in Bezug auf die Flächengröße (Abbildung 14), die von den einzelnen Landökosystemen weltweit eingenommen werden, ergibt sich ein weiterer, für die meisten SuS (und den einen oder anderen Lehrenden) sicherlich überraschender Aspekt dieser komplexen Thematik. Während die überragende Wirkung der Moore und Feuchtgebiete als Kohlenstoffsenken inzwischen als bekannte Tatsache angenommen werden kann, ist es erstaunlich und nahezu unbekannt, dass die Grünländer der Welt einen bedeutsameren Kohlenstoffspeicher bilden als die Wälder dieser Erde, die gemeinhin als die Klimaretter der Welt kolportiert werden.

Im Vergleich, bezogen auf einen Quadratkilometer Fläche, ergibt sich für die Landökosysteme eine wie

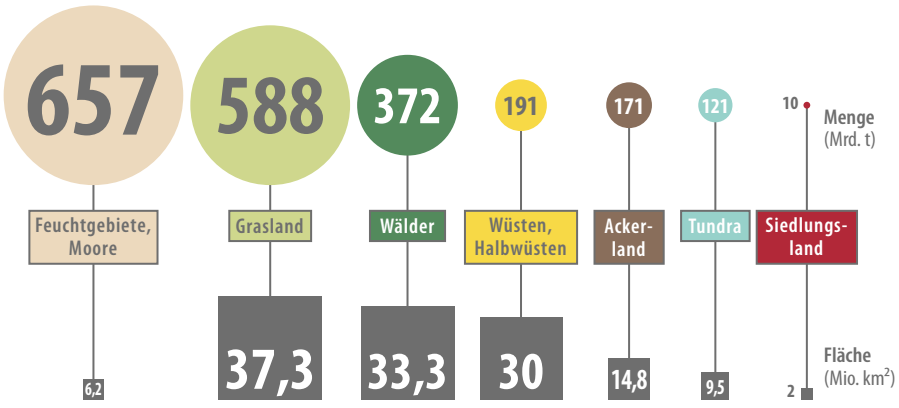


Abbildung 14
Menge der gespeicherten Kohlenstoff-Verbindungen in Ökosystemen der Erde (oben: Milliarden [Mrd.] t) und deren Flächengröße (unten: Mio. km²) (verändert aus LAL 2015).

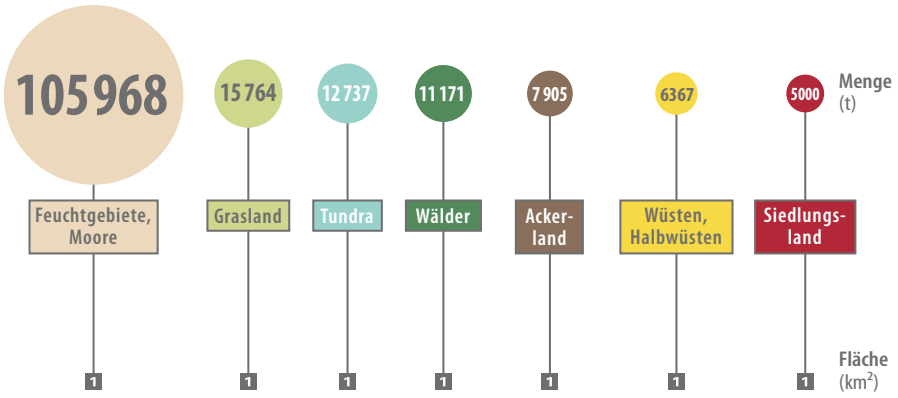


Abbildung 15
Gespeicherter Kohlenstoff in Landökosystemen der Erde (in Tonnen) bezogen auf die Fläche von einem Quadratkilometer (Berechnung beruhend auf LAL 2015).

in Abbildung 15 beschriebene Reihung der Flächeneffektivität für Kohlenstoffspeicherung.

Es wird also in der Diskussion und Bewertung nicht ausreichen, nur die verschiedenen Ökosysteme nebeneinanderzustellen, zudem ist die menschliche Einflussnahme auf die Ökosysteme in der Bewertung unbedingt zu berücksichtigen. Als eine erste grobe Richtlinie kann man sicherlich sagen, dass die Trockenlegung und Umwandlung von Feuchtgebieten und Mooren in andere (in Abbildung 15 weiter rechts stehende) Ökosysteme wie Grünländer, Wälder, Äcker und Siedlungsland immer klimaschädlich ist. Auch die für Mitteleuropa ebenfalls bedeutsame Umwandlung von Grünländern und Wäldern in Äcker oder Siedlungsland wird in den allermeisten Fällen mit starken Kohlenstoffdioxid-Emissionen verbunden sein. In vielen Studien wurde inzwischen belegt, dass der Bodenumbruch den Gehalt an Kohlenstoffverbindungen in Böden um durchschnittlich 60 % verringert (CONANT et al. 2005). Als weitere Richtlinie kann somit angeführt werden, dass die dadurch stattfindenden Mineralisationsprozesse, ausgelöst durch Sauerstoffzufuhr und schlechtere Wassersättigung, immer als negative Prozesse im Sinne des Kohlenstoffrückhaltes zu bewerten sind. Sehr ausführliche Angaben für Deutschland finden sich im «Nationalen Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar» (UBA 2020).

Die Umwandlungen von Grünland in Wälder durch Aufforstung oder von Wäldern in Offenland durch Rodung müssen dagegen standortabhängig immer kritisch hinterfragt und geprüft werden. Dabei sind die damit verbundenen klimatischen Auswirkungen immer auch kritisch gegen die dabei auftretenden Biodiversitätsveränderungen abzuwägen. Bei einem Vergleich der Klimarelevanz von Wäldern und Grünländern wird neben den standörtlichen Parametern auch die Bewirtschaftung entscheidend sein. Eine intensiv bewirtschaftete Vielschnittwiese zur Erzeugung von proteinreichem Grünfutter für Milchhochleistungskühe wird in der Klimabilanz schlechter abschneiden als ein nachhaltig bewirtschafteter, standortgerechter Mischwald. Aber vergleicht man eine Mutterkuh-Weidehaltung mit autochthonen alten Rinderrassen mit einem fichtendominierten Altersklassenwald, wird die Weide trotz der vorhandenen Methanemission durch die Rinder in ihrer Klima- und Biodiversitätsbilanz besser abschneiden als der Wald.

Wie LUICK et al. (2021 a, 2021 b) aber sehr detailliert aufzeigen, wird die selten hinterfragte Klimaleistung von Wäldern durch die kurzlebigen Holzprodukte (zum Beispiel Papier, Pappe, Kartonagen, Paletten) und die thermische Holzverwertung deutlich überschätzt. Auch ist die Fähigkeit zur Kohlenstoffspeicherung von Nutzwäldern stark von der Bewirtschaftung und Schadereignissen abhängig und wird daher die prognostizierte Senkenleistung nicht im erhoff-

ten Umfang leisten können. Luick et al. (2021 b) fordern daher, gerade die wenig verbliebenen Reste europäischer Urwälder und Naturwälder zu sichern, Prozessschutzflächen zum Biodiversitätsschutz weiterhin in die deutschen Wirtschaftswälder zu integrieren sowie explizit die klimabilanziell positiven Ökosystemleistungen von Wäldern zu erhalten und zu stärken. Die Autoren wenden sich eindeutig gegen das unreflektierte «Narrativ von der Klimaneutralität der Ressource Holz» und regen zu differenzierten Bewertungen an.

Aber auch grünlandbasierte landwirtschaftliche Betriebe können trotz ihrer hohen potenziellen Kohlenstoffspeicherkapazität (vergleiche Abbildung 15) nicht unreflektiert als klimafreundlich angesehen werden. Auch hier gilt es, die Nutzungsformen differenziert zu betrachten und diejenigen zu identifizieren, die sowohl die grünlandtypische Biodiversität erhalten, als auch durch Humusaufbau maßgeblich zur Kohlenstoffspeicherung beitragen. Aktuell sind etwa 90 % des Grünlandes Vielschnittwiesen, die mit 4 bis 5 (in guten Jahren auch 7) Schnitten, regelmäßiger Nachsaat und intensiv gedüngt fast ausschließlich der Silageherstellung dienen. Großflächig mit riesigen Kreiselmähwerken (Flächenleistungen von bis zu 200 ha am Tag) gemäht, erklärt sich schnell, warum diese Wiesen heute frei von Großinsekten, Amphibien und Grünlandvögeln sind. Zweischürige Wiesen mit Heu- und Öhmdernte existieren eigentlich nur noch im Kontext von speziellen, naturschutzorientierten Agrarförderungen. Beispielsweise sind die enormen Steigerungen der Milch- und Fleischleistungen der letzten Jahrzehnte nur zu geringem Anteil auf Zuchterfolge zurückzuführen, sondern werden maßgeblich durch Futteroptimierung und Kraftfuttergaben erreicht (Bosshard 2019). Diese kommen von Vielschnittwiesen und Äckern, werden zum wesentlichen Teil nach Europa importiert und sind daher negativ für die Klimabilanz dieser Bewirtschaftungsform. In der Klimabilanz der modernen Milchhochleistungsbetriebe darf nicht nur die Speicherfähigkeit des bewirtschafteten Grünlandes positiv bewertet werden, ebenso sind die Emissionen der Herstellung, Verarbeitung und des Transportes der Kraftfuttergaben zu berücksichtigen. Zudem zeigen intensiv gedüngte, vielschürige Saatgrünländer ebenso wie gedüngte Äcker deutlich höhere Lachgasemissionen als beispielsweise extensiv beweidete Prärieweiden (Liebig et al. 2010). Bei extensiver Weidehaltung und Ernährung der Rinder ausschließlich mit Gras und Heu und bei Bilanzierung aller Produktionsschritte zeigt sich jedoch, dass diese rein grünlandbasierte Rinderhaltung trotz der häufig dargestellten Methanemissionen der Wiederkäuer aufgrund der dauerhaft und kontinuierlich ablaufenden Kohlenstoffbindung durch Humusaufbau klimapositiv ist, wie Idel (2016) fundiert und detailreich darlegt.

Somit bietet auch das Narrativ «Vegane Ernährung schont das Klima» hervorragende Diskussionsanlässe für den Unterricht und ist Anregung für differenzierte Bewertung. Wenn Tierfutter für Wiederkäuer vom Acker kommt oder extensives Grünland für die Erzeugung vegetarischer Lebensmittel in Ackerland umgebrochen wird, hat sowohl das Verhalten der Fleischesser als auch das Verhalten der Veganer eine negative Klimabilanz.

Trotz oder gerade wegen der irreführenden Narrative bieten diese eine gute Möglichkeit, scheinbar einfache und klar formulierte Aussagen kritisch zu hinterfragen und die SuS zu einer eigenen Meinungsbildung anzuregen. An gut aufgearbeiteten Beispielen, die heterogene Betrachtungen und Sichtweisen zulassen, können Wege aufgezeigt werden, wie pauschale Aussagen gezielt hinterfragt und recherchiert werden können.

1.6 Konsequenzen für den Unterricht

Als Konsequenzen aus den vorangegangenen Erläuterungen für den Unterricht sollten die folgenden Aspekte von den Lehrenden berücksichtigt und – soweit vom LehrplanPLUS gefordert – von den Lernenden verstanden und umgesetzt werden.

(Anmerkung: Genannte Inhalte und Kompetenzen, die in Jahrgangsstufe 8 noch nicht zu vermitteln sind, werden hier ausdrücklich nur als propädeutische Leitlinie für die Lehrenden verstanden.)

- Der Fachbegriff Biodiversität (biologische Vielfalt) ist vollumfänglich, das heißt unter Berücksichtigung der drei Ebenen Genetische Vielfalt, Artenvielfalt und Ökosystemvielfalt zu vermitteln und zu verwenden.
- Ökosysteme sind stets dynamisch zu betrachten (vergleiche Patch-Dynamik, Patch-Mosaike, Metapopulation).
- Die ökologische Resilienz ist Grundlage für die Zustandsbewertung von Ökosystemen.
- Die ökologische Resilienz ist Grundlage für den Fortbestand der Ökosystemleistungen, die vom Menschen und allen anderen Lebewesen für ihr Überleben benötigt werden.
- Die Biodiversität der Ökosysteme ist die Basis für deren ökologische Resilienz.
- Der Mensch und sein Handeln sind sowohl als positive wie auch als negativ wirkende Faktoren für die Biodiversität der Ökosysteme zu betrachten.
- Das Shifting-Baseline-Syndrom ist zu berücksichtigen.
- Die getrennte Behandlung der Ökosysteme ist eine didaktische Reduktion. Den Lehrenden muss die Bedeutung der sie verbindenden Ökotone bewusst sein.
- Entscheidend für die Entstehung der Ökosysteme ist der Zeitraum seit dem Riss-Würm-Interglazial, unter Berücksichtigung der Einflüsse durch großer Grazer und durch die Sesshaftwerdung des *Homo sapiens*.
- Zielvorgaben für den Erhalt und die Förderung der Biodiversität sollten aus dem langen Zeitraum maximaler Biodiversität (6000 v. Chr. bis 1800 n. Chr.) abgeleitet werden.
- Kulturlandschaft und Wildnis sind nicht als Gegensätze, sondern als zwei Pole unzähliger, oft wertvoller Übergangsbereiche darzustellen.
- Die Nutzung der Ökosystemleistungen ist immer in Bezug zu den Beeinträchtigungen der Biodiversität zu betrachten und zu bewerten.
- Vereinfachende Narrative zur Klimarelevanz unterschiedlicher Landökosysteme und klimarelevanter Verhaltensweisen sind kritisch zu hinterfragen. Bei Bewertungen sollten möglichst viele Einflussfaktoren einbezogen werden.
- Neben der oberirdischen Biomasse (Vegetation) müssen immer auch die Böden als Speicher für Kohlenstoffverbindungen bewertet werden.
- Die historischen, (noch) existierenden Kohlenstoffspeicher in Mooren, Feuchtgebieten, extensiven Grünländern, naturnahen Wäldern unter anderem sind unbedingt zu erhalten, bestehende Kohlenstoffsenken zu aktivieren und neue Kohlenstoffsenken zu erschließen.
- Mineralisation organischer Böden, zum Beispiel durch Trockenlegungen und Umbruch, ist unter dem Aspekt der Klimaschädlichkeit zu vermeiden.
- Maßnahmen zur Minderung klimatischer Auswirkungen sind immer kritisch gegen die dabei auftretenden Biodiversitätsveränderungen abzuwägen.

2. Systemkompetenz kohärent im Biologieunterricht entwickeln

Gastbeitrag Prof. Dr. Ute Harms, Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und der Mathematik

2.1 Was ist Systemkompetenz?

Die Biologie ist die Wissenschaft, die sich mit den lebendigen Systemen in ihren verschiedenen Erscheinungsformen und auf verschiedenen Ebenen der biologischen Organisation, vom Molekül bis zur Biosphäre, beschäftigt. Daher sind lebende (biologische) Systeme und deren Verständnis für den Biologieunterricht wesentlich. Doch was konkret beinhaltet das Wissen über biologische Systeme?

Es lässt sich beschreiben als das Wissen über

- die **Organisationsstruktur** von Systemen: ein System (zum Beispiel ein Mischwald) besteht aus verschiedenen Elementen (zum Beispiel aus Pilzen, Pflanzen, Tieren) und Funktionseinheiten (zum Beispiel der Wurzelschicht),
- die verschiedenen **Systemebenen**, vom Molekül bis zur Biogeosphäre,
- **Wechselwirkungen** zwischen Elementen einer Systemebene und zwischen verschiedenen Systemebenen, zum Beispiel Räuber-Beute Beziehungen,
- die **Dynamik** und die **Entwicklung** von Systemen, etwa durch Eingriffe des Menschen wie Abholzung oder Aufforstung des Mischwaldes sowie
- ihre **Wechselwirkungen mit anderen Systemen**, zum Beispiel Auswirkungen der Abholzung auf angrenzende Ökosysteme.

Biologische Systeme zeichnen sich durch drei Merkmale aus: Sie sind komplex, belebt und offen. Struktur und Funktion von Systemen zu verstehen, ist die Grundlage für den Umgang mit Systemen in fachlichen und interdisziplinären Kontexten (Sommer & Harms 2010).

Aufgrund der zentralen Bedeutung des Verständnisses von Systemen in der Biologie wurde mit der Einführung der Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss im Fach Biologie das Basiskonzept System festgelegt (KMK 2005). In den Standards für die Sekundarstufe II werden Kompetenzen im Zusammenhang mit dem Systembegriff ebenfalls als wesentliche Komponenten biologischer Sachkompetenz beschrieben (KMK 2020). Im Rahmen eines kompetenzorientierten Unterrichts sollen die SuS nicht nur biologisches Fachwissen zu Elementen, Beziehungen, Aufbau und Funktion eines Systems entwickeln, sondern darüber hinaus Handlungskompetenz im Umgang mit Systemen erwerben. Diese Handlungskompetenz, die im biologiedidaktischen Forschungskontext auch als Systemkompetenz bezeichnet wird, umfasst die Fähigkeiten, die notwendig sind, um Vorhersagen für die Entwicklung von Systemen zu treffen, auf ihrer Grundlage Vorschläge für die Steuerung von Systemen zu erarbeiten und diese zu bewerten. Diese Fähigkeiten sollen es den SuS ermöglichen, systembezogene Problemlösungen zu entwickeln (KMK 2005, 2020).

Systemmerkmale		Komponenten von Systemkompetenz		Beispiele
		Teilkompetenzen	Wissen und Fähigkeiten	
System-organisation	**Elemente**	Modellbildung	Wesentliche Systemelemente identifizieren	Biozönose und Biotop; Lebewesen, Arten, abiotische Faktoren
	Beziehungen		Systemelemente durch Beziehungen in einem Bezugsrahmen verknüpfen	Nahrungsbeziehungen; Symbiose; Parasitismus; Energiefluss
	Identität		Systemgrenzen erkennen und sinnvoll ziehen Biologische Systeme als offene Systeme beschreiben	Ökosystem Wald; Ökosystem Grünland Übergang von Ökosystem Wald zu Ökosystem Fließgewässer (zum Beispiel Weichholzaue)
System-eigenschaften	**Integrität/ Emergenz**	Umgang mit System-eigenschaften	Zwischen Eigenschaften des Systems und Eigenschaften der Elemente unterscheiden	Unterschied Wald/Baum (hinsichtlich Bodenschutz, Temperaturausgleich)
	Dynamik		Dynamische Beziehungen erkennen	Positive und negative Rückkopplungseffekte im Ökosystem Wald: Zunahme von Borkenkäfern – Baumsterben
	Ursache/ Wirkung		Folgen von Veränderungen vorhersagen	Zunahme von Trockenheit führt zum Absterben von Waldflächen
			Unterschiedlich komplexe Zusammenhänge in einem System beurteilen	Rückgang des Fichtenbestands in Wäldern als Folge des Klimawandels

Tabelle 1
Zusammenhang zwischen Systemmerkmalen und den durch Unterricht zu entwickelnden Komponenten von Systemkompetenz mit Beispielen aus der Ökologie für die Jahrgangsstufe 8 des LehrplanPLUS (verändert nach Sommer & Harms 2010). Der mittlere Teil der Tabelle zeigt das Kompetenzstrukturmodell.

Die einzelnen Komponenten von Systemkompetenz lassen sich in einem Kompetenzstrukturmodell zusammenfassen. In der internationalen Forschungsliteratur werden unterschiedliche Modelle zur Systemkompetenz diskutiert, die sich im Kern jedoch sehr ähneln (vergleiche Boersma et al. 2011). Eines dieser Modelle zeigt Tabelle 1 (nach Brandstädter et al. 2012; Sommer & Harms 2010). Hier werden zwei Teilkompetenzen unterschieden, zum einen die Modellbildung, zum anderen der Umgang mit Systemeigenschaften. Diese werden abgeleitet aus grundlegenden, allgemeinen Merkmalen biologischer Systeme (siehe Tabelle 1, linke Spalten).

2.2 Systemkompetenz in den Sekundarstufen I und II im Biologieunterricht kohärent entwickeln

Systemkompetenz lässt sich also in zwei Teilkompetenzen beschreiben – die Modellbildung einerseits und den Umgang mit Systemeigenschaften andererseits. Diese erfordern wiederum verschiedenes Wissen und verschiedene Fähigkeiten (siehe Tabelle 1). Sowohl die Bildungsstandards der Sekundarstufe I als auch der Sekundarstufe II weisen den System-Begriff als zentral für den Biologieunterricht aus. Vergleicht man die systembezogenen Standards der beiden Stufen, so lässt sich feststellen, dass der Fokus in der Sekundarstufe I eher auf der Modellbildung, in der Sekundarstufe II eher auf dem Umgang mit Systemeigenschaften liegt. Hieraus kann jedoch nicht abgeleitet werden, dass die Modellbildung (zum Beispiel Systemele-

mente durch Beziehungen in einem Bezugsrahmen verknüpfen) in einem bestimmten biologischen Themengebiet nicht auch so anspruchsvoll sein kann, dass sie erst in der Sekundarstufe II behandelt werden sollte. Dies trifft beispielsweise auf die Immunbiologie zu. Das Immunsystem des Menschen erfordert aufgrund seiner großen Komplexität bereits im Bereich der Modellbildung ein hohes Kompetenzniveau bei den SuS. Andererseits kann der Umgang mit Systemeigenschaften beispielsweise in der Ökologie im Kontext eines den SuS vertrauten Ökosystems bereits in der Sekundarstufe I thematisiert werden (siehe **Kapitel 2.2.1** und **Kapitel 2.2.2**). Die Entwicklung von Systemkompetenz ist also nicht gemeint als ein Lernprozess, der entlang der einzelnen im Modell genannten Komponenten von oben nach unten linear verläuft.

Das in der Tabelle 1 abgebildete Modell beschreibt, welche Komponenten Systemkompetenz umfasst, es handelt sich hier also um ein Kompetenzstrukturmodell. Dieses sagt aber nichts aus über die Entwicklung von Systemkompetenz. Um Systemkompetenz zu entwickeln, müssen SuS kumulativ lernen. Das heißt, dass die SuS neues Wissen nicht additiv an ihr Vorwissen anknüpfen, sondern mit diesem vernetzen (siehe **Kapitel 2.2.1** bis **2.2.3**; Harms & Bünder 1999). Zuvor Erlerntes soll hierfür kontinuierlich im Unterrichtsverlauf und über die einzelnen Jahrgänge fortschreitend als Basis für das weitere Lernen – hier also für die Entwicklung von Systemkompetenz – genutzt werden. Dies setzt (1.) ein kohärentes Curriculum, (2.) eine kohärente Unterrichtsplanung (aufeinander aufbauende Sequenzierung von Unterrichtszielen und -aktivitäten innerhalb einer Unterrichtseinheit und zwischen Unterrichtseinheiten, die sich auf die Entwicklung von Systemkompetenz beziehen) und (3.) eine kohärente Umsetzung des Geplanten (Passung der konkreten Unterrichtsaktivitäten zu den in der Planung gesetzten Zielen) voraus.

Hinsichtlich der Entwicklung von Systemkompetenz ist eine curriculare Kohärenz im LehrplanPLUS für den Biologieunterricht der Klassen 5 bis 13 gegeben. In den unteren Klassenstufen steht das Systemkonzept in ökologischen Kontexten im Vordergrund; in der 10. Klassenstufe wird es auf die Humanbiologie bezogen (Atmungssystem, Herz-Kreislauf-System, Verdauungssystem; der Mensch als Teil des natürlichen Systems). In den Jahrgängen 12 und 13 geht es um dynamische Prozesse in Ökosystemen als Zusammenspiel von Umweltfaktoren und um das Zusammenspiel von Ökosystem und Mensch. Bereits in dieser Abfolge lassen sich Bezüge zu dem oben dargestellten Kompetenzstrukturmodell erkennen. Während beispielsweise in der 5. Klasse Systemelemente eines Ökosystems herausgearbeitet werden, geht es in der Sekundarstufe II darum, hier dynamische Beziehungen zu erkennen.

Vor dem Hintergrund dieser theoretischen Überlegungen soll im Folgenden anhand von Beispielen aus dem LehrplanPLUS beschrieben werden, wie eine Systemkompetenzentwicklung bis zum 8. Jahrgang (**Kapitel 2.2.1**), innerhalb des 8. Jahrgangs (**Kapitel 2.2.2**) und dann im Anschluss bis zum Ende der Sekundarstufe II (**Kapitel 2.2.3**) aussehen könnte. Zur Veranschaulichung wird hier das biologische Teilgebiet der Ökologie herangezogen, da dieses den inhaltlichen Schwerpunkt (Ökosysteme unter dem Einfluss des Menschen) in der 8. Jahrgangsstufe des LehrplanPLUS darstellt. Dabei konzentrieren sich die Ausführungen auf den Kompetenzbereich Umgang mit Fachwissen (KMK 2005) beziehungsweise Sachkompetenz (KMK 2020). Abschließend wird kurz auf die im Biologieunterricht entwickelte Systemkompetenz als Grundlage für

andere Fachgebiete eingegangen (Kapitel 2.2.4).

2.2.1 Entwicklung von Systemkompetenz zum Themenbereich Ökologie bis Jahrgangsstufe 8

Der Biologieunterricht hat sich schon immer mit Systemen auseinandergesetzt, insbesondere im Teilgebiet Ökologie mit den Ökosystemen. Was also ist neu, wenn der Ökologieunterricht nun kompetenzorientiert – wie von den Bildungsstandards vorgegeben (KMK 2005, 2020) – ausgerichtet sein soll und auch die Entwicklung von Systemkompetenz zum Ziel hat? Zum einen geht ein kompetenzorientierter Ökologieunterricht über die Vermittlung von Wissen hinaus, indem er auf Können zielt, das Wissen zur notwendigen Voraussetzung hat und zur Problemlösung nutzt. Zum anderen bleibt er nicht bei der Vermittlung von Wissen zu einem bestimmten Ökosystem stehen. Wird das Ökosystem Grünland in der 5. beziehungsweise das Ökosystem Gewässer in der 6. Jahrgangsstufe bearbeitet, so geht es auf der konkreten Ebene um das spezielle Ökosystem Grünland beziehungsweise Gewässer, das heißt die SuS lernen spezielle Aspekte genau dieser Ökosysteme kennen (siehe Kasten «Weitere Handreichungen). So war es bisher und so ist es auch weiterhin. Gleichzeitig aber geht es im Unterricht nun zusätzlich auf einer abstrakten übergeordneten Ebene um das grundlegende Systemkonzept, das die gesamte Biologie durchzieht und das über die Sekundarstufen I und II aufgebaut werden soll. Dies geschieht, indem das Systemkonzept innerhalb der Themenbereiche der Biologie kohärent entwickelt wird, die spiralcurricular in den aufeinanderfolgenden Jahrgangsstufen immer wieder vorkommen. Ein solcher Themenbereich wäre die Ökologie. Darüber hinaus wird es in den anderen Themenbereichen des Biologieunterrichts (zum Beispiel der Humanbiologie, der Zellbiologie, der Immunbiologie) aufgegriffen und auch hier nicht nur auf der Phänomen-Ebene, sondern darüber hinaus auf der Konzeptebene (Konzept System) vertieft, indem die in Tabelle 1 dargestellten Teilkompetenzen, Fähigkeiten und das entsprechende Wissen entwickelt werden. Erkenntnisse der Lernpsychologie geben Hinweise darauf, dass konzeptorientierter Unterricht für die Struktur von erworbenem Wissen und für dessen Verarbeitungstiefe eine bedeutende Rolle spielen (de Jong & Ferguson-Hessler 1996). Es wird davon ausgegangen, dass ein konzeptorientierter Biologieunterricht den SuS dabei hilft, eine vernetzte Wissensstruktur aufzubauen und so die Verarbeitungstiefe ihres Wissens zu erhöhen.

Aus Schülersicht geht es bei den Themen Grünland beziehungsweise Gewässer jeweils um zwei vollkommen unterschiedliche Themen. Neben dem konkreten Sachwissen über das Ökosystem Grünland einerseits und das Ökosystem Gewässer andererseits geht es aus der Perspektive eines kompetenzorientierten Unterrichts aber auch um die Anbahnung eines grundlegenden Verständnisses des systemischen Charakters aller von Lebewesen geprägten Naturphänomene (hier zunächst um alle Ökosysteme) und um die Entwicklung von Fähigkeiten mit diesen Systemen umzugehen (um Modellbildung und um den Umgang mit Systemeigenschaften). Dem LehrplanPLUS folgend, lernen die SuS der

Weitere Handreichungen

Die Handreichungen «Grünland entdecken – Umsetzung des Themas Grünland im Unterricht der Jahrgangsstufe 5 des Gymnasiums» und «Gewässer entdecken – Umsetzung des Themas Gewässer im Unterricht der Jahrgangsstufe 6 des Bayerischen Gymnasiums», herausgegeben von den Bayerischen Staatsministerien für Unterricht und Kultus sowie für Umwelt und Verbraucherschutz, geben für diese Ebene vielfältige anschauliche Unterrichtshinweise.

- Grünland entdecken
- Gewässer entdecken

5. Jahrgangsstufe einheimische Pflanzenarten des Grünlands und in diesem Ökosystem wirkende abiotische Faktoren als dessen Elemente kennen. Sie setzen sich mit den spezifischen Ausprägungen der abiotischen Faktoren im Grünland auseinander und erkennen so, dass diese die Zusammensetzung dieses Ökosystems bestimmen. So werden Systemgrenzen ebenso sichtbar wie die Tatsache, dass dieses System offen ist, gleichzeitig aber eine ganz eigene Identität besitzt. Außerdem wird durch den Vergleich intensiv und extensiv bewirtschafteten Grünlands hinsichtlich ihrer unterschiedlichen ökologischen und ökonomischen Eigenschaften der Mensch als von außen auf das System einwirkender Faktor ins Spiel gebracht. Dabei beschränkt sich der Unterricht jedoch in der 5. Jahrgangsstufe auf die Beschreibung der Wirkungen und analysiert noch nicht die hier stattfindenden Ursache-Wirkung-Zusammenhänge.

In der sechsten Jahrgangsstufe wird das am Beispiel Grünland erworbene Wissen und die hier erlernten Fähigkeiten (Arten erfassen, abiotische Faktoren untersuchen) transferiert auf das Ökosystem Gewässer. Damit werden Wissen und Fähigkeiten im Bereich der Modellbildung gefestigt. Indem die SuS ökologische Zusammenhänge innerhalb der Lebensgemeinschaft und zwischen Organismen und abiotischen Umweltfaktoren im Ökosystem Gewässer beschreiben, werden nun auch die Beziehungen innerhalb eines Ökosystems betrachtet. Dabei wird sich hier jedoch auf den linearen Zusammenhang von abiotischen Faktoren und Artzusammensetzung des (untersuchten) Gewässers beschränkt. Indem die SuS sich mit dem Nutzen des Ökosystems Gewässer für den Menschen auseinandersetzen, zum Beispiel als Quelle für Trinkwasser und Nahrung (beispielsweise Fische, Krebstiere), werden emergente Eigenschaften des Systems Gewässer erkennbar.

Nur das Zusammenspiel sowohl der verschiedenen Organismen miteinander (Produzenten, Konsumenten, Destruenten) als auch mit den herrschenden abiotischen Faktoren führt zu den Ökosystemleistungen des Gewässers, beispielsweise eben dem Menschen als Nahrungsquelle zu dienen. Auswirkungen, die der Einfluss des Menschen durch die Veränderung eines einzigen abiotischen Faktors auf das Gewässer hat (zum Beispiel pH-Wertveränderung des Wassers durch anthropogenen Eintrag von Stickstoff- und Schwefelverbindungen), bahnen weitere Fähigkeiten der Teilkompetenz Umgang mit Systemeigenschaften an (siehe Tabelle 1: Dynamische Beziehungen erkennen).

2.2.2 Entwicklung von Systemkompetenz im Jahrgang 8

Im LehrplanPLUS des Jahrgangs 8 liegt der Schwerpunkt auf dem Menschen als Einflussfaktor für Ökosysteme. Alle Ökosysteme sind im Laufe der Evolution entstanden. Weil der *Homo sapiens* sowohl Produkt als auch Faktor der Evolution ist, haben Menschen auch bei ökologischen Betrachtungen im Biologieunterricht eine Sonderrolle. Er ist zum einen ein Element der Ökosysteme, in denen er lebt; er ist zugleich aber auch ein Faktor, der – bewusst oder unbewusst – in sie eingreift, sie direkt und zielgerichtet manipuliert oder der sie indirekt und ungewollt beeinflusst (ein Beispiel hierfür sind die Auswirkungen des menschgemachten Klimawandels, siehe unten). Evolutionsbiologisch gesehen ist der Mechanismus, der diese Veränderungen verursacht der, dass der Mensch den Selektionsdruck in Lebensräumen (zum Beispiel durch intensive Bewirtschaftung oder durch die Verschmutzung) verändert. Im 8. Jahrgang geht es nun darum, dass SuS solche dynamischen Beziehungen zwischen dem

Emergente Systemeigenschaft

In einem System durch Zusammenwirken mehrerer Faktoren neu auftretende, neu entstehende Eigenschaft.

Menschen und einem Ökosystem erkennen, um die Entwicklung dieses Ökosystems unter dem Einfluss des Menschen von einer natürlichen Entwicklung zu unterscheiden und Folgen für das jeweilige Ökosystem vorherzusagen lernen (Eingriffe des Menschen beschreiben; Handlungsoptionen erörtern; begründete Entscheidungen für oder gegen diese Eingriffe treffen). Ging es in der 6. Jahrgangsstufe bereits um lineare Zusammenhänge, so geht es jetzt darum, sich mit komplexen Zusammenhängen in einem Ökosystem auseinanderzusetzen und diese auch zu beurteilen (ökologischer Fußabdruck; Konzept der nachhaltigen Entwicklung). Damit wird Systemkompetenz, aufbauend auf Wissen und Fähigkeiten zu Ökosystemen, die in den Jahrgangsstufen 5 und 6 erreicht wurden (Teilkompetenz: Modellbildung; siehe Tabelle 1), kohärent weiterentwickelt, indem jetzt der Schwerpunkt auf den Umgang mit Systemeigenschaften gelegt wird. Dies wird im Folgenden am Ökosystem Wald und entlang der für die 8. Jahrgangsstufe festgelegten Kompetenzerwartungen exemplarisch dargestellt.

Ökosysteme verändern sich über die Zeit. Dies trifft auf vom Menschen unberührte Ökosysteme (Wildnis) genauso zu wie auf Kulturlandschaften. Zu Letzteren gehören auch die mitteleuropäischen Wälder. Aus der Beschäftigung mit den Ökosystemen Grünland und Gewässer in den Jahrgangsstufen 5 und 6 ist den SuS bekannt, dass zur Betrachtung eines Ökosystems gehört, zunächst zu klären, welche Organismen zu diesem Ökosystem gehören und welche abiotischen Faktoren hier wirken (siehe Tabelle 1: Elemente), wie diese einzelnen Elemente miteinander in Beziehung stehen (siehe Tabelle 1: Beziehungen) und wo die Grenzen dieses Ökosystems zu ziehen sind (beispielsweise zwischen einem den Wald umgebenden Acker und dem Wald selbst; siehe Tabelle 1: Identität des Systems). Diese Kenntnisse aus dem Vorunterricht werden nun zunächst angewendet auf den Kontext der Veränderung von Ökosystemen. Ein Ökosystem verändert sich auch ohne Eingriff des Menschen. Die Betrachtung einer temporären Entwaldung durch einen Lawinenabgang in einem Bergwald, der sich selbst überlassen wird, kann als Beispiel dienen. An diesem wird die Dynamik als grundlegendes Merkmal eines Ökosystems sichtbar. Ein wichtiges Element dieser Dynamik ist der Zufall. Es unterliegt maßgeblich dem Zufall, wo die Lawine abgeht, welche Samen in den Windwurf hineingetragen werden und welche Pflanzenarten und welche Tierarten (Erkennen der Elemente des Systems) sich in Folge hier ansiedeln. Auch Waldbrände oder Sturmschäden können zu Veränderungen des neu entstehenden Ökosystems führen (Erkennen ausgewählter abiotischer Einflussfaktoren). In dem sich entwickelnden Ökosystem bilden die verschiedenen Elemente untereinander Beziehungen aus, die Systemgrenze kann verschoben werden, beispielsweise indem das sich entwickelnde System möglicherweise dem angrenzenden Ökosystem immer ähnlicher wird. All dies geschieht ohne den Eingriff des Menschen.

In einem vom Menschen genutzten Wald hingegen bleibt möglichst wenig dem Zufall überlassen. Der Mensch greift hier zielgerichtet in das Ökosystem und seine Dynamik ein, um es für bestimmte Zwecke, beispielsweise zur Holzgewinnung, zu nutzen. Dafür wird zurzeit in der Forstwirtschaft der Umbau von fichten- oder kiefern-dominierten Forsten zu Mischwäldern forciert, da diese den durch den Klimawandel bedingten Umweltveränderungen eher standhalten sollen. Damit wird das Ökosystem Wald verändert. Es werden verstärkt Laub- und klimatolerante Nadelbaumarten angepflanzt, sodass sich die Artzusammensetzung des Waldes insgesamt (Mikroorganis-

men, Pilze, Pflanzen, Tiere) sowie die Beziehungen zwischen diesen Elementen des Ökosystems verändern. Im komplexen Ökosystem Wald entwickeln sich durch Prozesse der Selbstorganisation immer wieder neue Systemeigenschaften, Strukturen und Muster, die sogenannten emergenten Eigenschaften. Durch die gezielte Veränderung des Waldes (Entwicklung der Nadelwälder zu Mischwäldern) durch den (nachhaltige Forstwirtschaft betreibenden) Menschen werden gegebenenfalls bestimmte emergente Eigenschaften des Systems verändert (neue Arten und deren Beziehungen zueinander können neue Eigenschaften des Systems hervorrufen), aber die Integrität des Ökosystems Wald wird gewahrt, sodass dieser funktionsfähig bleibt und nicht gefährdet wird. Gleichzeitig kann der Mensch weiterhin seinen Nutzen aus dem Wald-Ökosystem ziehen (Klimaregulation, Holzversorgung, Erholungsraum). Ein anderes Beispiel ist die in vielen Regionen Deutschlands auch aus wirtschaftlichen Motiven heraus angestrebte natürliche Verjüngung des Waldes. Diese ist erforderlich, um an vielen Stellen die Existenz der Wälder aufrechtzuerhalten. Zu hohe Wilddichten, beispielsweise von Rehen, können aber durch Verbiss diesen Prozess erschweren oder gar verhindern. Durch die Bevorzugung bestimmter Baumarten kann selektiver Verbiss Laubbaumarten aus dem Bestand verdrängen und so die Baumartenvielfalt verringern. Der Mensch nimmt auch hier Einfluss auf das Ökosystem Wald, indem er die Artenzusammensetzung beeinflusst. Durch die Einflussnahme auf die Artzusammensetzung der Pflanzengemeinschaft entstehen im Wald neue, emergente Systemeigenschaften ohne Veränderung der Ökosystemintegrität. Auch wenn sich bei dieser Einflussnahme die natürliche Entwicklung des Waldes verändert, so führt dieser Eingriff des Menschen gleichzeitig auch zum Schutz und zur Aufrechterhaltung von Wäldern als wesentliche Ökosysteme. Dies jedoch nur, solange der Mensch das Ökosystem durch seinen Eingriff nicht überstrapaziert. Was heißt das? Solange eine nachhaltige Bewirtschaftung des Waldes erfolgt, wird die Integrität des Systems aufrechterhalten, der Mensch bewegt sich bei seinem Eingriff innerhalb der natürlichen Emergenz des Ökosystems. In diesem Zusammenhang kann der Mensch als ein Element des Systems betrachtet werden, der dieses durch seinen direkten Einfluss zwar verändert, ihm eine andere Dynamik verleiht und gegebenenfalls auch seine Identität (etwa durch Vergrößerung oder Verkleinerung) beeinflusst, aber es in seiner Funktion bewahrt.

Anders ist dies, wenn der Mensch nicht als Element des Ökosystems agiert, sondern es durch den Menschen von außen zu indirekten Systemveränderungen kommt, die aufgrund ihrer hohen Komplexität schwer durchschaut und häufig nur schwer oder nicht mehr kontrolliert werden können. Beispiele hierfür sind die Auswirkungen des sauren Regens und des anthropogen verursachten Klimawandels, die unsere Wälder aktuell maßgeblich verändern (vergleiche unter anderem › www.lwf.bayern.de/bodenklima/baumartenwahl/015053/index.php). Diese beeinträchtigen die natürlichen Rückkopplungseffekte innerhalb des Ökosystems Wald maßgeblich, sodass das dynamische Gleichgewicht des Systems nicht mehr bewahrt werden kann. Dem Menschen entgleitet der Einfluss auf das System und es ist durch ihn nicht länger regulierbar. Im Kontext dieser Problemstellungen werden SuS mit komplexen Ursache-Wirkung-Zusammenhängen konfrontiert. Damit bieten diese Inhalte Lerngelegenheiten, sich mit den Folgen von real stattfindenden Ökosystemveränderungen auseinanderzusetzen und Zusammenhänge in einem (komplexen) System zu beurteilen (Bezug zur Bildung für nachhaltige Entwicklung). Indem rückblickend auf die Jahrgangsstufen 5 und 6 Bezüge zwischen den Ökosystemen Grünland, Gewässer und Wald ver-

gleichend hergestellt werden, können grundlegende Systemmerkmale herausgearbeitet und notwendiges Wissen und relevante Fähigkeiten im Umgang mit Systemen an dieser Stelle des Unterrichts explizit gemacht werden. Im Sinne eines fächerverbindenden Unterrichts lassen sich hiervon ausgehend Bezüge zu anderen, außerhalb der Biologie liegenden Systemen herstellen (zum Beispiel Wirtschaftssysteme). So kann die Entwicklung von Systemkompetenz, deren Grundlage innerhalb des Biologieunterrichts zur Ökologie gelegt werden kann, als Ausgangspunkt für weitere Fächer genutzt werden.

2.2.3 Entwicklung von Systemkompetenz bis zum Ende der Sekundarstufe II

In der 9. Jahrgangsstufe werden die Teilkompetenzen Modellbildung und Umgang mit Systemeigenschaften an einem den SuS weniger bewussten Ökosystem, dem Boden, weiter vertieft. Dabei werden zunehmend komplexere Zusammenhänge betrachtet. Gleichzeitig werden die Unterrichtsgegenstände auf eine abstraktere Stufe gehoben (Energiefluss, Stoffkreisläufe). Durch Fragen, die die Bedeutung des Bodens für den Menschen adressieren, werden die in der Jahrgangsstufe 8 bearbeiteten Systemmerkmale und die in diesem Zusammenhang erlangten Fähigkeiten weiter vertieft. In der 10. Jahrgangsstufe wird ein weiter Transfer von den SuS gefordert. Hier wird das Systemkonzept, das bisher ausschließlich im Kontext bekannter Ökosysteme thematisiert wurde, auf den Menschen bezogen. Diese Perspektive auf den menschlichen Körper kann zu Befremdlichkeit führen, bietet damit zugleich aber die Chance, das Systemkonzept auf eine allgemeinere Ebene zu heben und so Systemkompetenz zu fördern. In der 12. und 13. Klasse nimmt im Sinne der Wissenschaftspropädeutik und Förderung der Studierfähigkeit eine abstraktere Betrachtung von Systemen einen größeren Raum ein.

2.2.4 Systemkompetenz aus dem Biologieunterricht als Grundlage für andere Fachgebiete

Die Kompetenzsysteme zu modellieren und mit Systemeigenschaften so umgehen zu können, dass Systemveränderungen und deren Folgen vorhergesagt und beurteilt werden können, ist nicht auf die Ökologie oder auf das Fach Biologie beschränkt. Sie wird im Biologieunterricht exemplarisch entwickelt, nicht zuletzt, da lebendige Systeme auf den verschiedenen Ebenen biologischer Organisation der durchgehende Gegenstand der Biologie sind. Die im Biologieunterricht entwickelte Systemkompetenz kann von anderen Fächern aufgegriffen, genutzt und weiterentwickelt werden. Hierzu zählen beispielsweise Fächer, die sich mit Wirtschaftssystemen, Gesellschaftssystemen und politischen Systemen auseinandersetzen, aber auch die Geografie mit ihrem zentralen Thema des Erdsystems. Systemkompetenz ist eine Grundvoraussetzung dafür, die aktuellen großen globalen Herausforderungen wie den Verlust von Biodiversität, den Klimawandel oder die Entwicklung von Pandemien zu verstehen und Problemlösungen zu entwickeln. Ausgehend vom Biologieunterricht sollte diese Kompetenz im Verlauf der Schulzeit auf weitere Fächer transferiert und so gefestigt werden.

3. Themen und Unterrichtsmodule

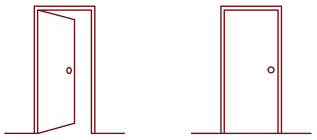
3.1 Schnelle Übersicht über die einzelnen Module

Die Unterrichtsmodule sollen von der Lehrkraft individuell ausgesucht werden. Um das richtige Modul für den eigenen Unterricht schnell zu finden, beginnt jede Beschreibung eines Moduls mit einer Symbolleiste. Diese enthält wichtige Informationen, wie nachfolgend beispielhaft erläutert wird:

Das Modul kann von Mai bis September durchgeführt werden.

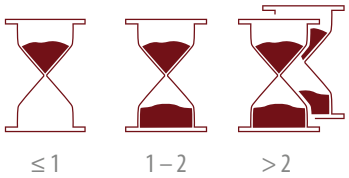


Ort



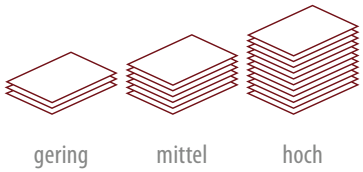
Ein Teil der Arbeiten findet im Freien, ein Teil im Klassenzimmer/ zu Hause bei den SuS statt.

Dauer Unterrichtsstunden (Us)



Der Vorbereitungsaufwand wird von jedem sehr subjektiv empfunden. Die Grafik stellt zumindest einen groben Anhaltspunkt dar, wie zeitintensiv die Vorbereitung zu einem Modul ist.

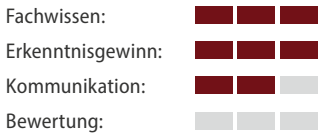
Vorbereitungsaufwand



SuS erarbeiten sich weitgehend selbstständig wesentliche Inhalte und Zusammenhänge (zum Beispiel Arteninventar)

Beobachtungen und Erkenntnisse werden in einer selbst gewählten Form dokumentiert.

Kompetenzen und Anforderungsniveau



Der Kompetenzbereich Bewertung spielt bei diesem Modul eine untergeordnete Rolle.

SuS bekommen Anregungen und Hilfestellung zu den relevanten naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen und führen diese dann selbstständig durch. Ausgehend von den Beobachtungen sollen eigene Fragestellungen und Antwortversuche formuliert werden.

HINWEIS:
Die Module enthalten Arbeitsblätter für die SuS (Kennzeichnung «**S**») sowie Informationen oder Anleitungen für die Lehrkraft (Kennzeichnung «**L**»).

3.1.1 Tabellarische Übersicht

Modul	Modulname	Zugehörige Arbeitsmaterialien	Zeitraum	Ort	Dauer	Kompetenz / Anforderungsniveau
ÖKOSYSTEME: LOKAL UNTERSUCHT – GLOBAL GEDACHT						
OS 1	**Eingriffe des Menschen in einem ortsnahen Ökosystem – eine historische Zeitreise**	**S_OS 1 Arbeitsblatt** Die Veränderung der Umwelt in den letzten 200 Jahren	unabhängig		≤ 1	F **II** E **II** K **II** B **0**
OS 2	**Eingriffe des Menschen in einem ortsnahen Ökosystem – wie viel Platz bekommt die Natur?**	**S_OS 2 Arbeitsblatt** Wie viel Raum bleibt der unberührten Natur in deinem Ort?	unabhängig		1–2	F **II** E **II** K **II** B **II–III**
OS 3	**Mein ökologischer Fußabdruck**	**S_OS 3 Arbeitsblatt** Mein persönlicher ökologischer Fußabdruck	unabhängig		1	F **II** E **III** K **II** B **II**
OS 4	**Möglichkeiten politischer Einflussnahme – Online-Konferenz**	**S_OS 4 Arbeitsblatt** Wie kann ich eine gute Frage stellen?	unabhängig		1–2	
OS 5	**Unterrichtsmaterialien zum Thema Nachhaltigkeit**		unabhängig			
WÄLDER						
WA 1	**Wälder haben vielfältige Funktionen**	**S_WA 1.1 Arbeitsblatt** Gruppenpuzzle: Texte für die Arbeit in den Expertengruppen **L_WA 1.1 Hefteintrag** Bedeutung des Ökosystems Wald für den Menschen **S_WA 1.2 Arbeitsblatt** Arbeit in der Stammgruppe **S_WA 1.3 Arbeitsblatt** Grafik – Waldfunktionen **Powerpoint-Präsentation**	unabhängig		≤ 1	F **II** E **0** K **II** B **I**
WA 2	**Der Wald als System**	**S_WA 2 Arbeitsblatt** Gestaltung des Waldes **L_WA 2 Hefteintrag**	unabhängig		1–2	F **II** E **0** K **II** B **II–III**

Modul	Modulname	Zugehörige Arbeitsmaterialien	Zeitraum	Ort	Dauer	Kompetenz / Anforderungsniveau
WA 3	**Waldsterben 2.0 – Indirekte Eingriffe des Menschen**	**S_WA 3 Arbeitsblatt** Waldschäden **L_WA 3 Hefteintrag** Indirekte Eingriffe in Ökosysteme **Powerpoint-Präsentation** Indirekte Eingriffe	unabhängig		1–2	F **II** E **0** K **II** B **II–III**
WA 4	**Wie viel Kohlenstoffdioxid bindet ein Baum?**	**S_WA 4.1 Arbeitsblatt** Wie viel Kohlenstoffdioxid speichert ein Baum? **L_WA 4.1 Schülerprodukt zum Arbeitsblatt** Wie viel Kohlenstoffdioxid speichert ein Baum? **S_WA 4.2 Arbeitsblatt** CO_2-Fußabdruck **L_WA 4.2 Schülerprodukt zum Arbeitsblatt** CO_2-Fußabdruck **L_WA 4.3 Arbeitsmaterial** Baumarten als Kohlenstoffspeicher	unabhängig	 	1–2	F **I** E **II** K **II** B
WA 5	**Baumarten der Zukunft**	**S_WA 5 Arbeitsblatt** Die Baumarten im Wald der Zukunft **L_WA 5.1** Die Baumarten im Wald der Zukunft im Porträt – Steckbriefe	unabhängig	 	≥ 2	F **II** E **II** K **II** B **II**
WA 6	**Wie würdest du entscheiden?**	**S_WA 6** Arbeitsblatt Rollenkarten	unabhängig		≤ 1	F **I** E **0** K **III** B **II**
WA 7	Wildnis und Kulturlandschaft – Urwald und Forst	**S_WA 7.1** Rollenbeschreibungen für die Fernsehdiskussion **S_WA 7.2** Faktencheck	unabhängig		≥ 2	F **I** E **II** K **III** B **II–III**
WA 8	**Nahrungsnetz Wald**	**S_WA 8.1 Arbeitsblatt** Nahrungsnetz Wald **L_WA 8.1 Schülerprodukt zum Arbeitsblatt** Nahrungsnetz Wald **S_WA 8.2 Arbeitsblatt** Fressen und gefressen werden **L_WA 8.2 Schülerprodukt zum Arbeitsblatt** Fressen und gefressen werden	unabhängig	 	≥ 1	F **II** E **II** K **II** B **II**

Modul	Modulname	Zugehörige Arbeitsmaterialien	Zeitraum	Ort	Dauer	Kompetenz / Anforderungsniveau
WA 9	**Naturwald in Bayern für Brennholz aus Rumänien?**	**S_WA 9.1 Arbeitsblatt** Wie viel Holz darf ich nutzen? **L_WA 9.1 Schülerprodukt zum Arbeitsblatt** Wie viel Holz darf ich nutzen?	unabhängig	 	1	F **II** E **III** K **II** B **0**
WA 10	**Annas Bäume – eine digitale Schnitzeljagd durch den Wald**	**L_WA 10** QR-Codes für die Rallye	Mai–Jul		1	F **I** E **I** K **I** B **0**
WA 11	**Exkursion: Spuren im Wald**	**Bestimmungsvorlage für SuS (1× je Gruppe)**	Mär–Nov		≥ 2	F **I** E **I** K **I** B **I**
WA 12	**Exkursion: Lebendiges Totholz**	**L_WA 12.1** Liedtext «Kanon der Pilze» **L_WA 12.2** Bestimmungsschlüssel Totholzbewohner für je 3 SuS **Anlage 1** Walddomino	Apr–Okt		1–2	F **II** E **II** K **II** B **II**
WA 13	**Pilzbiotopkartierung**	**Anlage 2** Pilze	unabhängig		1–2	F **II** E **II** K **I** B **II**

AGRARLANDSCHAFTEN

Modul	Modulname	Zugehörige Arbeitsmaterialien	Zeitraum	Ort	Dauer	Kompetenz / Anforderungsniveau
AG 1	**Vergleich von extensiv und intensiv genutzten Wiesen**	**S_AG 1.1 Arbeitsblatt** Wiesen am Ende des Winters **L_AG 1.2** Mit Barber-Fallen bodenaktive Tiere fangen **S_AG 1.3 Arbeitsblatt** Vergleich von extensiv und intensiv genutztem Grünland	Apr–Aug Sep–Okt	 	≥ 2	F **II** E **III** K **I** B **0**

Modul	Modulname	Zugehörige Arbeitsmaterialien	Zeitraum	Ort	Dauer	Kompetenz / Anforderungs-niveau
AG 2	**Veränderung der Agrarlandschaft – Beispiel Rebhuhn**	**S_AG 2.1 Arbeitsblatt** Veränderungen der Landschaft am Beispiel des Rebhuhns **S_AG 2.2 Material 1** Info-Text – Das Rebhuhn **S_AG 2.3 Material 2** Flurkarte der Gemeinden X, Y und Z **S_AG 2.4 Material 3** Bestandsentwicklung des Rebhuhns (*Perdix perdix*) **S_AG 2.5 Material 4** Das Rebhuhn in Deutschland **S_AG 2.6 Material 5** Der Feldhase (*Lepus europaeus*) – auch ein Bewohner offener Agrarlandschaften? **L_AG 2.7 Lösungsvorschlag**	Sep–Aug		1–2	F **I** E **II** K **II** B **0**
AG 3	**Bauer sucht Biodiversität: Planspiel auf dem Biodiversitäts-Hof**	**L_AG 3.1 Kopiervorlage** Kärtchen zur Gruppeneinteilung **S_AG 3.2 Arbeitsblatt** Planspiel **S_AG 3.3 Kopiervorlage** Kopiervorlage zu den Maßnahmensymbolen **L_AG 3.4 Kopiervorlage** Feldstückskarte **L_AG 3.5 Kopiervorlage** Biodiversitäts-Siegel	unabhängig		≥ 2	F **II** E **II** K **II–III** B **III**
AG 4	**Tierische und pflanzliche Siedler: Neobiota**	**S_AG 4.1 Foto-Quiz** Neubürger oder schon lange da? **L_AG 4.1 Lösung zum Foto-Quiz** Neubürger oder schon lange da? **S_AG 4.2 Arbeitsblatt** Recherchiere einen bayerischen Neubürger **S_AG 4.3 Arbeitsblatt** Bedrohtes Langohr mit praktischem Beutel für die Eier: Warum der Oster-Bilby in Australien den Osterhasen ersetzte	unabhängig	 	1–2	F **I** E **I** K **II** B **I**

Modul	Modulname	Zugehörige Arbeitsmaterialien	Zeitraum	Ort	Dauer	Kompetenz / Anforderungsniveau
AG 5	**Krähenvögel und Mensch – eine wechselvolle Beziehung**	**S_AG 5.1 Arbeitsblatt und Exkursionsanleitung** **S_AG 5.2** Materialien zur Saatkrähe	Feb–Jul	 	1–2	F **I** E **II** K **II** B **I**
AG 6	**Ökosystem Kuhfladen**	**L_AG 6.1** Häufige Insekten auf Kuhfladen **S_AG 6.2 Arbeitsblatt** Ökosystem Kuhfladen	Mai–Jul Sep–Okt		≥ 2	F **II** E **II** K **I** B **0**

MOORE

MO 1	**Die Entstehung und Veränderung von Mooren – eine Zeitreise**	**L_MO 1.1 Kopiervorlage für Zeitreise** Geschichte der Moore **L_MO 1.2** Zeitreise Bilder	unabhängig		≤ 1	F **II** E **0** K **II** B **0**
MO 2	**Mosaik im Wandel**	**S_MO 2.1 Arbeitsblatt** Mosaik im Wandel	unabhängig		≤ 1	F **I–II** E **0** K **I** B **0**
MO 3	**Zukunft des Dirnhofer Filzes – ein Planspiel**	**L_MO 3.1** Regieplan **L_MO 3.2** Vorschläge zur Zukunft des Dirnhofer Filzes und schriftliche Statements **S_MO 3.3** Vorbereitende Hausaufgabe **S_MO 3.4 Arbeitsblatt** Reflexion des Planspiels und rechtliche Situation	unabhängig		≥ 2	F **II** E **I** K **III** B **II**
MO 4	**Die Moorexkursion**	**S_MO 4.1** Forscherheft Moor-Exkursion **L_MO 4.1 Lösungsvorschlag** Forscherheft zur Moor-Exkursion	Mai–Sep		≥ 2	F **II** E **III** K **I** B **0**
MO 5	**Gartenerde kaufen oder Kompost selber machen?**	**S_MO 5.1 Arbeitsblatt** Gartenerde kaufen oder Kompost selber machen? **L_MO 5.1 Lösungsvorschlag** Gartenerde kaufen oder Kompost selber machen?	unabhängig		≤ 1	F **I–II** E **II** K **II–III** B **0**

3.2 Ökosysteme: lokal untersucht – global gedacht

3.2.1 Einführung

Die Module in diesem Bereich dienen als Rahmen für die Beschäftigung mit dem eigentlichen Ökosystem und sollen die Arbeit in der unmittelbaren Schulumgebung unterstützen beziehungsweise ermöglichen.

Ziel der ersten beiden Module ist die Auseinandersetzung der SuS mit ihrer direkten Umgebung. Als digitales Tool wird dabei der browsergestützte BayernAtlas verwendet, mit dessen Hilfe viele Informationen leicht abgerufen und visualisiert werden können.

Die starke Ausdehnung der Siedlungsräume und die Eingriffe in die Umwelt des Menschen in den letzten 200 Jahren und der Veränderung der Landschaftsstruktur (vor allem bei Gewässern, Mooren, aber auch der Wiederaufforstung von Wäldern und dem Ausbau der Infrastruktur) werden mit Hilfe historischer Karten sichtbar und lassen die SuS erahnen, wie stark der Mensch Einfluss auf seine Umwelt ausübt (Modul OS 1).

In Modul OS 2 soll zum einen ein Überblick über die momentanen Verhältnisse in der Umgebung der SuS gezeigt werden; zum anderen soll ein zu untersuchendes, leicht erreichbares Ökosystem möglichst genau charakterisiert werden. Mit den daraus resultierenden Ergebnissen kann das ausgewählte Ökosystem im Freiland untersucht werden.

Allgemein muss darauf hingewiesen werden, dass die im BayernAtlas ausgewiesenen Naturräume (Reiter Umwelt, Unterpunkt Natur) verschiedene Schutzstufen sowie Ansprüche an den Naturschutz haben und ganz unterschiedliche Ziele verfolgen. Eine Kurzerläuterung lässt sich durch das Symbol i neben dem jeweiligen Kartensymbol aufrufen. Eine genauere Erläuterung folgt unten. Für die Bearbeitung von Modul OS 2 sind die Informationen der Biotopkartierung am aussagekräftigsten. Bei der Flachland-Biotopkartierung sind alle Lebensräume in Bayern aufgeführt, die in Bayern mit Hilfe der Biotopkartierung erfasst wurden. Dies müssen nicht unbedingt naturschutzrechtlich geschützte Gebiete sein. Bei der Stadtbiotopkartierung sind auch interessante Parkanlagen und wertvolle Kleinflächen einbezogen. Wenn ein biotopkartierter Lebensraum angewählt wird, öffnet sich ein Fenster mit zusätzlichen Informationen (Zusammensetzung der Flächen mit Aufschlüsselung, Artenliste inklusive Rote Liste). Genaue Einzelheiten konnten bisher über FIN-Web eingesehen werden. Da das Programm aber auf Java basiert und immer weniger Browser Java unterstützen, ist diese Option immer weniger zu nutzen. Die Daten werden aber in den BayernAtlas (Umwelt) eingepflegt. Wann darauf zugegriffen werden kann, steht aber zum Redaktionsschluss noch nicht fest. Eine Artenliste kann auch unter Link 1 abgerufen werden:

Unter dem Reiter Natur befinden sich noch europäisch geschützte Natura 2000-Gebiete, welche der FFH-Richtlinie beziehungsweise der Vogelschutzrichtlinie (SPA-Gebiete; im Menü weiter unten) unterliegen.

Die Artenlisten der Natura 2000-Gebiete können unter Link 2 abgerufen werden. Dabei kann hierarchisch vom Regierungsbezirk bis zum einzelnen Natura 2000-Gebiet gesucht werden.

Eine weitere Kategorie sind die Naturschutzgebiete. Dies sind Gebiete von nationaler Bedeutung und zum Teil mit strengen Regeln belegt. So kann es sein, dass es in Naturschutzgebieten

Link 1:
www.lfu.bayern.de/natur/sap/arteninformationen/

Link 2:
www.lfu.bayern.de/natur/natura2000/browse/index

Wegegebote oder sogar Betretungsverbote gibt; das muss bei der Exkursionsplanung berücksichtigt werden.

Die weiterhin ausgewiesenen Naturwälder und Nationalparks haben nur einen begrenzten Flächenumgriff und sind deswegen für den Unterricht nur für sehr wenige Schulen von Bedeutung.

Die Gebiete, die als Naturpark und Biosphärenreservat ausgewiesen sind, haben den Naturschutz weniger stark im Fokus. Naturparks sind touristisch interessante Gebiete, Biosphärenreservate sollen nachhaltig entwickelt werden; in diesen Gebieten können aber auch naturschutzrelevante Bereiche liegen.

Landschaftsschutzgebiete dienen zur Erhaltung von bestimmten Landschaftsformen. Sie sind vor allem im Baurecht wichtig und Naturschutz ist nicht das primäre Ziel.

Die SuS verstehen durch die Untersuchung, dass durch Einfluss des Menschen die Biodiversität in großen Flächen verschlechtert wird, es aber auch positive Einflüsse auf ein Ökosystem gibt. So gibt es Schutzgebiete, in denen die Biodiversität und das Überleben der Arten nur durch den Eingriff der Menschen gewährleistet ist und deshalb eine angepasste Nutzung für den Erhalt der Artenvielfalt erforderlich ist. Dazu gehören zum Beispiel Streuwiesen und Streuobstwiesen, die nur durch regelmäßige Mahd offengehalten werden müssen und vor einer Verbuschung geschützt werden.

Die ersten beiden Module müssen vor der Verwendung durch die Lehrkraft angepasst werden (vergleiche den jeweiligen Vortext), da die Kartenausschnitte je nach Einzugsgebiet der Schulen sehr unterschiedlich sein können. Wenn der Einzugsbereich der Schule sehr groß ist, werden die SuS je nach Wohnort zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Bei der Besprechung dieser Module kann dann auch nur exemplarisch vorgegangen werden. Im Anschluss ist eine Exkursion zu einem der Schule möglichst nahen, geeigneten Gebiet wünschenswert, das von der Klasse besucht und untersucht werden kann. In der Regel wird es sich dabei um kein Naturschutzgebiet oder FFH-Gebiet handeln, wichtig ist aber, dass die SuS dabei den Einfluss des Menschen auf das Gebiet und eventuell auf die Artenvielfalt erkennen. Vor allem in den Städten wird die Biodiversität oft höher sein als in einem von der Agrarindustrie geprägten Umfeld. Informationen dazu gibt es ebenfalls im BayernAtlas unter der Biotopkartierung Stadt.

Im Anschluss an die konkrete Arbeit am Ökosystem können die weiteren Module (**OS 3** und **OS 4**) zur Betrachtung auf globaler Ebene verwendet werden. Die SuS erhalten in **Modul OS 3** eine Rückmeldung zu ihrem persönlichen Lebensstil. Dazu erstellen sie mit Hilfe der angegebenen Internetseiten jeweils ihren eigenen ökologischen Fußabdruck oder den CO_2-Abdruck.

Beide Berechnungen messen dabei unterschiedliche Faktoren und sind nur begrenzt miteinander zu vergleichen. Beim ökologischen Fußabdruck wird eine Fläche bemessen, die den entsprechenden Ressourcenverbrauch (Bedarf für die Produkte des Menschen und seinen Abfall) der Person in einem Flächenmaß wiedergibt. Dabei werden natürlich viele Vereinfachungen getroffen, die auch zu Kritik am ökologischen Fußabdruck führen. Als Kritikpunkt gilt die Reduktion auf diese eine Kenngröße, die andere Faktoren der Nachhaltigkeit (zum Beispiel Wasserverbrauch, giftige Abfälle, Atommüll) nicht berücksichtigt. Der Vorteil des Systems ist jedoch, dass diese Berechnung sehr leicht verständlich ist, da sie sehr gut visualisiert und kommuniziert werden

kann. So können damit auch verschiedene Regionen und Länder gut verglichen werden. Wegen der guten Kommunizierbarkeit (auch für Laien) kann der ökologische Fußabdruck vor allem als «Warnmechanismus» gute Dienste leisten.

Der CO_2-Abdruck (CO_2-Bilanz) kann nicht nur für Personen und andere Lebewesen (zum Beispiel Haustiere), sondern auch für Wirtschaftsprodukte, Dienstleistungen und Events (zum Beispiel auch den eigenen Urlaub) berechnet werden. Er stellt eine Weiterentwicklung des ökologischen Fußabdrucks dar und misst wesentlich differenzierter. Durch den CO_2-Abdruck können auch einzelne Aktionen verglichen und damit abgeschätzt werden. Dies kann der ökologische Fußabdruck nicht leisten. Allerdings ermittelt auch der CO_2-Abdruck keinen Ressourcenverbrauch wie zum Beispiel Landverbrauch. Dazu benötigt es genauere Berechnungen wie etwa die Ökobilanz. Der CO_2-Abdruck wird aber in den letzten Jahren im Rahmen der Klimadiskussion immer bedeutender und wird auch zur Beurteilung der Klimarelevanz von Unternehmen und Verwaltungen eingesetzt.

Diese Einheit unterstützt auch die prozessbezogene Kompetenz der Erkenntnisgewinnung, da die verschiedenen Internetseiten mit verschiedenen Modellen arbeiten (vergleiche oben). Die daraus folgende unterschiedliche Genauigkeit der Modelle wird auch durch die letzten Fragen thematisiert, soll auf alle Fälle diskutiert werden und stellt eine wichtige Kompetenzerwartung aus dem Lernbereich 1 dar.

Da alle Module auf digitalen Werkzeugen aufbauen, können sie flexibel im Präsenzunterricht oder als Hausaufgabe eingesetzt werden.

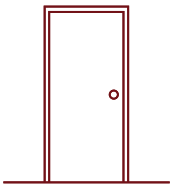
Die letzten beiden Einheiten zeigen Möglichkeiten auf, wie SuS selbst durch ihr Konsumverhalten oder auf politischer Ebene (wie im Lehrplan gefordert) Einfluss nehmen können. **Modul OS 4** zur politischen Einflussnahme benötigt bei der Vorbereitung mehr Ressourcen als ein vorbereitetes Rollenspiel, dafür hat es den großen Vorteil, dass die SuS erfahren, dass sie ihre Meinung, Kritik und Fragen auch direkt an politische Entscheidungsträger weiterleiten können. Damit dieses Modul gelingt, benötigt es sicher die Unterstützung der Lehrkraft; wenn aber mehrere Klassen die Veranstaltung gemeinsam durchführen, kann die Arbeit auf mehrere Klassenlehrkräfte verteilt werden. Eine Zusammenarbeit mit der lokalen Presse wird sicher auch von allen Entscheidungsträgern geschätzt.

Da im Themenbereich Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) in den letzten Jahren viele Materialien entwickelt wurden, sind in der abschließenden Lehrerinformation Projekte aufgelistet, die das Thema nachhaltige Entwicklung in unterschiedlichsten Varianten aufgreifen. Neben kurzen Aufgaben als Hausaufgaben sind auch Stundenentwürfe zu globalen Stoffströmen und Konsumverhalten (etwa die BNE-BOX der LMU) bis hin zu Projektvorschlägen angegeben. Diese können beispielsweise auch bei Projekttagen umgesetzt werden, bei denen der Klassenverband aufgelöst wird beziehungsweise mehrere Lehrkräfte zusammenarbeiten können. Bei den Quellen handelt es sich um Institutionen und Vereine, die ihre Materialien dauerhaft pflegen. Trotzdem kann es sein, dass eine Einheit eventuell ausgetauscht oder vom Netz genommen wird; auf den übergeordneten Startseiten lassen sich aber auch weitere (auch neuere) Einheiten finden.

SEP OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL Aug

3.2.2 OS 1: Eingriffe des Menschen in einem ortsnahen Ökosystem – eine historische Zeitreise

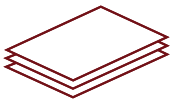
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

Grundlegende Informationen

SuS nehmen ihre Umwelt oft als unveränderlich wahr. Dass aber auch ihr Lebensraum ständigen Wandlungen unterworfen ist, müssen sie erst realisieren. Durch die Bereitstellung von historischen Karten im Internet und ständig aktualisierten Satellitenaufnahmen von ganz Bayern eröffnet sich hier die Chance, den Einfluss der Menschen auf die ganz persönliche Umgebung der SuS bewusst zu machen und zu visualisieren.

Im Arbeitsblatt S_OS 1 sollen die SuS eigenständig eine historische Karte von ihrem Wohnort mit einer möglichst aktuellen Satellitenaufnahme (zum Beispiel Google Timelapse, stellt die Veränderungen einer Region als Film dar) vergleichen und die Veränderungen, welche der Ort in den letzten zirka 150 Jahren durchlaufen hat, beschreiben. In der Regel ergeben sich beim Vergleich sehr große Unterschiede bei der besiedelten Fläche sowie der Infrastruktur. Oft sind auch Fließgewässer wesentlich gestaltet worden.

Dieser erste Einblick auf die unmittelbare Umgebung der SuS in einem historischen Verlauf sensibilisiert in zwei Bereichen:

- Die Umwelt ist nicht konstant, sondern unterliegt einer Veränderung.
- Der Mensch greift wesentlich in seine Umwelt ein und verändert sie nach seinen Vorstellungen und Bedürfnissen.

Hinweis: Die ersten Module müssen vor der Verwendung durch die Lehrkraft angepasst werden, da die Kartenausschnitte je nach Einzugsgebiet der Schulen sehr unterschiedlich sein können. Wenn der Einzugsbereich der Schule sehr groß ist, werden die SuS je nach Wohnort zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Bei der Besprechung dieser Module kann dann auch nur exemplarisch vorgegangen werden.

Materialien

- **Geoportal Bayern:** › https://geoportal.bayern.de/bayernatlas/
  Besonders interessant: Zeitreisen (zu finden unter: Thema wechseln › Zeitreise). Hier können einzelne historische Karten hintereinander abgespielt werden. Mit der Stoppfunktion können die einzelnen Karten genauer betrachtet werden. Mit einem Doppelklick auf die Karte öffnet sich ein Fenster, bei dem die Jahreszahl der ersten Karte sichtbar wird. Leider stehen erste genaue Ortskarten mit Straßen erst ab zirka 1900 zur Verfügung.
- **S_OS1 Arbeitsblatt:** Die Veränderung der Umwelt in den letzten 200 Jahren.

MATERIALIEN

- PC-Arbeitsplatz mit Internetzugang
  › BayernAtlas
- **S_OS 1 Arbeitsblatt:**
  Die Veränderung der Umwelt in den letzten 200 Jahren

Link 1:
www.lfu.bayern.de/natur/sap/arteninformationen/

Durchführung

Erklärvideo
www.youtube.com/watch?v=8WxIK8-32PQ

1. Vorbereitung durch die Lehrkraft

Wenn die SuS bereits mit dem Geoportal Bayern vertraut sind, kann die Anleitung als Hausaufgabe gegeben werden. Das sollte zu einer besseren Umsetzung auch bei unzureichender digitaler Ausstattung an der Schule führen. Ein Arbeiten am Smartphone ist beim Geoportal Bayern nur begrenzt empfehlenswert, da mit der Computermaus die Bereiche besser abgemessen werden können.

Wenn die Materialien analog zur Verfügung gestellt werden sollen, empfiehlt es sich, den Link zu den Karten als QR-Code darzustellen. Dazu können im Internet kostenfrei geeignete Apps gesucht werden.

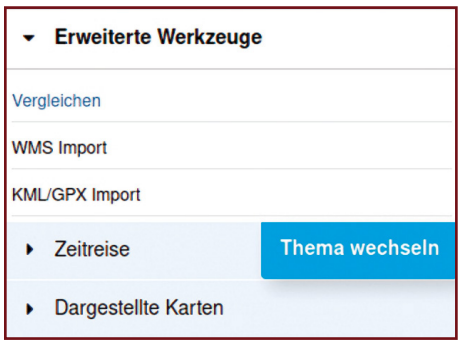
Wenn alle SuS in derselben Ortschaft wohnen, kann die Umgebung durch die Lehrkraft ausgesucht werden. Das erspart Zeit, minimiert Fehlerquellen und führt zu einheitlicheren Ergebnissen.

Öffnen Sie den «BayernAtlas» und wählen Sie in der Suchleiste Ihre Schule mit Umgebung aus.

› https://geoportal.bayern.de/bayernatlas/



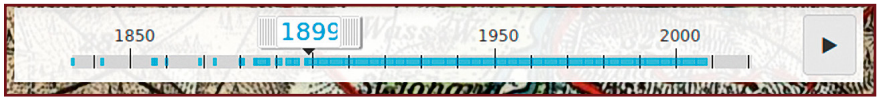
Rufen Sie unter «**THEMA WECHSELN**» die Karte «**ZEITREISE**» auf.



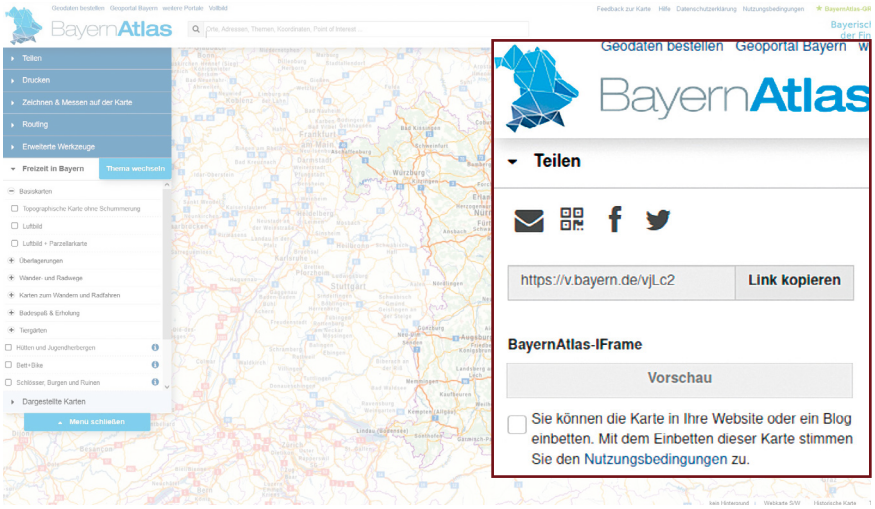
Wählen Sie im Fenster «**ERWEITERTE WERKZEUGE**» den Punkt «**VERGLEICHEN**» aus.

Wählen Sie unten rechts beim Hintergrund die historische Karte; diese bleibt dann immer rechts von der Vergleichen-Leiste stehen, während Sie links die verschiedenen Karten einspielen können.





Wählen Sie in der Leiste die verschiedenen Karten aus.



Wenn Sie Ihre Einstellungen gewählt haben, gehen Sie im Menü auf den Punkt «**TEILEN**». Sie können jetzt einen Link kopieren und Ihren SuS senden. Diese finden jetzt alle von Ihnen gewählten Voreinstellungen und können sofort mit der Arbeit beginnen.

Es können auch andere Quellen für historische Karten verwendet werden. Unter folgenden Links sind historische Karten abrufbar:

Karten der bayerischen Staatsbibliothek:

› www.bayerische-landesbibliothek-online.de/histkarten

Frühe Ortskarten:

› www.bayerische-landesbibliothek-online.de/ortsblaetter/suche%3Fbuchstabe=A.html

Hier stehen unter Umständen schon sehr frühe Ortskarten (ab zirka 1800) mit Straßenverläufen und Häusergrundrissen zur Verfügung.

Tipp: Wählen Sie den ersten Buchstaben Ihrer Ortschaft und benutzen Sie dann die Suchfunktion des Browsers auf der Seite!

3.2.2.1 S_OS 1 Arbeitsblatt:

Die Veränderung der Umwelt in den letzten 200 Jahren

Der Mensch verändert von jeher seine Umwelt. Da ein Menschenleben selten über 100 Jahre dauert, erlebt jeder Mensch aber nur eine bestimmte Zeitspanne in dem Lebensraum.

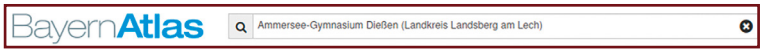
Erklärvideo:
https://youtu.be/o_QdhITTuzE

Wie interessant wäre es, wenn wir in unsere Umgebung vor langer Zeit sehen könnten? Durch die Digitalisierung stehen inzwischen allen Interessierten Einblicke in die Vergangenheit offen. In Bayern gibt es zu den meisten Ortschaften historische Karten und Bilder, die einen Eindruck der Umgebung im Verlauf der letzten 150 Jahre (manchmal auch wesentlich länger) geben. Wie gelangst du dorthin?

Entweder: Öffne den Link deiner Lehrkraft in einem Browser. Wechsle dann auf die nächste Seite.

Oder: Öffne mit einem Internetbrowser (möglichst an einem Computer oder Laptop, Smartphones und Tablets eignen sich für die Bedienung nicht so gut) den BayernAtlas im Geoportal Bayern:
› https://geoportal.bayern.de/bayernatlas

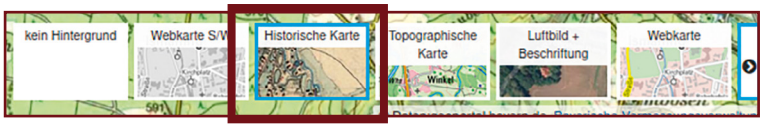
1 Suche über das Suchfenster deinen Untersuchungsraum **ODER** öffne den Link deiner Lehrkraft.



2 Stelle die von deiner Lehrkraft vorgegebene Größe des Fensters ein (Maßstab und Zentrierung beachten!).



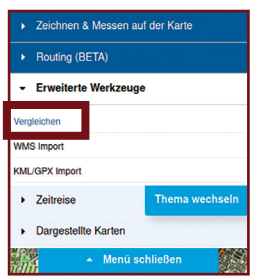
3 Wähle in der Kartenansicht rechts unten das Bild: «**HISTORISCHE KARTE**».

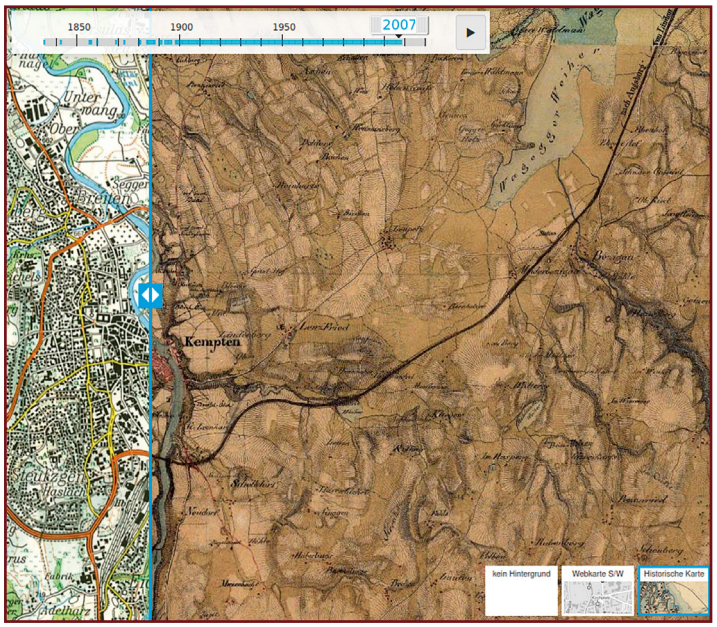


4 Wechsle jetzt unter «**THEMA WECHSELN**» auf «**ZEITREISE**».



5 Klappe in dem Menü links den Reiter «**ERWEITERTE WERKZEUGE**» auf und wähle das Werkzeug «**VERGLEICHEN**».





Nun erhältst du zwei Karten, die du mit dem Regler in der Mitte überblenden kannst. Außerdem kannst du dir in dem Balken oben verschiedene Karten heraussuchen, die du mit der ältesten Karte vergleichen kannst. Somit kannst du die Entwicklung gut nachvollziehen. Mit einem Rechtsklick auf die Karte siehst du das Jahr der Veröffentlichung, so kannst du schneller durch die Zeit navigieren.

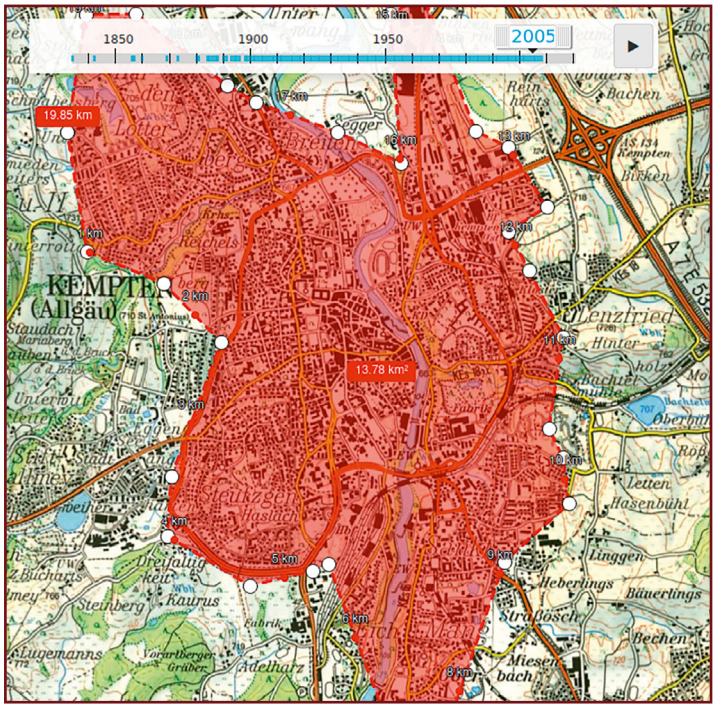
Wechsle jetzt verschiedene Karten und vergleiche sie mit der rechten, ältesten Karte. Beobachte, ab wann Änderungen in der Karte ersichtlich sind (etwa Infrastruktur wie Eisenbahn, große Straßen oder auch Eingriffe in Fließgewässer). Trage diese Veränderungen mit der Jahreszahl der Karte in die Tabelle (unten) ein.

6



Öffne nun in der Karte das Zeichentool und aktiviere die «**MESSEN**»-Funktion.

7



Ziehe nun ein Polygon über die bewohnten Gebiete in der neuesten Karte (eine grobe Umrandung reicht). Wenn du das Polygon geschlossen hast, kannst du die Fläche ablesen (hier: 13,78 km² in der Mitte des Polygons).

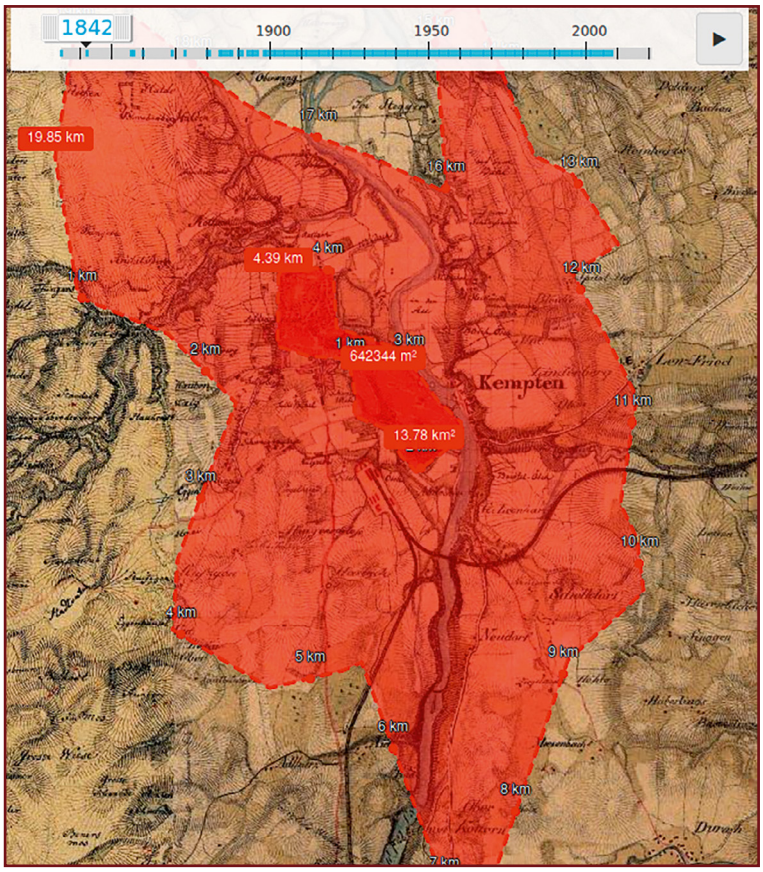
Wenn du jetzt wieder die historische Karte als Hintergrund aufrufst, hast du den direkten Eindruck, wie der Mensch in deinem Ort in den letzten 200 Jahren die Umgebung beeinflusst hat.

8

9

Mit einer neuen Messung kannst du jetzt die Fläche einer älteren Karte messen und die beiden Ergebnisse vergleichen. Ermittle den Anteil, den die Menschen in deiner Ortschaft in diesem Zeitraum durch Siedlungstätigkeit verändert haben. Teile dazu den heutigen Flächeninhalt deines Wohnortes durch den Flächeninhalt der alten Karte. Hier kannst du deinen errechneten Quotienten eintragen:

Erläutere, wie sich die vom Menschen überformte Fläche verändert hat.



Erstelle eine Tabelle in deinem Heft, in der du die Eingriffe mit der Jahreszahl, bei der sie das erste Mal in der Karte sichtbar ist, notierst.

Tabelle für deine Ergebnisse

JAHRESZAHL	EINGRIFF DES MENSCHEN

Wenn du noch weitere Eindrücke von deiner Ortschaft bekommen willst, so suche mit der Bildersuche einer Suchmaschine nach historischen Bildern oder historischen Stichen deiner Ortschaft. Notiere auch hier die augenscheinlichsten Veränderungen (Bauwerke, die schon damals standen; Wege beziehungsweise Straßen, Stadtmauern und so weiter).

Zusatz-Aufgabe

Versuche die historischen Bilder, die du gefunden hast, aus gleicher Perspektive noch einmal aufzunehmen.

SEP OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL Aug

3.2.3 OS 2: Eingriffe des Menschen in einem ortsnahen Ökosystem – Wie viel Platz bekommt die Natur?

Grundlegende Informationen

Diese Einheit ist als Anschlusseinheit zu der Einheit «Wandlung deines Ökosystems – eine historische Zeitreise» geplant. Die SuS charakterisieren eigenständig mit Hilfe des (bereits aus dem vorherigen Modul bekannten) Genportals Bayern ihre Umgebung. Dazu messen sie die Flächen verschiedener Bereiche der Nutzung mit den digitalen Hilfsmitteln aus und setzen diese in Relation zu den verschiedenen geschützten Habitaten. Dabei sehen sie Eingriffe des Menschen in beide Richtungen: Sowohl Veränderung durch intensive Land- und Forstwirtschaft, die für die Biodiversität eher negative Auswirkungen haben, als auch Renaturierungs- und Schutzmaßnahmen, mit denen die Biodiversität erhalten bleiben soll.

Im BayernAtlas werden verschiedene Schutz-Kategorien ausgewiesen, die ganz unterschiedliche Ziele verfolgen; eine Kurzerläuterung lässt sich durch das ‹i› neben dem jeweiligen Kartensymbol aufrufen.

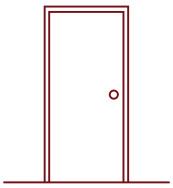
Für die Bearbeitung von Modul OS 2 sind die Informationen der Biotopkartierung am aussagekräftigsten. Bei der Flachlandbiotopkartierung sind alle Gebiete in Bayern und weitere, auch kleine naturnahe Flächen aufgeführt, deren Artenvielfalt inventarisiert wurde. Eine Jahreszahl gibt an, wie aktuell die Daten sind. In der Stadtbiotopkartierung sind auch interessante Parkanlagen eingepflegt. Wenn das Gebiet angewählt wird, öffnet sich ein Fenster mit zusätzlichen Informationen (Zusammensetzung der Flächen mit Aufschlüsselung, Artenliste inklusive Rote Liste). Genaue Einzelheiten konnten bisher über FIN-Web eingesehen werden. Da das Programm aber auf Java basiert und immer weniger Browser künftig Java unterstützen, ist diese Option immer weniger zu nutzen. Die Daten werden aber in das Geoportal Bayern (Umwelt) eingepflegt. Wann darauf zugegriffen werden kann, steht aber zum Redaktionsschluss noch nicht fest.

Eine Artenliste kann aber auch unter nebenstehendem Link 1 abgerufen werden. Im Reiter Natur befinden sich noch europäisch bedeutende Natura2000-Gebiete (nach FFH- bzw. Vogelschutzrichtlinie).

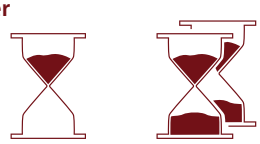
Die Artenlisten der Natura 2000-Gebiete kann unter Link 2 abgerufen werden. Dabei kann hierarchisch vom Regierungsbezirk bis zum Natura 2000-Gebiet gesucht werden.

Die weiterhin ausgewiesenen Naturwälder und Nationalparks gibt es räumlich nur in wenigen Regionen. Diese sind deshalb für den Unterricht nur für sehr wenige Schulen verwertbar.

Ort



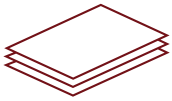
Dauer



< 1 Us Unterricht

> 2 Us Hausaufgabe

Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

MATERIALIEN

- Anleitung zur Erarbeitung durch die SuS
- **S_OS2 Arbeitsblatt:** Wie viel Raum bleibt der unberührten Natur in deinem Ort?

Link 1:
www.lfu.bayern.de/natur/sap/arteninformationen/



Link 2:
www.lfu.bayern.de/natur/natura2000/browse/index

Die Naturschutzgebiete sind von nationaler Bedeutung und vielfach mit strengem Schutzregime belegt. So kann es sein, dass es in Naturschutzgebieten Wegegebote oder sogar Betretungsverbote gibt; das muss bei der Exkursionsplanung berücksichtigt werden.

In Gebieten, die als Naturpark oder Biosphärenreservat ausgewiesen sind, hat der Naturschutz zumeist nicht die prioritäre Bedeutung. Naturparks sind touristisch interessante Gebiete, Biosphärenreservate sollen nachhaltig entwickelt werden; in diesen Gebieten können aber auch naturschutzrelevante Gebiete liegen.

Landschaftsschutzgebiete dienen (wie der Name sagt) zur Erhaltung einer bestimmten Landschaftsform. Sie sind vor allem im Baurecht relevant. Naturschutz ist nicht das primäre Schutzziel. Hier gibt es in der Regel kaum Beschränkungen der bisher praktizierten Nutzung. Auch intensive Landwirtschaft kann in der Regel fortgeführt werden.

Die SuS müssen auch verstehen, dass der Einfluss des Menschen nicht zwingend negative Einflüsse auf ein Ökosystem haben muss. So gibt es Schutzgebiete, in denen die Biodiversität und das Überleben der Arten nur durch den Eingriff der Menschen sichergestellt werden kann (zum Beispiel durch die naturschutzkonforme Nutzung alter Kulturlandschaften. Dazu gehören zum Beispiel Streuwiesen und Streuobstwiesen, die nur durch regelmäßige, extensive Mahd als arten- und strukturreiche Lebensräume erhalten werden können.

Dieser Einblick auf die unmittelbare Umgebung der SuS wirft Fragen über den Einfluss des Menschen auf und verdeutlicht auch die staatlichen Bemühungen zum Arten- und Biotopschutz.

Zusammenfassend stehen zwei Ziele im Vordergrund:

- Die SuS bemessen in ihrer Lebenswelt den Einfluss des Menschen und die Flächen, die für den Naturschutz reserviert sind.

- Die SuS erfahren in ihrer Umgebung, dass auch geschützte Flächen nicht unbedingt sich selbst überlassen bleiben, sondern auch vom Menschen gepflegt werden müssen (zum Beispiel Streuwiesen, Magerrasen).

Dass sich also Schutzgebiete und genutzte Flächen überschneiden (wenn zum Beispiel FFH-Gebiete als Streuwiesen landwirtschaftlich genutzt werden oder Naturschutzgebiete in Wäldern liegen), ist nicht zwingend ein Widerspruch. Solche Überschneidungen bieten (je nach Umgebung) Diskussionsstoff in der Gruppe.

> Hinweis: Die ersten Module müssen vor der Verwendung durch die Lehrkraft angepasst werden, da die Kartenausschnitte je nach Einzugsgebiet der Schulen sehr unterschiedlich sein können. Wenn der Einzugsbereich der Schule sehr groß ist, werden die SuS je nach Wohnort zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Bei der Besprechung dieser Module kann dann auch nur exemplarisch vorgegangen werden.

Durchführung

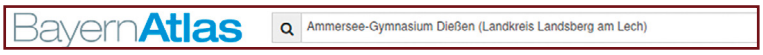
Wenn die SuS bereits mit dem BayernAtlas vertraut sind, kann die Anleitung als Hausaufgabe gegeben werden. Das sollte eine bessere Umsetzung auch bei unzureichender digitaler Ausstattung an der Schule ermöglichen. Das Arbeiten am Computer ist (zumindest für Ungeübte) im Vergleich zur Arbeit am Smartphone beziehungsweise Tablet günstiger. Im Prinzip kann aber mit beiden Systemen gearbeitet werden.

Da je nach Region die Verteilung von Flächen sehr unterschiedlich sein kann (zum Beispiel Innenstadtschule gegen Schulen an einem Naturschutzgebiet) und die SuS der Klasse vergleichbare Ergebnisse erzielen sollen, muss die Lehrkraft den Kartenausschnitt am besten selbst auswählen.

Falls unausweichliche Gründen gegen die erste Aufgabe sprechen und ein Gewässer in der Nähe ist, das im BayernAtlas erfasst ist, befindet sich am Ende noch eine Variante mit einem Fließgewässer. Die Auswahl durch die Lehrkraft muss dann entsprechend abgeändert werden.

Erklärvideo:
https://youtu.be/ogw5yVOi2vU

LEHRKRAFT: Auswahl der Umgebung



Öffnen Sie den BayernAtlas und wählen Sie in der Suchleiste Ihre Schule mit Umgebung aus. **1**



Rufen Sie unter «**THEMA WECHSELN**» die Karte «**UMWELT**» auf. **2**



Klappen Sie in dem Menü links den Reiter «**NATUR**» auf. **3**



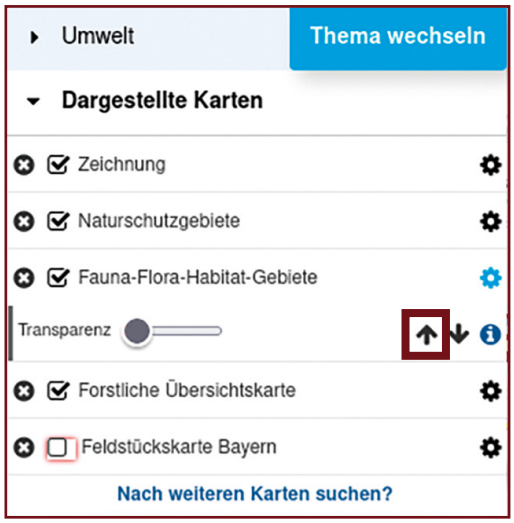
Suchen Sie im Suchfenster die «**FORSTLICHE ÜBERSICHTSKARTE**» und laden Sie diese! **4**



Suchen Sie im Suchfenster «**FELDSTÜCKSKARTE**» und laden Sie diese! **5**

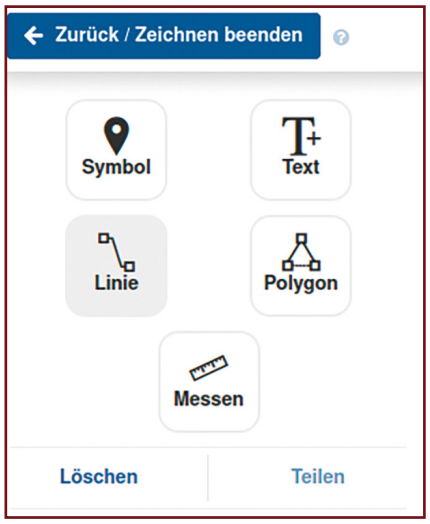
6

Laden Sie die einzelnen Karten hintereinander. Sie können dabei die Karten priorisieren: Je höher die Karte in der Spalte steht, desto höher ist auch die Ebene, in der sie erscheint. Nutzen Sie dafür die Pfeile in den Einstellungen der Karten (vergleiche rechts). Es macht Sinn, die Naturschutzgebiete und FFH-Gebiete ganz nach oben zu stellen, da sie in der Regel die geringste Ausdehnung haben und sonst unter den anderen Karten verschwinden.



7

Wählen Sie in der linken Seite das Menü «**ZEICHNEN**» und klicken Sie auf «**SYMBOL**». Jetzt können Sie mit dem Linientool das Untersuchungsgebiet begrenzen.



8

Wenn Sie das Untersuchungsgebiet abgesteckt haben und alle Karten geladen sind (das können Sie unter «**ANGEZEIGTE KARTEN**» kontrollieren), gehen Sie im Menü auf den Punkt «**TEILEN**». Sie können jetzt einen Link kopieren und Ihren SuS senden. Diese finden jetzt alle von Ihnen gewählten Voreinstellungen und können sofort mit der Arbeit beginnen.



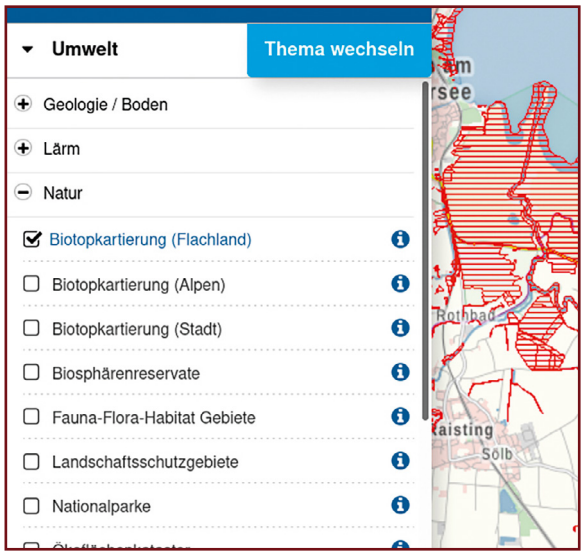
Wenn die SuS mit dem Umgang des BayernAtlas geübt sind, können auch noch weitere spannende Fragestellungen bearbeitet werden. Der Lehrkraft bietet sich eine individuelle Anpassung an die örtlichen Gegebenheiten an.

Wenn die Materialien analog zur Verfügung gestellt werden sollen, empfiehlt es sich, den Link zu den Karten als QR-Code darzustellen. Dazu können im Internet kostenfrei geeignete Apps gesucht werden.

Im Anschluss an die digitale Recherche ist eine Exkursion zu einem (von der Lehrkraft ausgewählten oder im Plenum bestimmten) Untersuchungsgebiet wünschenswert. Dabei erkennen die SuS, dass manche Vorgaben nur Zielvorgaben sind und auch Naturschutzgebiete vom Menschen genutzt werden (zum Beispiel Streuwiesen).

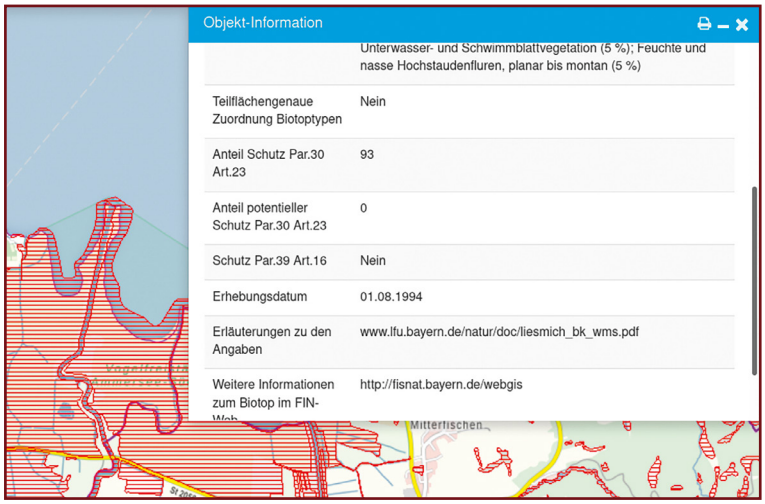
> Damit die Exkursion möglichst gewinnbringend verläuft, sollen sich die SuS mit dem anvisierten Gebiet detailliert auseinandersetzen. Dies gelingt für Vogelschutz-Naturschutzgebiete und Fauna-Flora-Habitate zum Beispiel mit nebenstehender Internetseite.

www.lfu.bayern.de/natur/natura2000/browse/index



Bei den anderen Gebieten kann die Information aus dem BayernAtlas entnommen werden. Dazu werden Karten zur Biotopkartierung ausgegeben. Man muss aber die passende Karte wählen (Stadt, Alpen oder Flachland).

9



Mit einem Mausklick erhält man auch hier die passenden Daten und kann über eine URL am Ende des Fensters noch genauere Daten erhalten.

10

3.2.3.1 S_OS 2 Arbeitsblatt:

Wie viel Raum bleibt der unberührten Natur in deinem Ort?

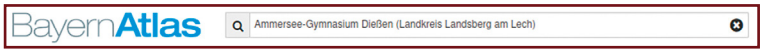
In deiner unmittelbaren Umgebung befinden sich Bereiche, die von den Menschen vollständig überformt und verändert wurden. Wie viel Raum der Mensch in deiner Umgebung der Natur überlässt und inwieweit die Eingriffe des Menschen nötig sind, um die biologische Vielfalt zu schützen beziehungsweise sie wiederherzustellen (man spricht von Renaturierung), kannst du selbst herausfinden.

Öffne mit einem Internetbrowser den BayernAtlas im Geoportal Bayern:
› https://geoportal.bayern.de/bayernatlas

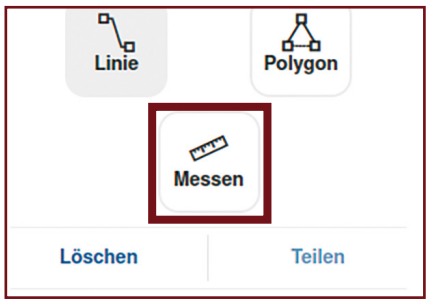
Die folgende Anleitung ist für einen Computer oder Laptop mit Maus beschrieben. Wenn du an einem Tablet oder Smartphone arbeitest, ist die Abfolge anders!

Aufgabe

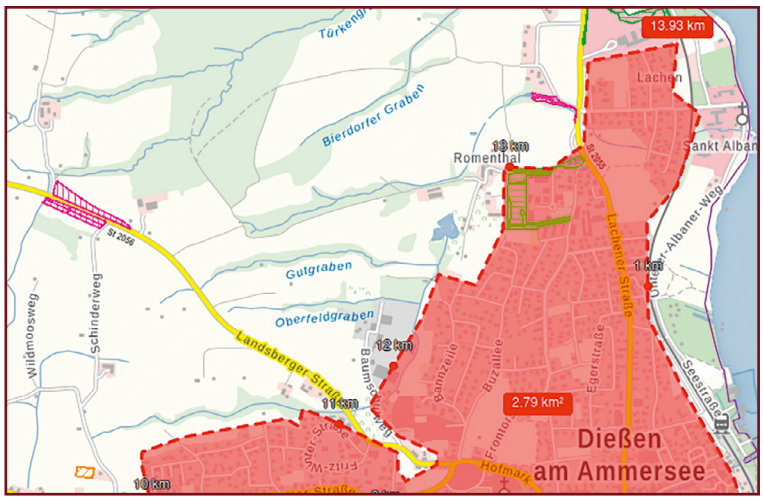
1 Öffne den Link deiner Lehrkraft in einem Browser und stelle die Karte so ein, dass du die Markierungen des Untersuchungsgebietes, die dein Lehrer bereits vorgenommen hat, gut im Fenster sehen kannst.

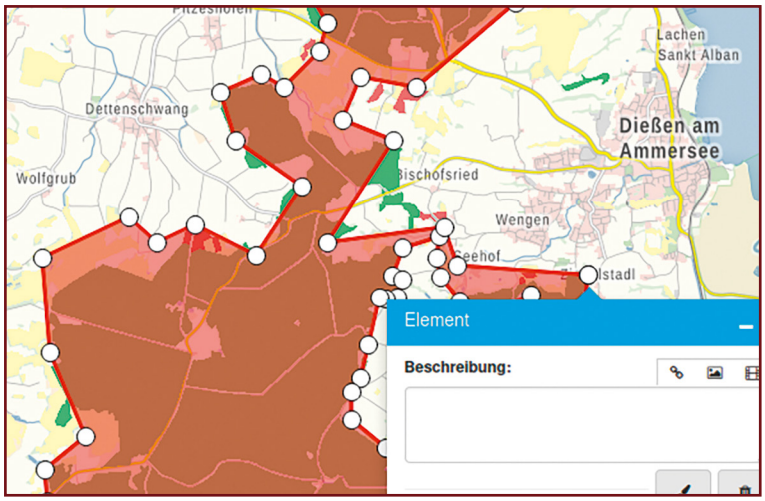


2 Öffne im Menü das Zeichentool und aktiviere die «**MESSEN**»-Funktion.



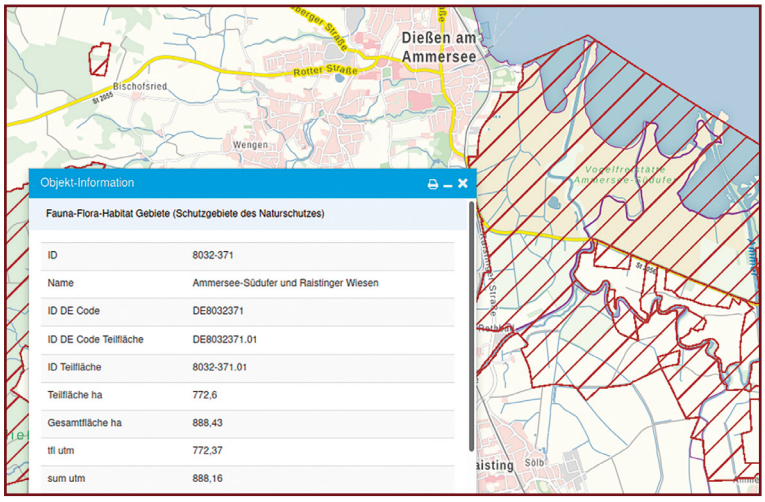
3 Umrande mit der Messfunktion die bewohnten Gebiete (eine grobe Umrandung reicht; wenn du dich vermessen hast, kannst du auch die einzelnen weißen Punkte verschieben). Wenn du das Polygon (= Vieleck) geschlossen hast, kannst du die Fläche ablesen (in der Mitte des Feldes) und den Wert in der Tabelle festhalten (= Siedlungsraum).





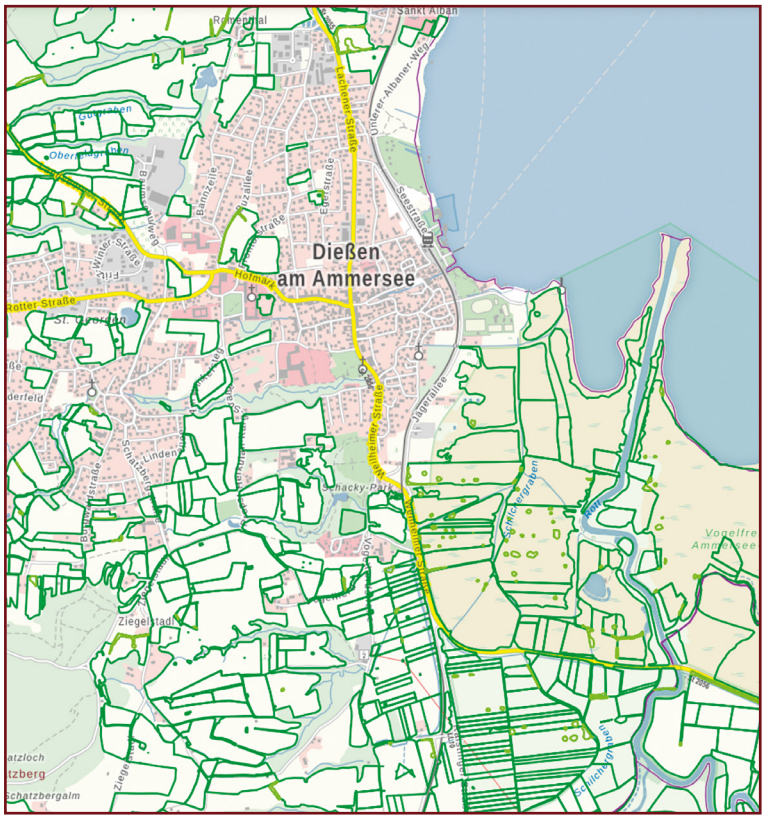
Verfahre nun mit den anderen Karten genauso, indem du die Forste und landwirtschaftlichen Nutzflächen bestimmst. Dass die Waldflächen dabei verschiedene Farben haben, muss dich nicht stören, dies sagt nur etwas über den Besitzer des Waldes aus.

4



Rufe nun die Karten «**VOGEL-SCHUTZGEBIETE**», «**NATUR-SCHUTZGEBIETE**» und «**FAUNA-FLORA-HABITATE**» (FFH) auf. Vorsicht: Die Karten können sich überschneiden! Du kannst die Fläche jetzt gleich ablesen, wenn du auf die Karte klickst. Achte bei den Flächen auf die verschiedenen Einheiten!

5



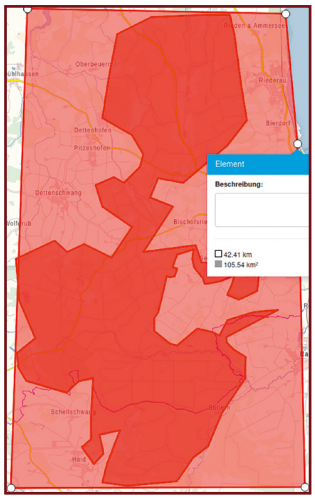
Öffne die «**FELDSTÜCKKARTE**» (dies kann auch länger dauern, da dabei sehr viele Daten geladen werden müssen). Normalerweise sind alle Flächen, die du bisher nicht markiert hast, landwirtschaftliche Flächen. In diesem Fall kannst du die landwirtschaftlichen Flächen messen, indem du von der Gesamtfläche alle anderen Flächen abziehst. Falls die Flächen in der Karte nicht angezeigt werden, kannst du sie durch heranzoomen sichtbar machen.

Falls damit in deinem Untersuchungsgebiet nicht alle Flächen bemessen wurden, musst du auch die Feldstücke ausmessen (am besten grob in einem Polygon).

Oft finden sich auch Bereiche, die sowohl in der Feldstückkarte oder der forstlichen Übersichtskarte als auch in der Naturschutzkarte vorkommen. Versuche die Gründe dafür herauszufinden, falls das in deinem Untersuchungsgebiet der Fall ist.

6

7 Bestimme zum Schluss die Gesamtfläche, die du untersucht hast, indem du den bereits markierten Kartenausschnitt mit einem Polygon markierst. Lies die Fläche ab.



Aus den von dir erhobenen Daten kannst du jetzt den Anteil der vom Menschen direkt oder indirekt beeinflussten Gebiete ermitteln. Achte unbedingt auf die Umrechnung der einzelnen Flächenmaße (ha = 10.000 m^2; km^2 = 100 ha; 1 × 10^6 m^2).
Der Einfluss des Menschen kann jetzt auch prozentual angegeben werden, indem du die einzelnen Flächen durch die Gesamtfläche teilst. Notiere dies in der letzten Spalte!

GEBIET	FLÄCHE EINZELNER GEBIETE	GESAMTFLÄCHE (in m^2)	RELATIVER FLÄCHENANTEIL (in %)
Siedlungsfläche			
Waldfläche			
Landwirtschaftlich genutzte Fläche			
Flächen für den Naturschutz			

Wenn alle Flächen zusammen 100 % ergeben, hast du alles richtiggemacht. Es können aber auch Rundungsfehler auftreten, dann liegt dein Ergebnis nicht exakt bei 100 %.

1. Falls dein Ergebnis deutlich von 100 % abweicht, suche eine Erklärung für die Abweichung!

2. Laut dem Bayerischen Naturschutzgesetz von 2019 sollen bis 2023 10 % (2027: 13 %) der Flächen in einen räumlich vernetzten Biotopverbund (Netz aus wertvollen Lebensräumen für Pflanzen und Tiere) gebracht werden; Forste und Siedlungsgebiete zählen hier nicht dazu – Vorsicht bei der Berechnung!
   Diskutiere, ob dieses Ziel schon erreicht ist.

3. Bestimmt zusammen mit eurer Lehrkraft ein möglichst gut beschriebenes Gebiet, das für euch leicht erreichbar ist und sammelt dazu möglichst viele Daten (vergleiche Tabelle unten).

4. Falls euer Untersuchungsgebiet auch in einer anderen Karte eingepflegt ist, kannst du jetzt sicher herausfinden, warum das so ist.

5. Plane jetzt eine Exkursion in das nächstgelegene Gebiet. Dazu ist es notwendig, dass du im Voraus möglichst viel über das Gebiet in Erfahrung bringst. Im Prinzip sind zwei Wege möglich:

Möglichkeit 1
Genaue Informationen über Natura 2000-Gebiete findest du unter:
› **www.lfu.bayern.de/natur/natura2000/browse/index**

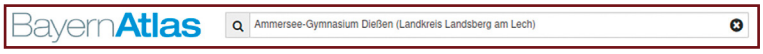
Dort kannst du über die Eingrenzung von Regierungsbezirk, Landkreis und Gemeinde das gesuchte Gebiet finden.

Möglichkeit 2
Im BayernAtlas kannst du über die Karte «Biotopkartierung» (unter dem Reiter «Natur») mit einem Mausklick Informationen über dein Ökosystem gewinnen. Du musst allerdings ein wenig suchen: Wenn dein Untersuchungsgebiet in der Stadt liegt, wähle die Stadtbiotopkartierung, sonst «Flachland» (es sei denn, du bist im Gebirge über 600 m).

Untersuche die Eingriffe des Menschen auf dein Fließgewässer.

Am besten erkennst du die Eingriffe des Menschen auf seine Umwelt bei Gewässern, da diese sehr gut dokumentiert sind.

1 Suche über das Suchfenster deinen Untersuchungsraum



2 Stelle die von deiner Lehrkraft vorgegebene Größe des Fensters ein (Maßstab und Zentrierung beachten!).



3 Wechsle jetzt unter «**THEMA WECHSELN**» auf «**UMWELT**».



4 Klappe im Menü links den Reiter «**NATUR**» auf.

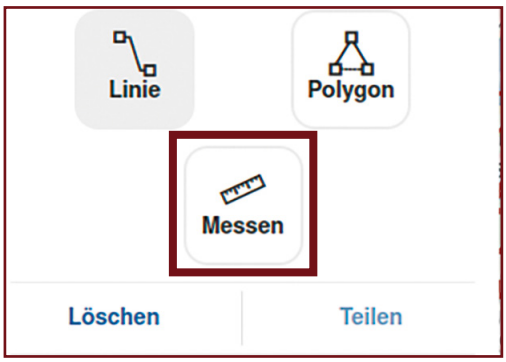


Suche dir ein Fließgewässer aus, entferne alle anderen Karten und lade die Karten Umwelt-, Wasser-, Deichlinien, Querbauwerke und Gewässerstrukturkartierung.

Eventuell musst du die Größe der Karte verändern, sodass du die farbigen Markierungen sehen kannst.

5 Zähle nun die Querbauwerke in deinem Gewässer und sieh nach, ob dein Gewässer mit Deichlinien verbaut ist.





Öffne im Menü das Zeichentool und aktiviere «**MESSEN**».

6



Markiere dein Fließgewässer mit der «**MESSEN**»-Funktion und ermittle die Gesamtlänge des Gewässers. Setze dazu einzelne Messpunkte. Wenn du am Ende deiner Messstrecke bist, beende die Messung mit einem Doppelklick.

Miss jetzt die einzelnen Farben und damit den Anteil, der jeweiligen Gesamtbewertung (findest du, wenn du auf die farbige Markierung klickst).

7

Aus den von dir erhobenen Daten kannst du jetzt den Anteil der vom Menschen direkt oder indirekt beeinflussten Gebiete ermitteln. Achte unbedingt auf die Umrechnung der einzelnen Maße.

Der Einfluss des Menschen kann auch prozentual angegeben werden. Teile dazu die Länge des Fließgewässers mit der jeweiligen Gesamtbewertung (Typ 1 [Ursprünglich] bis Typ 7 [Vollständig verändert]) durch die Gesamtlänge deines ausgemessenen Untersuchungsbereichs und trage dein Ergebnis in die letzte Spalte. Wenn die Gesamtlänge 100 % ergibt, hast du alles richtig gemacht; es können aber auch Rundungsfehler auftreten, dann liegt dein Ergebnis nicht exakt bei 100 %.

GEWÄSSERNAME	ABSCHNITTSLÄNGEN (in m)	GESAMTLÄNGE DES TYPS (in m)	LÄNGE DES GEWÄSSERS (in %)
Typ 1 Unverändert			
Typ 2 Gering verändert			
Typ 3 Mäßig verändert			
Typ 4 Deutlich verändert			
Typ 5 Stark verändert			
Typ 6 Sehr stark verändert			
Typ 7 Vollständig verändert			

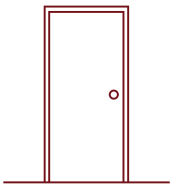
1. Falls dein Ergebnis deutlich von 100 % abweicht, suche eine Erklärung für die Abweichung!

2. Betrachte nun auch die Anzahl der Verbauungen (beispielsweise Querbauwerke oder Deiche). Ordne dein gesamtes Fließgewässer auf der Skala der Tabelle von Typ 1 bis Typ 7 ein. Begründe deine Einordnung.



3.2.4 OS 3: Mein ökologischer Fußabdruck

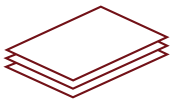
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

Grundlegende Informationen

Das Modul zum ökologischen Fußabdruck kann in der 8. Jahrgangsstufe mit zwei Schwerpunkten eingesetzt werden:

1. Die direkte Rückmeldung an die Lernenden regt zu einer Reflexion der eigenen Lebensweise an und kann so das Ziel der Nachhaltigkeit unterstützen.

2. Die Ergebnisse werden durch Modelle ermittelt. Diese Modellierung soll bewusst thematisiert werden, da die verschiedenen Modelle unterschiedliche Ergebnisse liefern.

Falls eine Datenbank (oder eine Tabellenkalkulation) über die ganze Klasse gemacht wird, kann dem einzelnen Lernenden nochmals ein Feedback über den Durchschnitt der Klasse gegeben werden. Eine einfache Möglichkeit ist, dieses Tool für die Klasse anzuzeigen.

Durchführung

Die Materialien können als Arbeitsblätter oder über eine Lernplattform (zum Beispiel «mebis») bereitgestellt werden.

Das Auswertungsblatt wird ebenfalls in die Lernplattform eingestellt. Die Aufgaben können auch als Hausaufgabe bearbeitet werden; dies empfiehlt sich vor allem, wenn die digitale Ausstattung in der Schule nicht ausreichend ist. Aufgabe 8 sollte (je nach Vorwissen) im Klassenverband besprochen werden.

Passend zu diesem Modul wurde eine datenschutzkonforme Internetseite entwickelt, die unter › **https://fussabdruck.alp.dillingen.de** zu erreichen ist. Mit Hilfe dieser Seite kann eine automatische Auswertung für alle SuS der Klasse durchgeführt werden. Natürlich ist die Auswertung auch klassisch oder mit einer Tabellenkalkulation möglich.

MATERIALIEN

- **S_OS 3 Arbeitsblatt:** Mein persönlicher ökologischer Fußabdruck
- **L_OS 3 Vorlage für das Auswertungsblatt: https://moodle-files.alp.dillingen.de/oekologie/08/os3-001.xlsx**

3.2.4.1 S_OS 3 Arbeitsblatt:

Mein persönlicher ökologischer Fußabdruck

Ermittle mit Hilfe von **zwei** der untenstehenden Seiten deinen persönlichen ökologischen Fußabdruck (beziehungsweise deine CO_2-Bilanz). Vergleiche deinen Wert mit dem deutschen und auch mit dem weltweiten Durchschnitt.

1

Brot für die Welt
› www.fussabdruck.de/fussabdrucktest/#/start/index/

2

World Wide Fund for Nature (WWF)
› www.wwf.de/themen-projekte/klima-energie/wwf-klimarechner/

3

Umweltbundesamt
› https://uba.co2-rechner.de/de_DE/

Aufgabe

1. Speichere deine Ergebnisse (zum Beispiel mit einem Screenshot).
   Du benötigst die Einzelergebnisse später zur Bearbeitung der Aufgaben.

2. Vergleiche deine Werte mit dem Bundesdurchschnitt (Reihenfolge der Seiten einhalten!) und dem weltweiten Durchschnitt.

› https://fussabdruck.alp.dillingen.de/meineklasse.html

	MEIN WERT	KLASSEN-DURCHSCHNITT	BUNDES-DURCHSCHNITT	WELTWEITER DURCHSCHNITT
Vergleich 1				
Vergleich 2				
eventuell Vergleich 3				

Bearbeite folgende Aufgaben in deinem Heft

3. Trage deine Ergebnisse in die Klassensammelliste ein. Wenn deine Lehrkraft dir dazu Links oder QR-Codes zur Verfügung stellt, nutze diese! Du musst natürlich keinen Namen dazuschreiben.

4. Beschreibe in deinen ausgefüllten Modellen Bereich(e), in denen du dich noch verbessern kannst.

5. Erläutere Maßnahmen, die du konkret umsetzen kannst, um deinen Fußabdruck noch zu optimieren beziehungsweise deinen CO_2-Verbrauch zu senken: Beachte dabei auch, was dich bei der Umsetzung der Maßnahmen hindern könnte und wie du die Hindernisse besser überwinden könntest.

6. Erläutere Maßnahmen, die deiner Meinung nach global Sinn ergeben, um den durchschnittlichen Fußabdruck noch zu optimieren beziehungsweise den CO_2-Verbrauch zu senken.

7. Vergleiche die Ergebnisse der beiden von dir durchgeführten Tests! Beschreibe Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Testaufbau.

8. Die Erkenntnisse zu deinem ökologischen Fußabdruck werden aus deinen eingegebenen Daten durch ideelle/mathematische Modelle berechnet. Betrachte nochmals den Aufbau der beiden Tests und überlege dir, wodurch die Unterschiede deiner Ergebnisse zu erklären sind!

9. Falls möglich: Trage deine Werte in die von der Lehrkraft zur Verfügung gestellten Tabelle ein.
   › https://moodle-files.alp.dillingen.de/oekologie/08/os3-001.xlsx

Die letzte Aufgabe kann (je nach Vorwissen) im Klassenverband besprochen werden:

10. Suche in den verschiedenen Fußabdruck-Modellen nach Vereinfachungen, die den Erkenntnisgewinn zu deinem Fußabdruck beeinflussen!

Anlage

Excel-Tabelle
› https://moodle-files.alp.dillingen.de/oekologie/08/os3-001.xlsx

3.2.4.2 L_OS 3 Anleitung:

Mein persönlicher ökologischer Fußabdruck

Öffnen Sie die Seite:
› https://fussabdruck.alp.dillingen.de



1

Zunächst muss die Lehrkraft im Reiter «Für Lehrkräfte» für jedes Modell eine eigene Klasse anlegen, da die SuS sich für zwei unterschiedliche Modelle/Rechner entscheiden müssen.



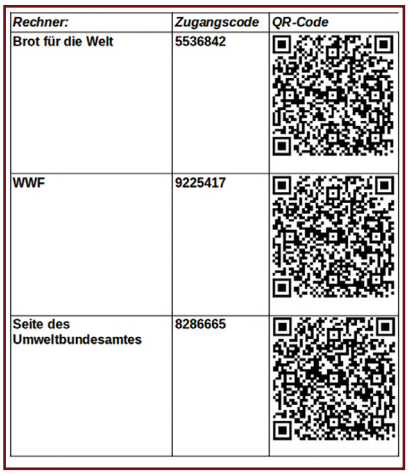
2

Jetzt kann für jedes Modell ein Code oder ein QR-Code mit Hilfe einer Bildschirmaufnahme entnommen werden, sodass das Ergebnis der SuS in das richtige Modell sortiert werden kann.



3

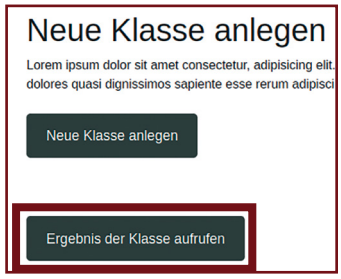
Beispielblatt zur Auswertung
Als Ergebnis kann ein Blatt ausgelegt werden, das mit drei QR-Codes den jeweilig richtigen Zugang zur Auswertung vorgibt.
Da die Auswertungsseite keine Einheiten anzeigt, funktioniert sie für alle drei Modelle.
Alle SuS geben ihre Ergebnisse ein.

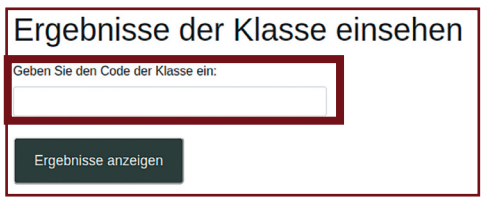


Rechner:	*Zugangscode*	*QR-Code*
Brot für die Welt	**5536842**	
WWF	**9225417**	
Seite des Umweltbundesamtes	**8286665**	

4

Zur Auswertung werden jetzt für jeden der drei Modelle die Werte aufgerufen, indem zunächst unter der Lehrerseite das Ergebnis aufgerufen wird. Dazu müssen wieder die vorher erzeugten, klassenspezifischen Codes eingegeben werden.
Die Lehrkraft kann jetzt mit dem passenden Code die jeweiligen Durchschnittswerte und die Messwertverteilung in der jeweiligen Klasse zeigen. Die SuS erhalten damit Resonanz über ihre Stellung in der Klasse und den Gesamtschnitt der Klasse.

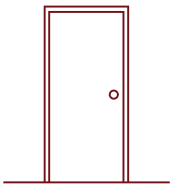




SEP OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL Aug

3.2.5 OS 4: Möglichkeiten politischer Einflussnahme – Online-Konferenz

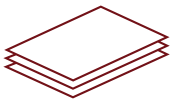
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

Grundlegende Informationen

Die SuS sollen im LehrplanPLUS «die Beeinflussung globaler Stoffströme unter dem Aspekt der nachhaltigen Entwicklung bewerten und politische und persönliche Möglichkeiten beschreiben, Einfluss auf diese Systeme zu nehmen.»

Durch die Digitalisierung ist es möglich, Referentinnen und Referenten auch für kurze Zeitabschnitte ins Klassenzimmer zu schalten. In dieser Einheit soll diese Möglichkeit genutzt werden, um die SuS in direkten Kontakt zu den gewählten Volksvertretenden zu bringen.

Hintergrundinformationen

Bundeszentrale für politische Bildung
› www.bpb.de/apuz/188663/was-ist-nachhaltigkeit-dimensionen-und-chancen

Durchführung

Die Durchführung lässt sich in zwei Phasen untergliedern:

1. Vorbereitung einer Online-Konferenz

Bei der Vorbereitung der Online-Konferenz muss die Lehrkraft den Termin mit den Politiker:innen abklären. Es bietet sich an, dass eine solche Veranstaltung zentral für alle 8. Jahrgangsstufen einer Schule angeboten wird.

Als Abgeordnete können zunächst die Direktmandate des Wahlkreises angefragt werden. Dazu können sie über folgende Links erreicht werden:

Deutscher Bundestag
› www.bundestag.de/abgeordnete/wahlkreise/ **1**

Bayerischer Landtag
› www.bayern.landtag.de/abgeordnetenkarte/# **2**

MATERIALIEN

- **S_OS 3 Arbeitsblatt:** Mein persönlicher ökologischer Fußabdruck

Falls in der näheren Umgebung nicht alle Parteien durch eine kandidierende Person vertreten sind, kann man sich auch an die Fraktionen wenden, die dann eventuell eine abgeordnete Person benennen können.



3

Fraktionen im Bundestag
› www.bundestag.de/parlament/fraktionen-gruppen



4

Fraktionen im Bayerischen Landtag
› www.bayern.landtag.de/abgeordnete/fraktionen/

Die Abgeordneten des Europaparlaments sind leider nicht so leicht zu finden; falls Sie Ihre Wahlkreisabgeordneten kennen, können Sie sie natürlich auch um eine Teilnahme bitten.

Politisch tätige Personen aus dem Landkreis oder der Kommune sind für lokale Fragestellungen sehr kompetent. Da es aber hier keine einheitliche Kontaktregelung gibt, müssen Sie selbst den Kreistag, Stadt- oder Gemeinderat Ihrer Kommune suchen.

Um allen Abgeordneten auch einen adäquaten Sprechanteil zu gewähren, sollten Sie eine Doppelstunde (mit der Pause zur Ankunft der Klassen) planen. Ein repräsentativer Raum (zum Beispiel die Aula) verleiht der Veranstaltung mehr Gewicht; auch eine große Projektionsfläche ist von Vorteil. Mit einem mobilen Tablet (mit Kamera), das zu den fragenden SuS gebracht wird, werden diese sowohl für die Politiker:innen als auch für ihre Mitschüler:innen gut sichtbar.

Aufgabe der SuS ist es, sich Fragen zum Thema «Nachhaltigkeit» zu überlegen. Anregungen dafür erhalten sie im Unterricht, es können aber auch Internetseiten für Anregungen genutzt werden. Interessant sind vor allem aktuelle und lokale Diskussionen, sofern sie von den Gästen beantwortet werden können. Die Fragen sollten in den Stunden vor der Veranstaltung entwickelt werden. Hier empfiehlt sich eine Zusammenarbeit mit der Deutsch-Lehrkraft; die SuS müssen angeleitet werden, Fragestellungen zu entwickeln, die kein Ausweichen möglich machen. Schnellfragerunden, die mit Ja und Nein beantwortet werden müssen, lockern die Veranstaltung auf. Ein regionaler Bezug zu globalen Zielen schafft eine besondere Verbindlichkeit. In der Veranstaltung trägt dann ein vorher ausgewählter Lernender die Frage vor.

Zur Nachhaltigkeit hat die UN 17 Ziele entwickelt (17 Sustainable Development Goals), die für alle Mitgliedsstaaten der UN gelten. So hat auch die Bundesrepublik Deutschland diese Nachhaltigkeitsziele ratifiziert. Einige der Themenfelder haben biologische Grundlagen und eignen sich gut zur Entwicklung von Fragestellungen für die Online-Konferenz. Hilfen dazu gibt es auch unter › https://17ziele.de.



Quelle
› www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsziele-verstaendlich-erklaert-232174

Für die 8. Jahrgangsstufe sind neben der Klimaproblematik sicher auch die Themen Kleidung oder Ernährung (vor allem das Containern von Nahrungsmitteln) interessant, sodass sich daraus die ersten Fragen ergeben können.

Eine Möglichkeit ist auch, dass die SuS paarweise die Ziele zur Nachhaltigkeit der Bundesregierung durcharbeiten und dann eine Frage zu diesem Ziel formulieren. Die Klasse kann sich dann auf eine Reihenfolge der Fragen einigen (zum Beispiel durch eine digitale Bewertung). Aktuelle Statistiken des Bundesamtes für Statistik sind den einzelnen Zielen unter › https://17ziele.de zugeordnet. Gesammelt findet man sie auch unter › https://sdg-indikatoren.de/; für den Präsenzunterricht können die Informationen auch als pdf abgerufen, ausgedruckt und im Klassenzimmer ausgelegt werden.

Weitere Hinweise finden sich dann entweder auf der Internetseite (die Felder sind mit Links aufgeschlüsselt) oder es folgt eine Recherche anhand von Fachliteratur. Die Lehrkraft kann dazu auch auf aktuelle politische Themen hinweisen (zum Beispiel Lieferkettengesetz oder Privatisierung der Wasserversorgung).

Weitere Anregungen zum Themengebiet Nachhaltigkeit finden die SuS zum Beispiel auf folgenden Internetseiten:

BUND
› www.bund.net/ueber-uns/nachhaltigkeit/

Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
› www.bmz.de/de/agenda-2030

Fridays for Future
› https://fridaysforfuture.de

Mögliche Fragen zur Diskussion (Auswahl):

- Auf welchem Weg möchte Ihre Partei das Klimaziel von Paris (Erwärmung der Erde um nur 1,5 °C) erreichen?
- Wie möchte Ihre Partei nachhaltige und saubere Energie (Ziel 7) umsetzen? Welche Vorschläge ergeben sich für unsere Region?
- Alternativ: Bei uns kann wegen der 10H-Regel kein Windrad gebaut werden. Erläutern Sie, wie sich unsere Region auch bei schlechtem Wetter (dann ohne Photovoltaikanlagen) mit nachhaltiger und sauberer Energie versorgen soll (Ziel 7).
- Welche Ideen haben Sie zur Planung von nachhaltigen Städten und Gemeinden (Ziel 11)? (Betrifft vor allem Vertretende der Kommunalpolitik)
- Wenn Sie den nachhaltigen Konsum (Ziel 12) ernst nehmen, sollte ja Essen im Supermarkt nicht weggeworfen werden beziehungsweise die Verwendung von weggeworfenem Essen nicht strafbar sein (Stichwort Containern). Wie sieht Ihre Lösung für diesen Widerspruch aus?
- Alternativ: Beim Containern werden noch verwendbare Lebensmittel aus dem Müll von Supermärkten geholt und aufgegessen. Dies ist eine strafbare Handlung. Soll diese Straftat abgeschafft werden: Ja oder Nein?
- Die Biodiversität nimmt immer schneller ab. Dies widerspricht der Zielvorgabe 14 und 15. Welche Lösung schlägt Ihre Partei vor?
- Kraftfahrzeuge stehen durchschnittlich 90 % ihrer Gebrauchsdauer auf einem Parkplatz. Wie sehen Sie die Zukunft des Individualverkehrs und die Mobilität in der Zukunft?

2. Durchführung der Konferenz

Die Veranstaltung wird sinnvollerweise von einer Moderation gestaltet. Diese achtet auf Wortmeldungen, auf die Einhaltung grundlegender Gesprächsregeln sowie auf die Zeitgestaltung. Grundsätzlich kann dies auch von SuS übernommen werden, oftmals bietet es sich bei redegewandten Politprofis allerdings an, eine erwachsene Person zu wählen. Eventuell besteht die Möglichkeit (nach Rücksprache mit den Abgeordneten), die Veranstaltung aufzuzeichnen und dann zur Nachbesprechung in der nächsten Stunde einzelne Positionen nochmals herausarbeiten.

Die SuS stellen dann ihre Fragen entweder in die Runde der Gäste oder gezielt an einzelne Abgeordnete.

Falls es die passenden Rahmenbedingungen nicht gibt, können die Ziele natürlich auch im Klassenverband besprochen werden, indem die SuS jeweils paarweise ein Ziel bearbeiten und dann der Klasse vorstellen (auch mit dem momentanen Ist-Zustand, wenn verfügbar). Aktuelle Statistiken des Bundesamtes für Statistik sind den einzelnen Zielen unter › https://17ziele.de zugeordnet. Besonders interessant ist auch ein Abgleich des Ziels mit den Parteiprogrammen unterschiedlicher Parteien.

3.2.5.1 S_OS 4 Arbeitsblatt:

Wie kann ich eine gute Frage stellen?

Politiker:innen sind sehr geübte Redner:innen. Deswegen ist es wichtig, dass du eine Frage stellst, auf die möglichst nicht ausweichend geantwortet werden kann.

Hier bekommst du einige Tipps dazu:

Stelle eine möglichst konkrete Frage, zum Beispiel zur Energieversorgung deiner Gemeinde oder zu Umweltschutzthemen aus deiner Umgebung (die habt ihr ja vielleicht schon vorher genauer untersucht). Von diesem konkreten Anlass ausgehend, kannst du dann auf die größere Ebene kommen (zum Beispiel Energieversorgung in Deutschland oder verpasste Ziele im Umweltschutz in Bayern/Deutschland).

Es ist günstig, wenn du deine Fragen auch mit Daten absichern/verdeutlichen kannst. Zu vielen Nachhaltigkeitszielen sind Grafiken auf der Seite der Bundesregierung (› https://17ziele.de) des Statistischen Bundesamtes verlinkt. Nutze diese, um deine Aussagen zu untermauern. Alle Statistiken findest du unter › https://sdg-indikatoren.de/; du musst nur dein Thema und dann die Diagramme aufrufen. Wenn du Probleme hast, lasse dir eventuell von deiner Lehrkraft helfen.

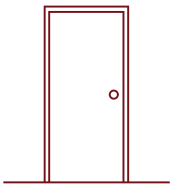
Die Politik in Deutschland wird von Parteien gestaltet. Diese haben immer ein Programm, in dem sie beschreiben, welche Ziele sie erreichen wollen, wenn sie die Regierung stellen. Oft entwerfen auch mehrere Parteien, die eine Regierung bilden, Kompromisse aus ihren Zielen und halten diese in einem Koalitionsvertrag fest. Nutze diese Programme oder den Koalitionsvertrag (du findest sie auf der Homepage der jeweiligen Partei/Regierung), indem du überprüfst, welche Aussagen zu den einzelnen Nachhaltigkeitszielen der Bundesregierung gemacht werden. Falls du da keine Informationen findest oder sich das Programm mit den Zielen widerspricht, kannst du Politiker:innen dieser Partei direkt auf diesen Widerspruch (oder das Fehlen) der Zielvorgaben ansprechen.

Wenn du schnelle Antworten von allen Parteien sammeln möchtest, ist es günstig, wenn du dir eine Frage oder Aussage überlegst, welche die Politiker:innen nur mit Ja oder Nein beantworten müssen.

SEP OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL Aug

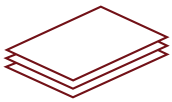
3.2.6 OS 5: Unterrichtsmaterialien zum Thema Nachhaltigkeit

Ort



Dauer

Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

Grundlegende Informationen

Diese Einheit unterstützt die Kompetenzerwartung aus dem Lehrplan:

Die SuS bewerten die Beeinflussung globaler Stoffströme unter dem Aspekt der nachhaltigen Entwicklung und beschreiben politische und persönliche Möglichkeiten, Einfluss auf diese Systeme zu nehmen.

Bildung für nachhaltige Entwicklung ist ein schulart- und fächerübergreifendes Bildungs- und Erziehungsziel und wird in der 8. Jahrgangsstufe neben Biologie auch in den Fächern Chemie, Ethik und Religionslehre (Schöpfungsthematik) unterrichtet. Verschiedenste Stellen haben deswegen bereits Unterrichtsmaterial veröffentlicht. In diesem Modul sollen Unterrichtsmaterialien beziehungsweise Datenbanken von Unterrichtsmaterialien gelistet werden. Diese können dann je nach Interessenlage der Klasse verwendet werden. Eine Einteilung von Vor- und Nachteilen verschiedener Themengebiete zeigt auch das LIS-Material zum Thema «Ökosysteme unter dem Einfluss des Menschen» im Lehrplaninformationssystem (LIS).

Da es sich bei dem hier präsentierten Material oft um fächerübergreifendes Material handelt, kann eine Zusammenarbeit mit anderen Fächern angestrebt werden. Ebenso ist Material für Projekttage zu finden. Durch die Suchfunktionen in den Datenbanken lassen sich passende Einheiten gut finden; diese müssen aber öfters noch gekürzt werden. Es finden sich auch digitale Lerninhalte (wie etwa von Greenpeace). Diese benötigen meist Endgeräte und ein stabiles WLAN oder können unter Umständen auch selbstgesteuert zu Hause erledigt werden.

Diese Übersicht stellt nur eine Auswahl dar, die auch über längere Zeit verfügbar sein sollte; es ist aber zu erwarten, dass weiterhin Material erstellt wird, sodass es bereits jetzt schon mehr als diese Beispiele zu finden gibt (auch in den genannten Datenbanken).

Materialien

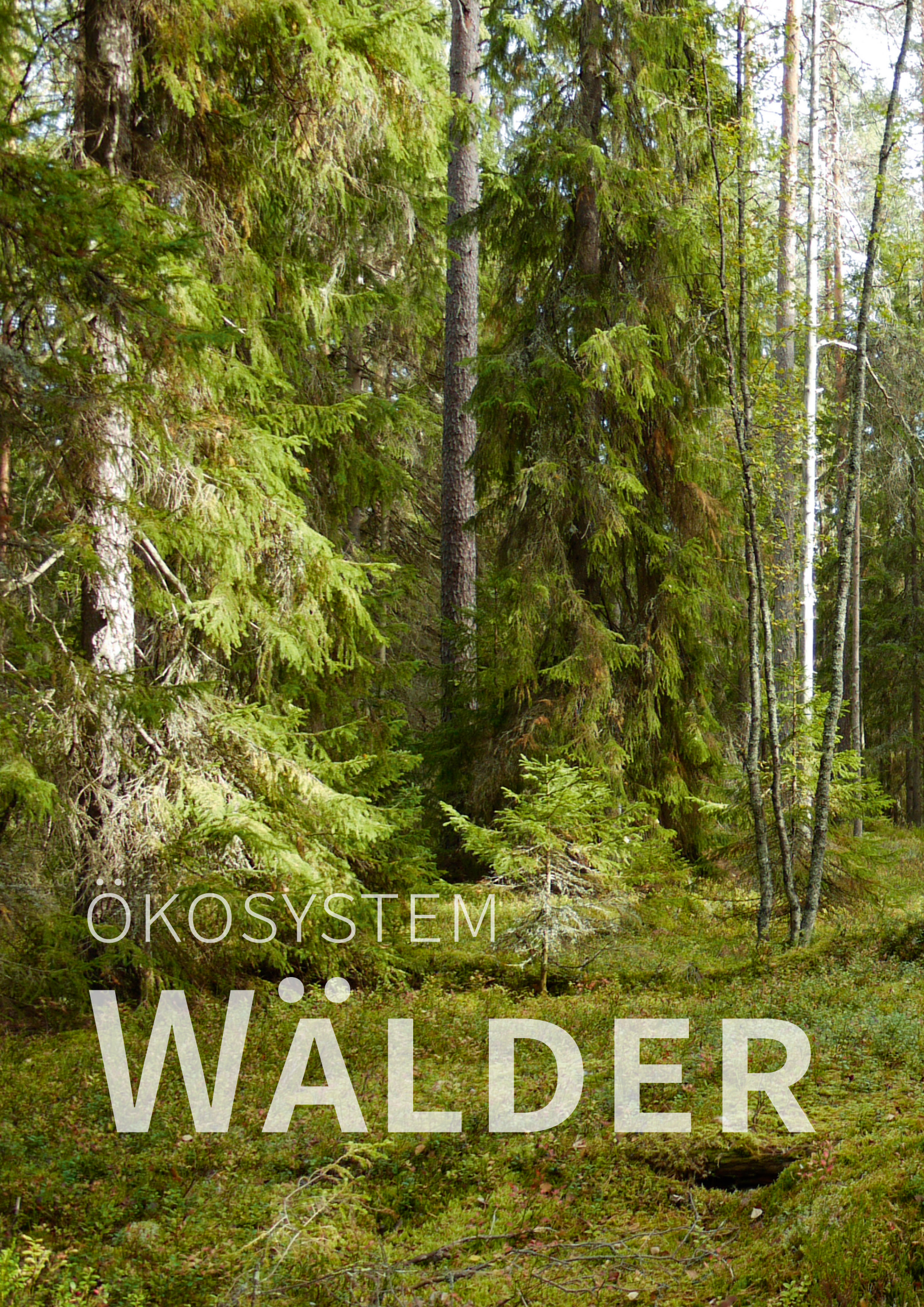
Grundlegende Informationen erhalten Sie auf folgender Seite; die hier erwähnten Materialien sind von Institutionen/Vereinen, die ihre Materialien auch weiterhin pflegen. Es kann natürlich trotzdem vorkommen, dass einzelne Einheiten überarbeitet oder sogar aus dem Netz genommen werden. Die übergeordneten Links bleiben aber auf alle Fälle bestehen und werden eventuell auch mit neuem Material weiter ergänzt. Stöbern lohnt sich also!

QR-CODE	BESCHREIBUNG	INHALTE	LINK
	Bundeszentrale für politische Bildung	Nachhaltigkeit Chancen Politik	www.bpb.de/apuz/188663/was-ist-nachhaltigkeit-dimensionen-und-chancen
	Lernmaterialien des Bundesministeriums für Forschung und Entwicklung; unterschiedliche Filterfunktionen; noch im Aufbau	Lernmaterialien Bildungsministerium Bund	www.bne-portal.de/de/lernmaterialien-2454.php
	BNE-Box der LMU München; diskursive Unterrichtsmaterialien für alle Schulbereiche Im Material mit Passung zum LehrplanPLUS	Nachhaltigkeit LMU BNE	www.bne-box.lehrerbildung-at-lmu.mzl.lmu.de/
	Gewissensbisse #1 – Erzählerische Zugänge zum Ressourcenverbrauch einer Avocado Didaktisch komplett ausgearbeitete Einheit zum Thema «Avocado – nachhaltige Lebensmittel»	bne-box Avocado Nachhaltigkeit	www.bne-box.lehrerbildung-at-lmu.mzl.lmu.de/gewissensbisse-1-erzaehlerische-zugaenge-zum-ressourcenverbrauch-einer-avocado/
	«Rimbas Reise» – Stoffgeschichte einer Palmfrucht Didaktisch komplett ausgearbeitete Einheit zum Thema «Palmöl- Lebensmittel und Kosmetik» und «Zertifizierungssystem als Problemlösung»	bne-box Palmfrucht Nachhaltigkeit	www.bne-box.lehrerbildung-at-lmu.mzl.lmu.de/rimbas-reise-stoffgeschichte-einer-palmfrucht/
	«Da beißt die Maus keinen Faden ab» Ausgearbeitete Einheit zum Thema «Konfliktmineralien», eignet sich vor allem für Klassen im naturwissenschaftlich-technologischen Zweig im Zusammenhang mit Chemie (LB 8.4)	bne-box Maus Konflikt	www.bne-box.lehrerbildung-at-lmu.mzl.lmu.de/da-beisst-die-maus-keinen-faden-ab-konfliktmineralien-in-digitalen-geraeten/
	«Lebensmittel verschwenden-Lebensmittel retten» Ausgearbeitete Einheit zum Thema «Wegwerfen von Lebensmittel»	bne-box Lebensmittel Nachhaltigkeit	www.bne-box.lehrerbildung-at-lmu.mzl.lmu.de/lebensmittel-verschwenden-lebensmittel-retten/

QR-CODE	BESCHREIBUNG	INHALTE	LINK
	«Zwischen Wertschätzung und Verschwendung» Beispiel aus Frankreich zum gesetzlichen Umgang mit übrigen Lebensmitteln in Supermärkten; auch im Fach Französisch enthalten	bne-box Wertschätzung Verschwendung	www.bne-box.lehrerbildung-at-lmu.mzl.lmu.de/umgang-mit-lebensmitteln-in-frankreich-und-deutschland/
	«Containern: zwischen Moral und illegal!» Rollendiskussion zum Thema «Containern»	bne-box Container Moral	www.bne-box.lehrerbildung-at-lmu.mzl.lmu.de/containern-zwischen-moral-und-illegal/
	«Insekten- Nahrungsquelle der Zukunft» Reflexion von eigenen Einstellungen und Wertehierarchien; Insektenprotein als Möglichkeit zur Verringerung des ökologischen Fußabdrucks	bne-box Insekten Nahrung Zukunft	www.bne-box.lehrerbildung-at-lmu.mzl.lmu.de/insekten-nahrungsquelle-der-zukunft/
	«Überblicks-Bilder» Darstellung der globalen menschlichen Aktivität; eindrückliche Bilder zur Sichtbarmachung des menschlichen Einflusses; teilweise als Overlay; schön für Impulse	bne-box Überblick Menschen	www.bne-box.lehrerbildung-at-lmu.mzl.lmu.de/overview-bilder/
	«regional und saisonal» – Produkte für einen nachhaltigen Warenkorb	bne-box Regional Produkte	www.bne-box.lehrerbildung-at-lmu.mzl.lmu.de/regional-und-saisonal/
	Verbraucherzentrale Bundesverband: Materialkompass Sehr umfangreiche Sammlung von Lerneinheiten mit guter Filterfunktion Im folgenden Material mit Passung zum LehrplanPLUS	Verbraucher Bildung Material	www.verbraucherbildung.de/materialkompass
	Textilien: Eine Unterrichtsidee zu Nachhaltigkeit und Globalisierung Lerneinheit über Vergleich von Kunst- und Naturfasern mit den verschiedenen Aspekten der Nachhaltigkeit	Verbraucherbildung Nachhaltigkeit Textilien	www.verbraucherbildung.de/materialkompass/unterrichtsmaterial-textilien

QR-CODE	BESCHREIBUNG	INHALTE	LINK
	Idee für die Projekttage: Upcycling und Globales Lernen: «Naturtextilien & textile Kunststoffe» Da dabei viele Materialien besorgt werden müssen, wäre überlegenswert, ob die Fachschaft diese Einheit wiederholt anbieten will.	Verbraucherbildung Upcycling Textilien	www.verbraucherbildung.de/materialkompass/upcycling-und-globales-lernen-naturtextilien-textile-kunststoffe Weitere Upcycling-Ideen im Netz bei CYCLOOP
	«Huhn frisst Jaguar» Eine Einheit zum Thema Fleisch, Soja, Massentierhaltung, Regenwald; die Arbeitsblätter sind leider nur einzeln zum Download aufbereitet	Verbraucherbildung Huhn Jaguar	www.verbraucherbildung.de/materialkompass/huhn-frisst-jaguar
	Klimawandel (Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) Umfassendes Material (Grundlagen bis Handlungsoptionen); schöne Spiele; gute Information	Verbraucherbildung Klimawandel	www.umwelt-im-unterricht.de/medien/bilder/klimawandel-schuelerheft-und-handreichung-archiv
	Die Mobilität und unser CO_2-Budget Planungshilfe für zukünftiges Reisen in Freizeit und Schule	Verbraucherbildung Mobilität	www.verbraucherbildung.de/materialkompass/die-mobilitat-und-unser-co2-budget
	PLANET-N: Nachhaltig‹keit› lernen Kostenfreie BNE-Lernplattform für (spannen)den Unterricht: Stories, Module und Challenges	Planet-N BNE-Lernplattform	www.planet-n.de
	Eduskills: Lehreinheit zum nachhaltigen Konsum (geplant für vier Stunden)	Eduskills Nachhaltigkeit Konsum	https://reflections.eduskills.plus/modules/interconnected_world%2Fsustainable_consumption
	Greenpeace: Digitales Bildungsmaterial zu nachhaltigem Konsum Das Material kann sowohl lehrergesteuert in der Schule als auch selbstgesteuert von zu Hause bearbeitet werden. Voraussetzungen: WLAN, digitales Endgerät und ein Browser; umfassend	Greenpeace Konsum Alternativen	www.greenpeace.de/ueber-uns/umweltbildung/konsumspuren-digitales-bildungsmaterial

QR-CODE	BESCHREIBUNG	INHALTE	LINK
	Tüftelakademie: Unterrichtseinheiten zur Nachhaltigkeit an der Schule oder am Wohnort **Anleitung für vier Unterrichtseinheiten:** • **Wachsender Energiehunger durch die Digitalisierung** • **Biodiversität am Pausenhof** • **Nachhaltigkeit am Wohnort** • **Ernährung und Klimawandel**	**Tüftelset** **Boxen** **Lehrende**	**https://tueftellab.de/fur-lehrkrafte-und-padagoginnen**
	17 Ziele: Kurzaktionen zu jedem der 17 Nachhaltigkeitsziele (biologische Schwerpunkte müssen selbst ausgewählt werden); Links zu den passenden Statistiken des Statistischen Bundesamtes	**17 Nachhaltigkeitsziele**	**https://17ziele.de/**



ÖKOSYSTEM

WÄLDER



3.3 Wälder

3.3.1 Einführung

3.3.1.1 Geschichte der Wälder

Die Geschichte der heutigen Waldgemeinschaften ist noch recht jung und bereits eng mit der Geschichte des Menschen verknüpft.

In Mitteleuropa existierte am Ende der letzten Eiszeit vor etwa 10.000 Jahren eine waldfreie Tundra (Ellenberg et al. 2010). Die Lebensbedingungen während der Kaltzeiten waren sehr harsch. Die heute in Mitteleuropa vorkommenden Baumarten überlebten in wärmeren Gebieten im Süden (Iberische Halbinsel, Balkan-Halbinsel und Italien) sowie in klimatisch begünstigen Gebieten Nordeuropas (Robin et al. 2016). Erst mit dem allmählichen Temperaturanstieg und dem Abschmelzen von Eis kehrten Baumarten zurück. Mit dem Ende der Eiszeit breitete sich gleichzeitig auch der Mensch immer weiter in Mitteleuropa aus.

Mit Hilfe von Pollenanalysen konnte man die Routen und die Geschwindigkeiten der Wanderungen nachverfolgen, mit der die Baumarten zurückkehrten. So weiß man, dass zunächst verschiedene Weiden, Birken und Kiefern einwanderten. Diese Pionierbaumarten kommen sehr gut mit kälterem Klima zurecht und haben kleine, leicht vom Wind über weite Entfernungen fliegende Samen. Eine fast unüberwindliche Barriere waren die in Ost-West-Richtung verlaufenden Alpen, die umgangen werden mussten. Mit steigenden Durchschnittstemperaturen siedelten sich dann wärmeliebende Arten wie Haseln, Eichen oder Ulmen an. In diese Zeit – etwa 9000 v. Chr. – fiel der Übergang des Menschen zur sesshaften Lebensweise. Dies ging mit einer ersten größeren Einflussnahme einher: Erste Wälder wurden gerodet, um die Flächen für Landwirtschaft und Viehhaltung zu nutzen oder um das Holz als Brenn- und Baumaterial zu verwenden. In der späteren Wärmezeit kühlte sich das Klima wieder etwas ab und es wurde feuchter, was die Ausbreitung von Tanne sowie Rotbuche und Hainbuche begünstigte. Nach und nach verdrängte die Buche die Eiche auf fast allen Standorten und wurde in den Tallagen zur dominierenden Baumart. Auf den trockeneren Standorten (Niederschlag < 500 mm/a) im Osten übernahm die Hainbuche diese Rolle. Während der Eisenzeit, etwa 1000 v. Chr., verstärkte sich der Einfluss des Menschen auf die Wälder noch einmal deutlich, weil große Mengen Holz für das Schmelzen von Erz benötigt wurden.

Je mehr Menschen in Europa lebten und je größer der technische Fortschritt wurde, umso stärker wurde auch der Eingriff in die natürlichen Wälder. Im Mittelalter wurde der Wald schließlich zugunsten landwirtschaftlicher Flächen, Siedlungen und zur Gewinnung von Bau- und Brennholz in mehreren Rodungsphasen massiv zurückgedrängt. Die noch verbliebenen Wälder wurden intensiv genutzt, vor allem für die Gewinnung von Holz, Streu und anderen Ressourcen. Zusätzlich wurden die Wälder mit verschiedensten Nutztieren beweidet. In Laub- und Mischwäldern fanden Rinder, Pferde, Ziegen und Schafe ihr Futter, während Eichen- und Buchenwälder für die Schweinemast genutzt wurden. Dadurch wiesen die verbliebenen Wälder bereits im Mittelalter deutliche Unterschiede im Vergleich zu Urwäldern auf, zum Beispiel in der Größe der Kahlflächen, der Baumartenzusammensetzung, dem Kronenschluss und in der Verjüngung. Gegen Ende des 14. Jahrhunderts war Bayern nur noch auf einem Drittel der Fläche mit Wald bedeckt. In anderen Regionen wie in Nordwestdeutschland oder in den Niederlanden waren es sogar nur noch 10 % der ursprünglichen Fläche.

Da Holz eine immer knappere Ressource wurde, erfolgten Ende des 17. Jahrhunderts tiefgreifende Landreformen. An vielen Orten setzten Fürsten Förster ein und stellten Regeln für die Waldwirtschaft auf. Außerdem wurde eine klare Nutzungsgrenze zwischen dem Wald und dem Offenland gezogen. Die Landbevölkerung durfte ihr Holz nun nur mehr aus den Hecken schlagen, die die Äcker begrenzten, und nicht mehr im eigentlichen Wald. Vermehrt wurden Ackerflächen, ausgeplünderte Wälder und Ödländer wieder mit den Nadelbaumarten Fichte und Kiefer aufgeforstet. In dieser Zeit ist das heutige Landschaftsbild in seinen Grundzügen entstanden. Im Jahre 1713 verfasste Hannß Carl von Carlowitz, kurfürstlich-sächsischer Kammer- und Bergrat sowie Oberberghauptmann des Erzgebirges, die «Silvicultura oeconomica». In diesem Werk forderte er für die Forstwirtschaft, «daß es eine *continuirliche* beständige und nachhaltende Nutzung gebe» (Seiten 105–106 in der «Sylvicultura Oeconomica»). Damit gilt er als Schöpfer des Begriffs der «Nachhaltigkeit», wenngleich sicherlich die Bedeutung des Wortes damals eine andere war als die, die wir heute unter dem Begriff verstehen.

Der Wald von heute ist somit eine in Jahrtausenden geschaffene Kulturlandschaft. Völlig natürliche, vom Menschen unbeeinflusste Wälder gibt es in Deutschland seit Langem nicht mehr. Sehr lange ungenutzte Waldgebiete, wie etwa der «Urwald» Mittelsteighütte im Nationalpark Bayerischer Wald, geben jedoch einen Eindruck, wie Urwälder in Bayern ausgesehen haben könnten.

3.3.1.2 Wald in Bayern heute

In Deutschland beträgt der Anteil der Waldflächen heute mit einer Größe von zirka 11, 4 Millionen Hektar etwa 32 % der Landesfläche (BMEL 2018). Zwischen 2002 und 2012 hat die Waldfläche um zirka 48.000 ha zugenommen. Das Bundesland mit der größten Waldfläche ist der Freistaat Bayern mit 2,6 Millionen Hektar (37 % der Landesfläche). Die rund 2,6 Mio. Hektar Wald in Bayern befinden sich zu 57 % in den Händen privater Eigentümer. 30 % gehören dem Freistaat Bayern selbst, Körperschaften besitzen 11 % und 2 % sind Bundeseigentum.

Insgesamt sind in den bayerischen Wäldern mehr als 90 Baum- und Straucharten zu finden. Dabei ist die Fichte mit einem Anteil von gerundet 42 % die häufigste Baumart, gefolgt von der Kiefer mit 17 %, der Buche mit 14 % und der Eiche mit 7 % (LWF 2021). Die Fichte ist darüber hinaus auf etwa der Hälfte der Waldflächen Bayerns die Hauptbaumart.

Die potenzielle natürliche Vegetation in Deutschland wäre ohne Einwirken des Menschen überwiegend Buchenmischwald, in trockeneren Gegenden Eichenmischwald und zu kleinen Anteilen Auwald, Bruchwald und Nadelwald (Ellenberg et al. 2010). Unsere aktuelle Waldflächenverteilung und Baumartenzusammensetzung ist ein Spiegelbild der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Verhältnisse vergangener Zeiten. Seit der bewussten Abkehr von Nadelbaum-Monokulturen hin zu artenreichen Mischwäldern Ende der 1980er-Jahre nimmt der Anteil der Laubbäume jedoch wieder deutlich zu.


SYLVICVLTVRA OECONOMICA,
Oder
Haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige
Anweisung
Zur
Wilden Baum-Zucht,
Worinn
Gründlicher Darstellung/
Grossen Holtz-Mangel/
Wenn
Gefunden Turff
Hannß Carl von Carlowitz/
LEIPZIG/
verlegts Johann Friedrich Braun 1713.

Abbildung 16
Titelseite der Silvicultura oeconomica von Hannß Carl von Carlowitz (von Carlowitz, 1713). Aufgrund des «großen Holzmangels» formulierte von Carlowitz erstmals, dass immer nur so viel Holz geschlagen und entnommen werden sollte, wie durch gezieltes Ansäen und Anpflanzen wieder nachwachsen kann (Bild: Wikimedia Commons).

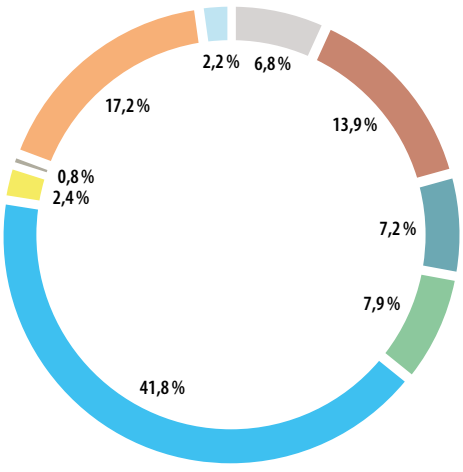


Abbildung 17
Waldfläche nach Baumarten in Bayern, Stand: 2012 (ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebenserwartung, wie zum Beispiel Ahorn, Esche, Hainbuche und Lindenarten; ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebenserwartung, wie zum Beispiel Birkenarten, Erlenarten und Traubenkirsche; Quelle: LWF [2021]).





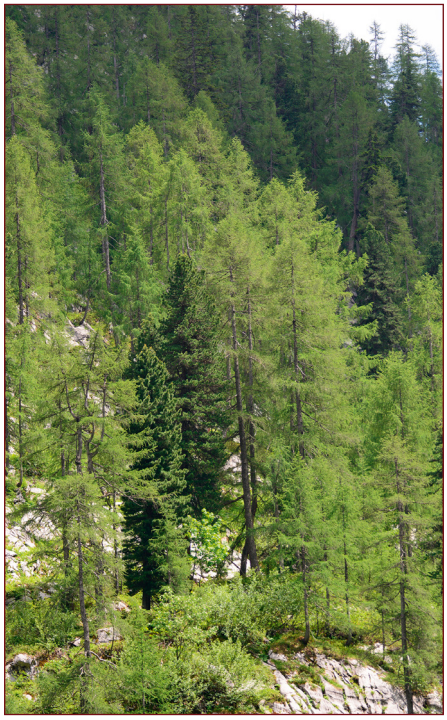


Abbildung 18:
A) Der Waldmeister-Buchenwald gehört an den meisten Stellen in Tallage mit basischem Untergrund zur potenziellen natürlichen Vegetation. Das bedeutet: Er würde ohne menschlichen Einfluss dort wachsen.

B) In höheren Berglagen wächst natürlicherweise Bergmischwald, der sich aus verschiedenen Laub- und Nadelbaumarten zusammensetzt.

C) Erst ab etwa 1.300 m kommen reine Nadelwälder vor, wie etwa der Lärchen-Arvenwald.

Fotos
A: Christof Martin/piclease
B + C: Andreas Zehm/piclease

3.3.1.3 Ökologie der Wälder

Wälder sind vielfältige Ökosysteme, die sich abhängig von den jeweiligen Standortverhältnissen unterscheiden. Die wichtigste Rolle spielen die Bodeneigenschaften am Standort sowie die jeweiligen klimatischen Verhältnisse.

Entsprechend dem vertikalen Klimagradienten bilden sich Waldgesellschaften aus, die für eine entsprechende Höhe über dem Meer typisch sind. So würden in Bayern in tiefen Lagen und Tallagen ohne menschliche Eingriffe Laubwälder – vor allem Buchenwälder – und Laubmischwälder dominieren. In höheren Berglagen im Bereich der montanen und hochmontanen Höhenstufe (800 m bis etwa 1.300 m) wächst natürlicherweise Bergmischwald. Dieser setzt sich aus verschiedenen Laubbaumarten – allen voran der Buche – als auch aus Nadelbaumarten zusammen. Erst ab der tiefsubalpinen Höhenstufe sowie auf Sonderstandorten (zum Beispiel an

Moorrändern) kommen von Natur aus reine Nadelwälder in Bayern vor.

Neben den großklimatischen Verhältnissen spielen weitere Faktoren wie Bodenfeuchtigkeit, pH-Wert oder Nährstoffangebot für die Zusammensetzung der Baumgesellschaften an einem Standort eine Rolle, da jede Baumart eigene Umweltansprüche hat. Die ökologischen Standortansprüche einer Baumart können in einem sogenannten Ökogramm dargestellt werden (siehe Abbildung 19). Dabei entspricht der Bereich, in dem die Art rein physiologisch gesehen vorkommen kann (Potenzbereich), der fundamentalen Nische und der Herrschaftsbereich der realisierten Nische. Die Ökogramme sehen dabei je nach Höhenstufe anders aus.

Schnell wird ersichtlich, dass sich die Potenzbereiche aller Arten bei «mittleren» Verhältnissen, das heißt bei mäßiger Feuchtigkeit und mäßigem Basenreichtum, überschneiden. Die Arten stehen unter natürlichen Bedingungen in Konkurrenz zueinander. Es setzen sich jeweils die Arten durch, die an dem betreffenden Standort schnell eine große Wuchshöhe und ein hohes Alter erreichen, während konkurrenzschwache Baumarten auf extremere Standorte ausweichen müssen. So ergeben sich für die jeweiligen Standortbedingungen charakteristische Waldgesellschaften als das Ergebnis des Konkurrenzwettbewerbes aller beteiligten Baumarten.

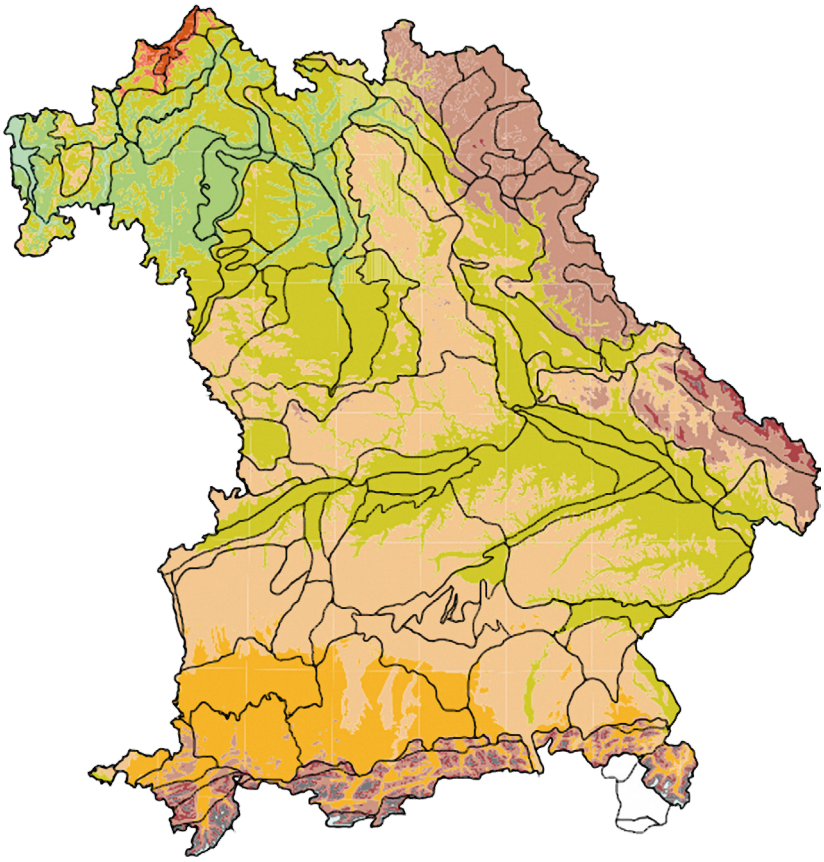


Abbildung 18 D
Bayerns zwölf Höhenstufen (Quelle: LWF)

Die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) ist besonders konkurrenzstark. Aufgrund ihrer hohen Schattentoleranz bei gleichzeitig starker Schattenwirkung ihrer weiten Kronen kann sie andere Baumarten auf den für sie geeigneten Standorten verdrängen.

Die Artenzusammensetzung von Waldgesellschaften wird neben Konkurrenz auch ganz wesentlich von pflanzenfressenden Tieren beeinflusst,

Höhenstufe	Tage > 10 °C	Jahrestemperatur (Ø)	Wärmestufe	Waldstufe	Bezeichnende Baumarten
Planar	170–180	10–9 °C	sehr warm	laubholzdominiertes Tiefland	Bu, Ei
Kollin	160–170	9–8 °C	warm	laubholzdominiertes Hügelland	Bu (Ei)
Submontan	140–160	8–7 °C	mäßig warm		Bu
Montan	100–140	7–5 °C	kühl	Bergmischwald	Bu, Ta*, Fi*
Hochmontan	60–100	5–4 °C	sehr kühl		Bu, Ta*, Fi*, (BAh)
Tiefsubalpin	15–60	4–3 °C	kalt	Nadelwald	Fi

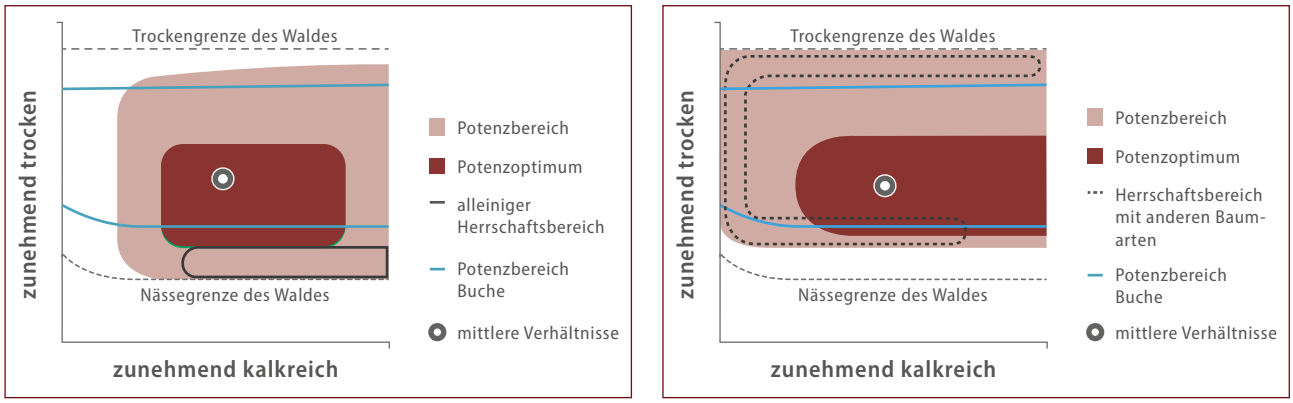


Abbildung 19
Ökogramme von Schwarzerle (links) und Stieleiche (rechts) in den Tieflagen (planare bis submontane Höhenstufe). Der Potenzbereich (hellrote Fläche in der Abbildung) beschreibt die physiologische Amplitude, das heißt den Bereich, in dem die Baumart vorkommen kann.

Das Potenzoptimum (dunkelrote Fläche in der Abbildung) beschreibt den physiologischen Optimalbereich, bei dem die betreffende Baumart unter Konkurrenzausschluss optimal wächst. Der «Herrschaftsbereich» mit anderen Baumarten (dicke, schwarzgestrichelte Linie) in der Abbildung rechts bedeutet, dass diese Baumart zusammen mit wenigen anderen Baumarten herrscht.

Der alleinige Herrschaftsbereich (dicke, durchgezogene, schwarze Linie) beschreibt den Bereich, bei dem sich die Baumart gegen Konkurrenten durchsetzen kann. Bei mittleren Verhältnissen gedeihen alle Baumarten gut (kleiner, weißer Kreis in der Abbildung). In der submontanen Stufe Mitteleuropas würde sich dort nur die Buche im freien Konkurrenzkampf langfristig durchsetzen.

die manche Baumarten bevorzugen, als auch durch positive Interaktionen zwischen verschiedenen Pflanzenarten sowie zwischen Pflanzen und Pilzen, Tieren und Mikroorganismen. Eine herausragende Bedeutung haben dabei die Symbiosen zwischen Baumwurzeln und Pilzen, die sogenannten **Mykorrhiza**. Die Pilze liefern den Bäumen Wasser und Mineralstoffe wie Phosphat- und Nitrat-Salze und erhalten im Gegenzug einen Teil der durch die Photosynthese der Pflanzen erzeugten Assimilate. Manche Wälder sind sehr artenreich an Mykorrhizapilzen. So schätzte Dörfelt (2007), dass mindestens 100 Pilzarten Mykorrhiza mit der Buche bilden.

3.3.1.4 Treiber der Biodiversität im Wald

Ob ein Wald eine hohe **Artenvielfalt** aufweist oder nicht, hängt von einer

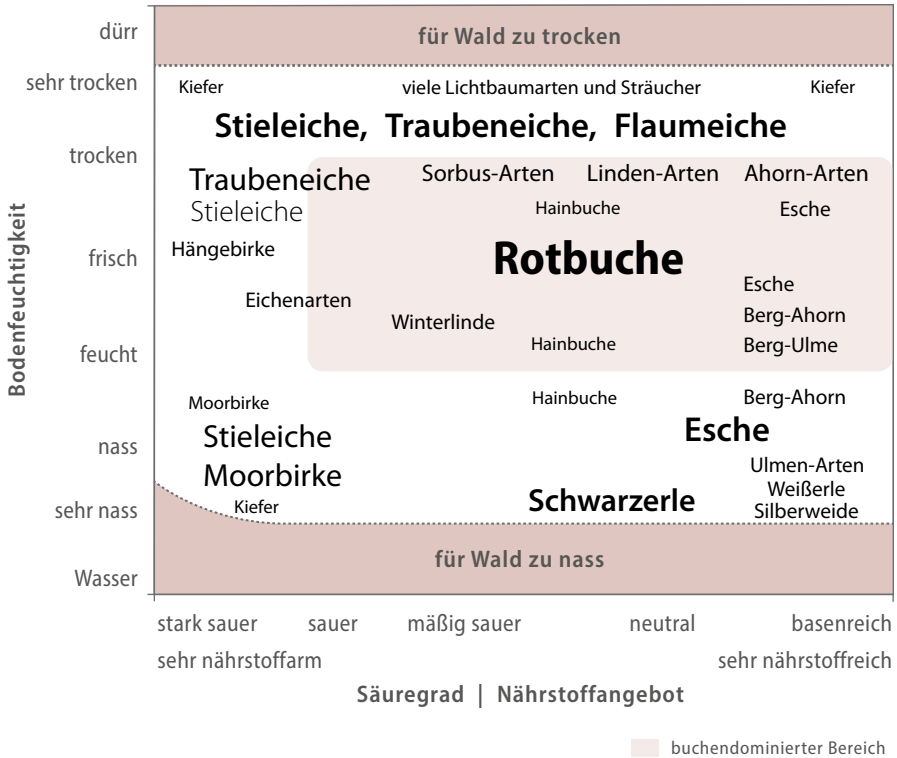


Abbildung 20
Ökogramm der Waldbaumarten der submontanen Höhenstufe. Die Grafik zeigt das Vorkommen der wichtigsten Baumarten unter Konkurrenz anderer Baumarten in Abhängigkeit von der Bodenfeuchtigkeit, dem pH-Wert und den Nährstoffverhältnissen des Bodens. Die y-Achse gibt die Feuchte des Standorts an. Die x-Achse reicht von sehr sauren bis zu kalkreichen Böden. Oberhalb der ersten dünn gestrichelten Linie ist die Trockengrenze von Wäldern, unterhalb der zweiten dünn gestrichelten Linie ist es zu nass für Wälder. Die Schriftgröße drückt den Grad der konkurrenzbedingten Beteiligung an der Baumschicht aus.

Reihe von Faktoren ab. Dabei gibt es insgesamt fünf «Haupttriebkräfte»: 1) Die Kronendeckung, 2) die vertikale Schichtung/Altersverteilung, 3) die Baumartenzusammensetzung, 4) der Totholzanteil und 5) die Habitatkontinuität (Seibold 2021).

Wälder mit vielen Bäumen unterschiedlichen Alters und somit unterschiedlicher Höhe weisen eine ausgeprägte **vertikale Schichtung** auf. Mehrschichtige Wälder sind besonders artenreich, da sie Tieren und Pflanzen auf engem Raum viele unterschiedliche Habitatbedingungen bieten. Außerdem spielt die **Altersstruktur** der Bäume eine Rolle: Je höher beispielsweise der Anteil an alten Bäumen ist, desto mehr Baumhöhlen gibt es – und umso mehr Vogelarten besiedeln den Wald (Moning & Müller 2009).

Die größte Strukturvielfalt bieten Wälder, in denen Bäume unterschiedlicher Größe und auch unterschiedlicher Arten gemeinsam vorkommen. Die Artenzahlen in den verschiedensten taxonomischen Gruppen – von den Fledermäusen bis hin zu den Pilzen – ist in Wäldern mit einer hohen Baumartenvielfalt signifikant höher (Ampoorter et al. 2020) als in Wäldern mit nur wenigen Baumarten. Insbesondere in Wäldern mit einem hohen Anteil an Laubbäumen ist die Artenvielfalt bei pflanzenfressenden Tieren (Herbivoren) sowie bei Pilzen und anderen Zersetzern (Destruenten) sehr hoch (Müller et al. 2020).

Die **Kronendeckung** beeinflusst die Lichtverfügbarkeit und das Mikroklima in einem Wald: Je geschlossener beispielsweise ein Wald ist, desto weniger Licht kommt auf dem Boden an und desto kühler ist es. Dabei gibt es unter den Arten sowohl solche, die geschlossene Wälder bevorzugen, als auch die Arten, die vorwiegend in offenen, sonnigen Wäldern vorkommen. Lehnert et al. (2013) zeigten, dass die Anzahl an Arten, die offene Wälder bevorzugen, sogar doppelt so hoch ist wie die Anzahl an Arten, die geschlossene Wälder nutzen. Wälder sollten daher sowohl geschlossene, schattige als auch offene, sonnige Bereiche aufweisen, um dem vollen Spektrum an Arten einen Lebensraum bieten zu können.

Viele Arten brauchen **Totholz** als Lebensraum und Ressource (xylobionte Arten). Man schätzt, dass etwa 25–30 % der im Wald lebenden Arten von Totholz abhängen. Darüber hinaus nutzen viele Arten Totholz als Versteck vor Fressfeinden oder aufgrund des Mikroklimas (zum Beispiel zum Überwintern oder während trockener Sommermonate). Je mehr und je vielfältiger das Totholzangebot – bezogen auf die Baumarten und die Durchmesser – ist, umso größer ist die Artenvielfalt (Seibold et al. 2016). Die durchschnittlichen Totholzvorräte sind in Mitteleuropa auf nur etwa 10 % der natürlichen Werte für Wälder geschrumpft (Burrascano et al. 2013; Müller et al. 2010). Das macht sich insbesondere bei den Arten bemerkbar, die auf diese Strukturen angewiesen sind. Besonders starkholz- und laubholzbesiedelnde Arten, wie der Rindenschröter (*Ceruchus chrysomelinus*) oder der Berliner Prachtkäfer (*Dicerca berolinensis*), sowie sonnenliebende Totholzkäfer und Arten des Tieflandes sind gefährdet beziehungsweise vom Aussterben bedroht (Seibold et al. 2015).

Eine wichtige Rolle für die Artenvielfalt spielt außerdem die **Kontinuität** der Wälder. So wird angenommen, dass in Laubwäldern bis zu 1.000 Jahre kontinuierlicher Habitatentwicklung erforderlich sind, um die gesamte Vielfalt der Kleinhabitate auszubilden (Nilsson & Baranowski 1997). Innerhalb der Gruppe der Totholzkäfer wurden sogenannte Urwaldreliktarten definiert. Das sind Arten, die urwaldtypische Strukturen und eine ungebrochene Habitatkontinuität benötigen.

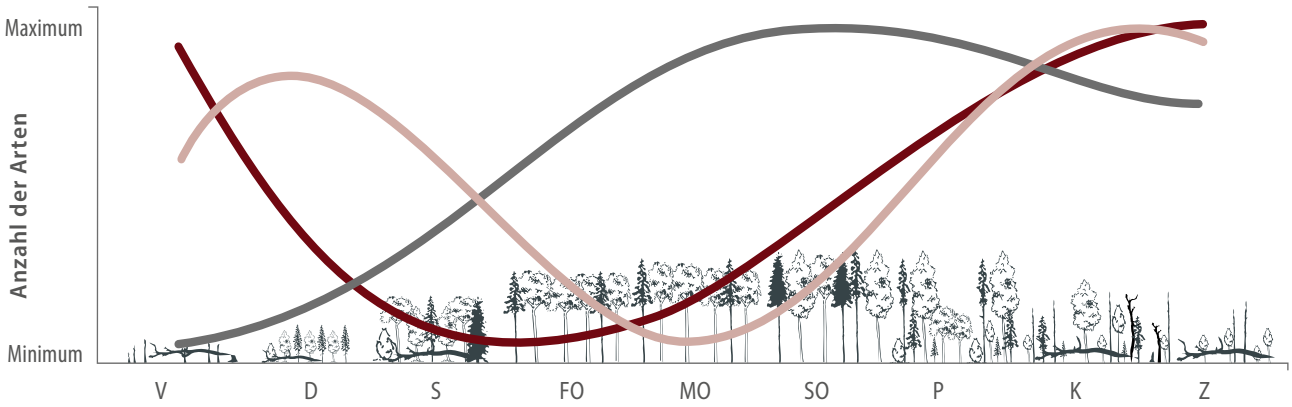


Abbildung 21
Entwicklung der Biodiversität verschiedener Artengruppen in Abhängigkeit von den natürlichen Waldentwicklungsphasen:

Freiflächen/Verjüngung (V)
Dickung (D)
Schlusswaldphase (S)
Frühe Optimalphase (FO)
Mittlere Optimalphase (MO)
Späte Optimalphase (SO)
Plenterphase (P)
Klimax (K)
Zerfallsphase (Z)

(verändert nach HILMERS et al. [2018])

Legende
- Tiere
- Pflanzen
- Pilze

Natürliche Wälder sind **dynamische Systeme,** die durch ständige Veränderungen von Wachstum und Zerfall geprägt sind. Es werden verschiedene Phasen der natürlichen Waldentwicklung unterschieden, die fließend ineinander übergehen (siehe Abbildung 21). In frühen Waldentwicklungsphasen, etwa nach einem Störungsereignis wie Windwurf, ist das Kronendach offen, die Krautschicht ist stark ausgeprägt und artenreich, junge Bäume etablieren sich, darunter auch lichtbedürftige Baumarten, und man findet ein reiches Totholzangebot. Von diesen Bedingungen profitieren viele Tierarten, insbesondere Insekten. Mit der Zeit wird dann das Kronendach immer dichter, in der Folge nehmen Lichtverfügbarkeit, UV-Strahlung und Temperatur am Waldboden ab, während die Bodenfeuchte zunimmt. Dadurch geht die Krautschicht zurück und auch die Tierartenzahl nimmt ab. Pilze dagegen profitieren vom feuchten, schattigen Mikroklima. Mit zunehmendem Baumalter steigt die Mortalität, Pilze beginnen Bäume zu destabilisieren und der Bestand geht langsam in die Zerfallsphase über, in der die alten Bäume absterben und Bestandslücken entstehen. Dadurch können wieder junge Bäume aufwachsen und die Zerfallsphase geht in die Verjüngungsphase über. Im Zuge der natürlichen Waldentwicklung ändern sich also kontinuierlich die Habitatbedingungen (Lichtverfügbarkeit, Mikroklima, die Baumartenvielfalt oder das Vorhandensein von Totholz und Baumhöhlen) und damit auch die Artengemeinschaften. Dabei zeigten zahlreiche Studien, dass die **Artenvielfalt in strukturreichen, frühen und sehr späten Waldentwicklungsphasen am höchsten ist** (zum Beispiel HILMERS et al. 2018; JACOBS et al. 2007; SWANSON et al. 2011). In den bewirtschafteten Wäldern Deutschlands sind aktuell jedoch gerade diese Phasen unterrepräsentiert (HILMERS et al. 2018).

Neben Alterungsprozessen einzelner Baumindividuen spielen sogenannte natürliche Störungen eine wichtige Rolle als Initiatoren natürlicher Walddynamik. Hierzu gehören Ereignisse wie Stürme, die Einzelbäume bis hin zu ganzen Beständen entwurzeln können, Schneebruch, Blitzschlag und Überschwemmungen. Auch Ausbrüche von Borkenkäfer-Kalamitäten gehören zur natürlichen Dynamik in Fichtenwäldern. Neben den Entwicklungsphasen tragen vor allem Waldlebensraumtypen auf sehr trockenen, feuchten und nährstoffarmen Böden sowie Wälder mit hoher Dynamik wie die Flussauen zu einer hohen Artenvielfalt auf Landschaftsebene bei. Diese Waldtypen sind Lebensraum für besonders angepasste und oft auch gefährdete Arten.

Waldfunktionen

Nutzfunktion

Unter Nutzfunktion versteht man die wirtschaftliche Bedeutung des Waldes. Wald liefert den nachwachsenden Rohstoff- und Energieträger Holz, der sowohl als Baustoff, zur Produktion von Papier als auch als Energieträger für die Erzeugung von Wärme, Strom und Kraftstoff genutzt wird. Den Forstbetrieben bringt der Verkauf von Holz bundesweit derzeit etwa 4 Milliarden Euro pro Jahr ein, was 78 % ihrer Gesamterträge entspricht. Der Wald ist Grundlage für die Einkommen der Waldbesitzer und schafft Arbeitsplätze: etwa 1,1 Millionen Beschäftigte arbeiten in Deutschland im Wirtschaftsbereich «Forst und Holz».

Schutzfunktion

Wald hat viele Funktionen, die dem Schutz des Menschen und seiner Umwelt dienen. Er

- bindet Kohlendioxid in seiner Biomasse und trägt so bei einer nachhaltigen und naturnahen Bewirtschaftung zu einer Verminderung des Treibhauseffektes bei,
- ist Wasserspeicher und hat eine regulierende Wirkung auf den Wasserhaushalt. Wald kann Wasser über einen längeren Zeitraum und in größerer Menge speichern als eine vergleichbare Freifläche. Dadurch hat er eine wichtige Funktion im Hochwasserschutz. Außerdem ist Wasser aus dem Wald weitgehend unbelastet von Dünger und Pflanzenschutzmitteln. Ein großer Teil unseres Trinkwassers stammt aus Wäldern,
- schützt vor Lawinen, Steinschlag und Murenabgängen. Wald reduziert Gesteins- und Erdbewegungen aufgrund der Durchwurzelung des Bodens und des Pufferns der erosiven Kräfte von Wasser. Wald wirkt wie ein Nagelbrett und erschwert oder verhindert dadurch die Auslösung von Lawinen in bewaldeten Gebieten. Abgehende Lawinen werden durch Wald in ihrer Wucht gebremst,
- ist Lebensraum für viele verschiedene Tier- und Pflanzenarten und
- schützt vor Lärm und Immissionen. Durch seine Filterwirkung von Staub und Gasen aus der Luft trägt der Wald entscheidend zu einer Verbesserung der Luftqualität bei. Und auch Lärm wird vom Wald deutlich abgedämpft.

Erholungsfunktion

Menschen halten sich gerne in ihrer Freizeit im Wald auf. Sie schätzen besonders die saubere Luft (Wippermann & Wippermann 2010). Sie ist angereichert mit den Duftstoffen der Bäume, die das Immunsystem stärken (Li et al. 2007) und beim Stressabbau helfen. Neben der Naherholung wird der Wald für verschiedenste sportliche Aktivitäten besonders wertgeschätzt, wobei die Kombination aus Bewegung, Sinneseindrücken und Naturerleben den besonderen Reiz ausmacht.

Biodiversitätsleistungen		
Regulationsleistungen	**Versorgungsleistungen**	**Kulturelle Leistungen**
Lokale Klimaregulierung	Holz	Landschaftsästhetik
Globale Klimaregulierung	Holzbrennstoff	Inspiration
Hochwasserschutz	Energiepflanzenanbau	Erholung und Tourismus
Grundwasserneubildung	Wald- und Wildprodukte	Bildung
Luftqualitätsregulierung		Intrinsischer Wert der Biodiversität
Erosionsregulierung		
Nährstoffregulierung		
Wasserreinigung		

Ökosystemleistungen

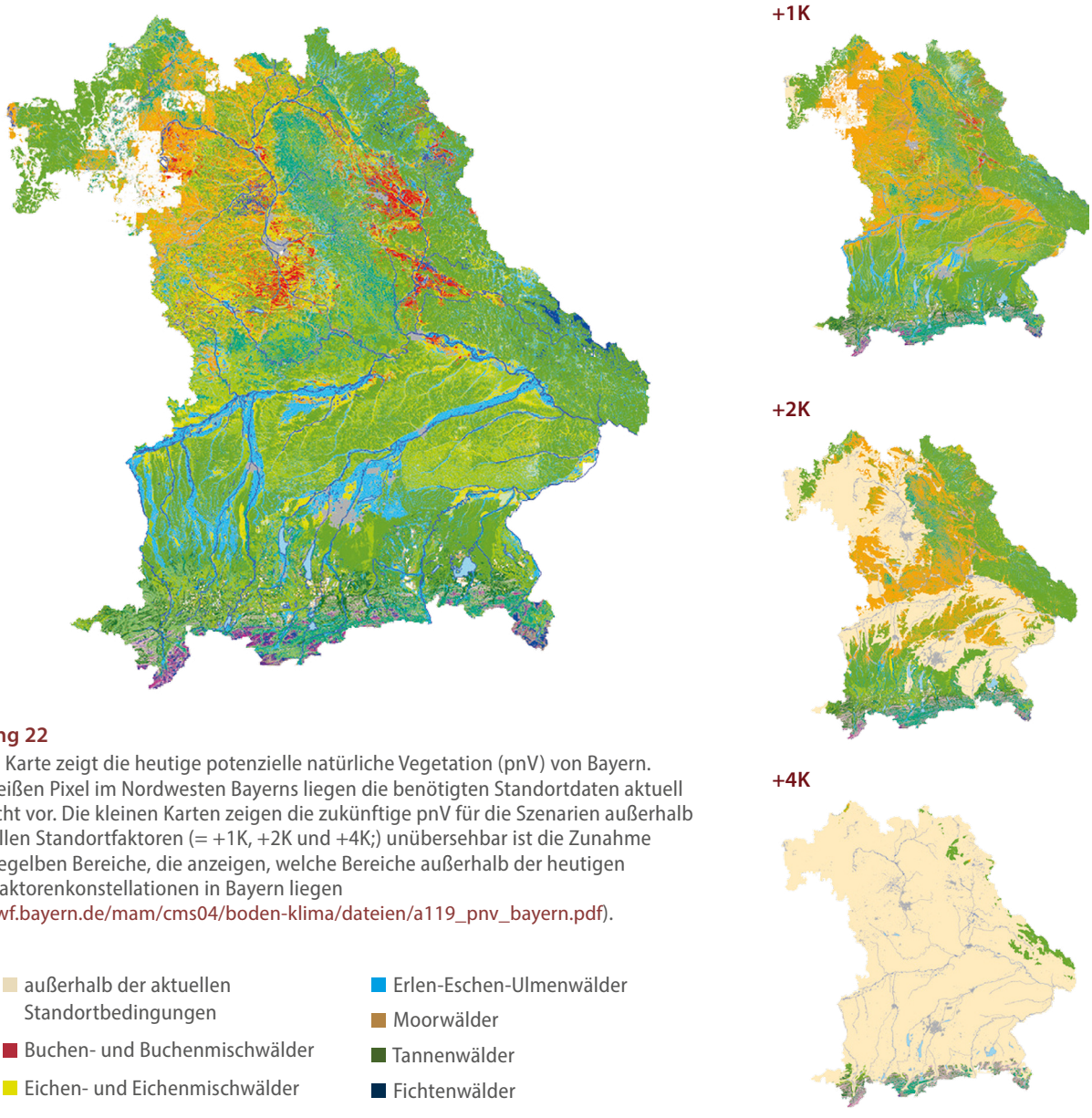


Abbildung 22
Die große Karte zeigt die heutige potenzielle natürliche Vegetation (pnV) von Bayern. Für die weißen Pixel im Nordwesten Bayerns liegen die benötigten Standortdaten aktuell (noch) nicht vor. Die kleinen Karten zeigen die zukünftige pnV für die Szenarien außerhalb der aktuellen Standortfaktoren (= +1K, +2K und +4K;) unübersehbar ist die Zunahme der vanillegelben Bereiche, die anzeigen, welche Bereiche außerhalb der heutigen Standortfaktorenkonstellationen in Bayern liegen (› www.lwf.bayern.de/mam/cms04/boden-klima/dateien/a119_pnv_bayern.pdf).



Abbildung 23
Störungen wie Sturmschäden sind Teil einer natürlichen Walddynamik. Durch den Klimawandel nehmen jedoch Wetterextreme wie Hitze, Starkniederschläge oder Stürme zu. Besonders anfällig sind intensiv bewirtschaftete Wälder mit einer geringen Baumartenvielfalt (Foto: Gerd Röder/piclease).

3.3.1.5 Ökosystemleistungen des Waldes

Wälder haben eine Fülle unterschiedlicher Funktionen, von denen wir Menschen in vielerlei Hinsicht profitieren. Das forstliche Konzept der «Waldfunktionen», differenziert die Beiträge des Waldes in die Schutz-, Nutz- und Erholungsfunktion (siehe Box «Waldfunktionen»). Daneben wurde in den vergangenen Jahren das Konzept der «Ökosystemleistungen» (ÖSM) entwickelt (Daily 2013), das sich auf fast alle Ökosysteme anwenden lässt. Es gilt heute als Schlüsselkonzept an der Schnittstelle zwischen natur- und sozialwissenschaftlicher Forschung. Das Konzept der ÖSM ähnelt dem der Waldfunktionen, trotzdem gibt es in wesentlichen Punkten Unterschiede (Bürger-Arndt 2012). Zum Beispiel geht das ÖSM-Konzept davon aus, dass eine hohe Biodiversität eine Voraussetzung für die vielfältigen Leistungen der Ökosysteme für den Menschen ist, während das Konzept der Waldfunktionen die Artenvielfalt als «Produkt» des Waldes begreift.

3.3.1.6 Wälder im Klimawandel

Störungsereignisse wie Waldbrände, Windwurf oder Überschwemmungen sind ein wichtiger Teil der natürlichen Walddynamik. Der Klimawandel und die anthropogene Homogenisierung der Wälder (zum Beispiel Fichtenreinbestände auf großer Fläche) führen jedoch zu einer deutlichen Zunahme dieser Ereignisse. Wetterextreme wie Hitze und Dürre aber auch Starkregenereignisse und Überschwemmungen schwächen die Bäume und machen sie anfällig gegenüber Krankheiten oder Befall von Insekten. Mittlerweile sind mehr als die Hälfte der europäischen Wälder potenziell durch Wind-

wurf, Waldbrände, Insektenkalamitäten oder eine Kombination aus mehreren dieser Faktoren gefährdet (Forzieri et al. 2021). Langfristig nimmt die Eignung vieler Baumarten für ihren aktuellen Wuchsort ab, da sie aufgrund ihrer langen Generationszeiten mit den relativ schnell eintretenden Umweltveränderungen nicht Schritt halten können (siehe Abbildung 22).

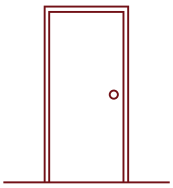
Bestimmte Baumarten leiden dabei aufgrund ihrer autökologischen Ansprüche mehr als andere. Beispielsweise ist die Fichte – natürlicherweise eine Baumart der kühlen Hochlagen der Mittelgebirge und der Alpen – besonders betroffen, da höhere Durchschnittstemperaturen und Trockenheit die Harzproduktion und damit ihre Widerstandskraft gegenüber den verschiedenen Borkenkäfer-Arten reduziert. Darüber hinaus ist sie als Flachwurzler schneller Trockenstress und Sturmwurf ausgesetzt; da sie wegen ihrer schnellen Wuchsleistung häufig außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets angebaut wurde und wird, verschlechtert sich die Situation für diese Baumart künftig noch stärker (BMEL 2021).

Mit Blick auf die vielfältigen Ökosystemleistungen des Waldes stellt die Anpassung und klimaresiliente Entwicklung der Waldökosysteme heute eine zentrale, gesamtgesellschaftliche Aufgabe dar (BMEL 2019). Eine wichtige Maßnahme hierfür ist der Umbau von Fichten- oder Kiefern-Wäldern hin zu struktur- und artenreichen sowie mehrschichtigen Mischwäldern mit Baumarten, die eine breite ökologische Amplitude aufweisen. Aufgrund der ökologischen und physiologischen Potenziale der Baumarten und der genetischen und strukturellen Vielfalt erhöht sich dadurch die Anpassungs- und Widerstandsfähigkeit des gesamten Ökosystems gegenüber klimawandelbedingten Störungen (zum Beispiel Pretzsch et al. 2013; Schelhaas et al. 2003). Die günstigste und natürlichste Form des Waldumbaus ist dabei die Naturverjüngung, bei der einzelne Bäume aus dem Bestand entfernt werden, um Keimlingen umstehender Bäume den Aufwuchs zu ermöglichen. Häufig wird dies jedoch nicht zu einem Baumartenwechsel führen, sodass an manchen Standorten gezielt wärmetolerante und standortangepasste Arten angepflanzt werden müssen (künstliche Verjüngung beziehungsweise «assisted migration» (zum Beispiel Williams & Dumroese 2013).

SEP OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL Aug

3.3.2 WA 1: Wälder haben vielfältige Funktionen

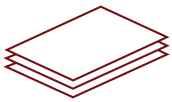
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

Grundlegende Informationen

Seit Jahrhunderten hat der Mensch die Wälder nach seinen Bedürfnissen (um-)gestaltet, denn kaum ein Ökosystem bietet dem Menschen so viele Möglichkeiten, diesen Bedürfnissen gerecht zu werden. So werden durch Forstwirtschaft nachwachsende Naturprodukte genutzt, Erholungsmöglichkeiten für die Bevölkerung geschaffen und Schutzleistungen erbracht. Je nach Struktur und Aufbau der Wälder erfüllen diese bestimmte Funktionen besonders gut und andere weniger. Diese Unterrichtsstunde zielt darauf ab, den SuS am Beispiel des Ökosystems Wald aufzuzeigen, welche Funktionen Wälder für den Menschen erfüllen und welche besonderen Strukturen diese Wälder dazu aufweisen. Darüber hinaus soll deutlich werden, dass es nicht «den einen Wald» gibt, sondern viele verschiedene Waldtypen, deren unterschiedliche Strukturen das große Potenzial des Ökosystems Wald sind.

Durchführung

Leitfrage der Stunde: Welche Bedeutung hat der Wald für den Menschen und welche Strukturen des Waldes sind an diese Funktionen geknüpft?

Einstieg
Es werden drei Waldbilder gezeigt (Präsentation, Download siehe Materialien), aus deren Beschreibung die SuS selbst herleiten, dass der Wald unterschiedliche Funktionen erfüllt. Der Mensch gestaltet die Struktur des Waldes so, dass er bestimmte Funktionen besonders erfüllen kann.

Erarbeitung: Gruppenpuzzle
In den Expertengruppen werden mit Hilfe von Texten die einzelnen Funktionen erarbeitet. Anschließend werden in den Stammgruppen die Ergebnisse auf einem Arbeitsblatt gesichert.

Abschluss
Am Beispiel einer fiktiven Grafik wird diskutiert, an welchen Orten der Wald welche Funktionen übernehmen kann/soll und welche Strukturen der entsprechende Wald aufweisen muss.

Aufgaben

siehe Gruppenpuzzle

Leistungserhebung

Möglich, steht aber nicht im Vordergrund.

MATERIALIEN

- **S_WA 1 Arbeitsblatt:** Gruppenpuzzle-Texte für die Arbeit in den Expertengruppen
- **S_WA1.2 Arbeitsblatt:** Arbeit in der Stammgruppe
- **S_WA1.3 Grafik** Waldfunktionen
- **L_WA1.1 Hefteintrag:** Bedeutung des Ökosystems Wald für den Menschen
- **Präsentation**
  › https://moodle-files.alp.dillingen.de/oekologie/08/wa1-001.pptx



3.3.2.1 S_WA 1.1 Arbeitsblatt: Gruppenpuzzle – Texte für die Arbeit in den Expertengruppen

Gruppe 1

Der Wald als Lebensraum – ökologische Vielfalt

Wälder sind ein einzigartiger Lebensraum: Hier wachsen neben verschiedenen Baumarten diverse Sträucher, Kräuter und Gräser, Farne, Moose, Flechten und eine Vielfalt von Pilzen. Hier leben viele verschiedene Tierarten, von kleinsten Lebewesen im Waldboden über Reh und Rothirsch hin zu Vögeln an Waldsäumen und in Baumkronen. Je reicher an verschiedenen Strukturen und Pflanzenarten ein Wald ist (verschiedenen Baumarten in verschiedenen Altersstufen, Totholz, Saumstrukturen, Lichtungen und so weiter), desto mehr verschiedene Arten finden einen Platz in diesem System. Somit leistet der Wald einen Beitrag zum Erhalt der heimischen Artenvielfalt.

Wald und Boden

Eine wichtige Funktion übernehmen Wälder, wenn es um den Schutz vor Naturgewalten geht. Wälder speichern durch ihre besondere Bodenbeschaffenheit Wasser und geben es nur langsam ab. Zudem trägt ein breites Kronendach zu einer gesteigerten Verdunstung von Wasser bei. Auf diese Weise tragen Wälder effektiv zum Hochwasserschutz bei und wirken zusätzlich temperaturausgleichend.

Ein durchgehender Bodenbewuchs (beispielsweise aus Moosen und Farnen) schützt den Boden vor Erosion. Ist der Boden bedeckt, können Wind und Regen kaum nährstoffreiche Schichten abtragen. Bäume und Sträucher bieten zusätzlichen Schutz vor Wind.

In Gebirgen verhindern Wälder durch die Festigung des Bodens mit ihren Wurzeln den Abgang von Erdrutschen. Zusätzlich schützen Wälder die Siedlungen vor Lawinen. Grundsätzlich haben Fichten ein weniger tief reichendes Wurzelsystem, als Buchen oder Eichen. An das rauere Klima in höheren Lagen sind jedoch Nadelbäume besser angepasst als Laubbäume.

Arbeitsaufträge

1. **Fasse** den Beitrag des Waldes zum Naturschutz und zum Schutz vor Naturgewalten **zusammen**.

2. **Beschreibe** den passenden Aufbau (= die Struktur) eines Waldes, der Tieren einen optimalen Lebensraum bietet, sowie den Aufbau eines Waldes, der besonders vor Naturgewalten schützt.

3. **Beurteile**, ob sich die verschiedenen Anforderungen an den Aufbau des Waldes widersprechen oder ergänzen.

3.3.2.1 S_WA 1.1 Arbeitsblatt: Gruppenpuzzle – Texte für die Arbeit in den Expertengruppen

Gruppe 2

Wunderwerk Holz

Holz ist ein vielseitiger, nachwachsender Rohstoff mit meist kurzen Transportwegen, leicht zu bearbeiten und in der Entsorgung unschädlich. Damit ist er einer der wichtigsten Rohstoffe unserer Zivilisation. Mit dem Beginn des Sesshaftwerdens des Menschen startet auch die Erfolgsgeschichte des Holzes. Schon früh wurde Holz als Baumaterial für Häuser und als Brennstoff verwendet. Bis über das Mittelalter hinaus wurden die meisten Gegenstände des täglichen Gebrauchs aus Holz gefertigt und mit immer mehr Errungenschaften der Technik verbreiterte sich der Einsatzbereich von Holz (Schiffsbau, Glas- und Metallindustrie).

Die Beliebtheit des Holzes ist auf seine enorme Vielfalt an Eigenschaften zurückzuführen. Zu den wichtigsten Holzeigenschaften gehören neben dem Aussehen (Maserung, Tönung) und Gewicht, die Biege-, Druck- und Zugfestigkeit. Daher gibt es für fast jeden Anwendungsbereich die passende Holzart. Es zählt zu den Aufgaben eines Försters, Holz für verschiedene Anwendungsgebiete aus dem Wald auszuwählen. So braucht man für Bauholz zum Beispiel möglichst lange und gerade Stämme.

Papierproduktion

Am meisten Holz wird momentan in der Papier - und Zellstoffindustrie gebraucht. Laut WWF wird weltweit fast jeder zweite gefällte Baum zu Papier verarbeitet. Jeder Deutsche verbraucht durchschnittlich 240 kg Papier im Jahr, das entspricht umgerechnet etwa einem Harry-Potter-Band am Tag.

Holz als Brennstoff

Vor der Industrialisierung war Holz als Brennstoff selbstverständlich. Mit dem Aufkommen von Erdöl und Erdgas und neuen Möglichkeiten, Kohle aus großen Tiefen zu fördern, schwand die Bedeutung des Holzes. Dieser Trend kehrte sich mit dem Anstieg der Energiepreise wieder um. Die Verbrennung von Holz läuft nie vollständig ab und es entstehen neben gesundheitsgefährdenden Luftschadstoffen auch klimaschädliches Methan, Lachgas und Ruß. Holz kann daher nicht pauschal als treibhausgasneutral bezeichnet werden. Das Verbrennen von Holz sollte daher möglichst emissionsarm und mit einem möglichst hohen Wirkungsgrad erfolgen.

Der Wirtschaftswald

Um die Erträge zu steigern, gibt es verschiedene Ansätze der Waldbewirtschaftung. So wurden früher oft nur wenige Baumarten gefördert und Totholz, wirklich alte Bäume, Strauch- und Pioniergesellschaften fanden weniger Platz. Heutzutage wird versucht mit möglichst vielen Baumarten einen gesunden, stabilen und wirtschaftlichen Wald zu erhalten. Viele Baumarten ergänzen sich in ihren Standortsansprüchen und Schäden durch beispielsweise Sturm oder Borkenkäfer können durch unterschiedliche Baumarten besser kompensiert werden.

Wichtig für einen wirtschaftlichen Wald ist zudem ein gut erschlossenes Wegenetz, damit der Abtransport ökonomisch und mit weniger Schäden am verbleibenden Bestand erfolgen kann

Arbeitsaufträge

1. **Fasse** die wirtschaftliche Bedeutung des Holzes **zusammen!**
   Ergänze die Liste gegebenenfalls mit eigenen Erfahrungen.

2. **Beschreibe** den passenden Aufbau (= die Struktur) eines Waldes, der die Anforderungen der Holzwirtschaft optimal erfüllen kann.

3. **Überlege** dir, ob der Verwendungszweck (zum Beispiel Papierherstellung oder Verwendung zur Möbelherstellung) besondere Anforderungen an das Holz stellt!

3.3.2.1 S_WA 1.1 Arbeitsblatt: Gruppenpuzzle – Texte für die Arbeit in den Expertengruppen

Gruppe 3

Bindung von Kohlenstoffdioxid und Produktion von Sauerstoff

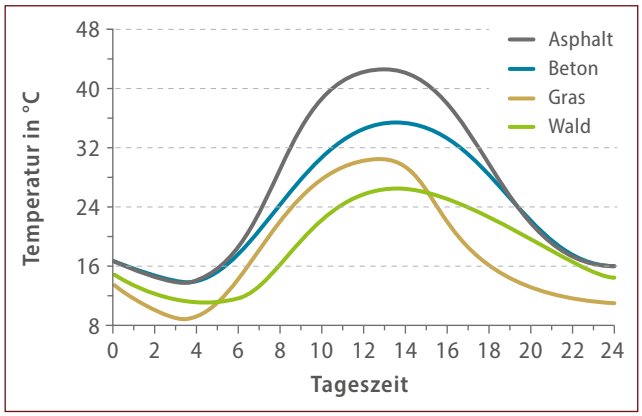
Insgesamt nutzt ein Wald zirka 80 % der auf ihn treffenden Sonnenstrahlen (= Energie). Durch Photosynthese in den Blättern wird der Kohlenstoff aus einem Kohlenstoffdioxid-Molekül (CO_2) in Form organischer Stoffe gespeichert. So lange ein Baum wächst, bindet er somit Kohlenstoff-Atome. Je älter die Bäume eines Waldes sind, desto weniger zusätzliches Kohlenstoffdioxid kann vom Wald gebunden werden. Umgekehrt wird beim Abbau von Holz – sowohl beim Verbrennen durch den Menschen zur Energiegewinnung, bei Waldbränden oder durch natürliche Verrottung – Kohlenstoffdioxid freigesetzt. In langlebigen Holzprodukten (zum Beispiel Dachstühlen) bleibt das Kohlenstoffdioxid besonders lang gespeichert. Als Nebenprodukt der Photosynthese entsteht Sauerstoff (O_2). Die Menge Sauerstoff, die ein Mensch im Jahr benötigt, wird im gleichen Zeitraum von einem Laubbaum mit einem Kronendurchmesser von zirka 5 m gebildet.

Luftreinigung

Wälder leisten einen wertvollen Beitrag zur Reinigung der Luft, denn sie befreien sie von Staub und Abgasen. Kleinste Staubpartikel setzen sich auf den Blättern ab und werden mit dem Regen abgespült und im Boden gebunden. Je größer die Oberfläche eines Baumes, desto mehr Luft kann gefiltert werden. Eine etwa 100-jährige Eiche filtert im Jahr zirka 11 t Staub und Schadstoffe aus der Luft. Nadelbäume filtern die Luft auch im Winter, wenn die Laubbäume keine Blätter tragen.

Wasserqualität

Für die Trinkwassergewinnung ist der Wald von großer Bedeutung. Die Beschaffenheit des Waldbodens macht ihn zu einem perfekten Filter zur Wasserreinigung. Der Boden kann Wasser speichern wie ein Schwamm (Schatten reduziert Verdunstung; Moosschicht; Streu aus Blättern, Nadeln und Ästen; Humusschicht) und gibt es nur langsam nach unten an die tieferliegenden Schichten ab. Vergleichende Messungen in Bächen aus einem kahlgeschlagenen und einem bewaldeten Einzugsgebiet zeigten, dass im Wasser des bewaldeten Einzugsgebiets deutlich weniger Schwebstoffe zu finden waren. Zudem kommen Dünger und Pflanzenschutzmittel im Wald kaum zum Einsatz und gelangen dort so gut wie nicht ins Grundwasser. In Bayern sind fast 95 % des geförderten Trinkwassers reines Grundwasser.



Temperatur

Wälder tragen zu einem gemäßigten Klima bei. Bei Hitze spenden sie Schatten und die Verdunstung von Wasser entzieht der Umgebung zusätzlich Wärme. Im Gegensatz dazu bieten Wälder bei Kälte Schutz vor Wind und Wetter.

Arbeitsaufträge

1. **Fasse** die Bedeutung des Waldes für den Umweltschutz **zusammen**.

2. **Beschreibe** den passenden Aufbau (= die Struktur) eines Waldes, der zum Umweltschutz beiträgt.

3. **Überlege,** welche Folgen eine steigende Nachfrage nach Holz (zum Beispiel als Heizstoff) für die Natur haben kann.

3.3.2.1 S_WA 1.1 Arbeitsblatt: Gruppenpuzzle – Texte für die Arbeit in den Expertengruppen

Gruppe 4

Der Wald als Erholungsraum

Viele Menschen suchen als Ausgleich zu ihrem Arbeitsalltag Erholung in der Natur. Der Wald bietet hierfür die ideale Kulisse: Egal ob ein Mensch die Ruhe und Abgeschiedenheit sucht, einen Sonntagsausflug mit den Kindern plant oder ob sich ein Sportler auspowern möchte. Auch für Ruhesuchende ist der Wald der perfekte Ort: Wälder tragen zum Lärmschutz bei. Insbesondere, wenn sie einen gestuften Aufbau vorweisen (verschieden alte und unterschiedlich hohe Bäume, Hecken und so weiter), schirmen sie Lärm von Straßen, Flugverkehr oder Industrie ab. Für Sportler bietet ein Wald mit vielen verschlungenen und naturbelassenen Wegen die richtige Abwechslung und auch Familien fühlen sich hier wohl.

Waldapotheke

Der Wald hält viele Heilpflanzen und Wildkräuter bereit. Viele wilde Pflanzen, wie Waldmeister, Leberblümchen, Bärlauch und Lindenblüten, aber auch Pilze, haben einen hohen Nährwert und enthalten viele Vitamine und Mineralsalze (zum Beispiel Kalzium-, Eisensalze). Aus der Rinde oder den Blättern mancher Bäume können Tees zubereitet werden, da sie Gerb- und Bitterstoffe sowie ätherische Öle enthalten. Welcher Baum und welcher Bestandteil davon für welche Beschwerden eingesetzt werden kann, muss man aber gut nachlesen, damit man sich nicht aus Versehen vergiftet. Darüber hinaus sind schon in der Waldluft gesundheitsfördernde ätherische Öle enthalten. Und die vorherrschende Farbe Grün hat wissenschaftlich erwiesen eine beruhigende und blutdrucksenkende Wirkung auf den Menschen.

Tourismus

Dadurch, dass die Vorstellung des Menschen von Natur oft durch den Wald mitgeprägt ist und in unseren Breiten der Wald als «die Natur» gilt, nutzen viele Ferienorte das Bild des Waldes für Werbung. In Urlaubsangeboten wird auf Aktivitäten in und um den Wald verwiesen. Das trägt dazu bei, dass in den Ferienregionen versucht wird, einen naturnahen sowie arten- und strukturreichen Wald zu erhalten.

Aber der Tourismus bringt gerade für den Wald auch Nachteile mit sich: Zunächst müssen bessere Zufahrtswege geschaffen und auch die Wanderwege durch den Wald ausgebaut werden. Viele Besucher lassen Müll in der Natur zurück, was sich als Todesurteil für einige Tiere erweisen kann. Des Weiteren verursachen mehr Menschen auch mehr Lärm und schnell kann es mit der Ruhe, die man im Wald gesucht hat, vorbei sein. Das stört auch die Tiere des Waldes. Letztendlich ist das Ziel eines nachhaltigen und «sanften» Tourismus, die Interessen der verschiedenen Touristengruppen und die der Natur zu berücksichtigen.

Arbeitsaufträge

1. **Fasse** die gesundheitliche Bedeutung des Waldes sowie die Vor- und Nachteile des Tourismus **zusammen.**

2. **Beschreibe** den passenden Aufbau (= die Struktur) eines Waldes, der die Anforderungen, die Erholungssuchende an ihn stellen, erfüllt.

3. **Überlege** dir, inwiefern verschiedene Beschäftigungen im Wald in Konflikt geraten können.

3.3.2.2 **S_WA 1.2 Arbeitsblatt:** Arbeit in der Stammgruppe

Arbeitsaufträge für die Stammgruppen

1. Ordnet die Waldfunktionen den unten aufgeführten Überbegriffen zu!

   - **Schutzfunktion**

   - **Erholungsfunktion**

   - **Nutzfunktion**

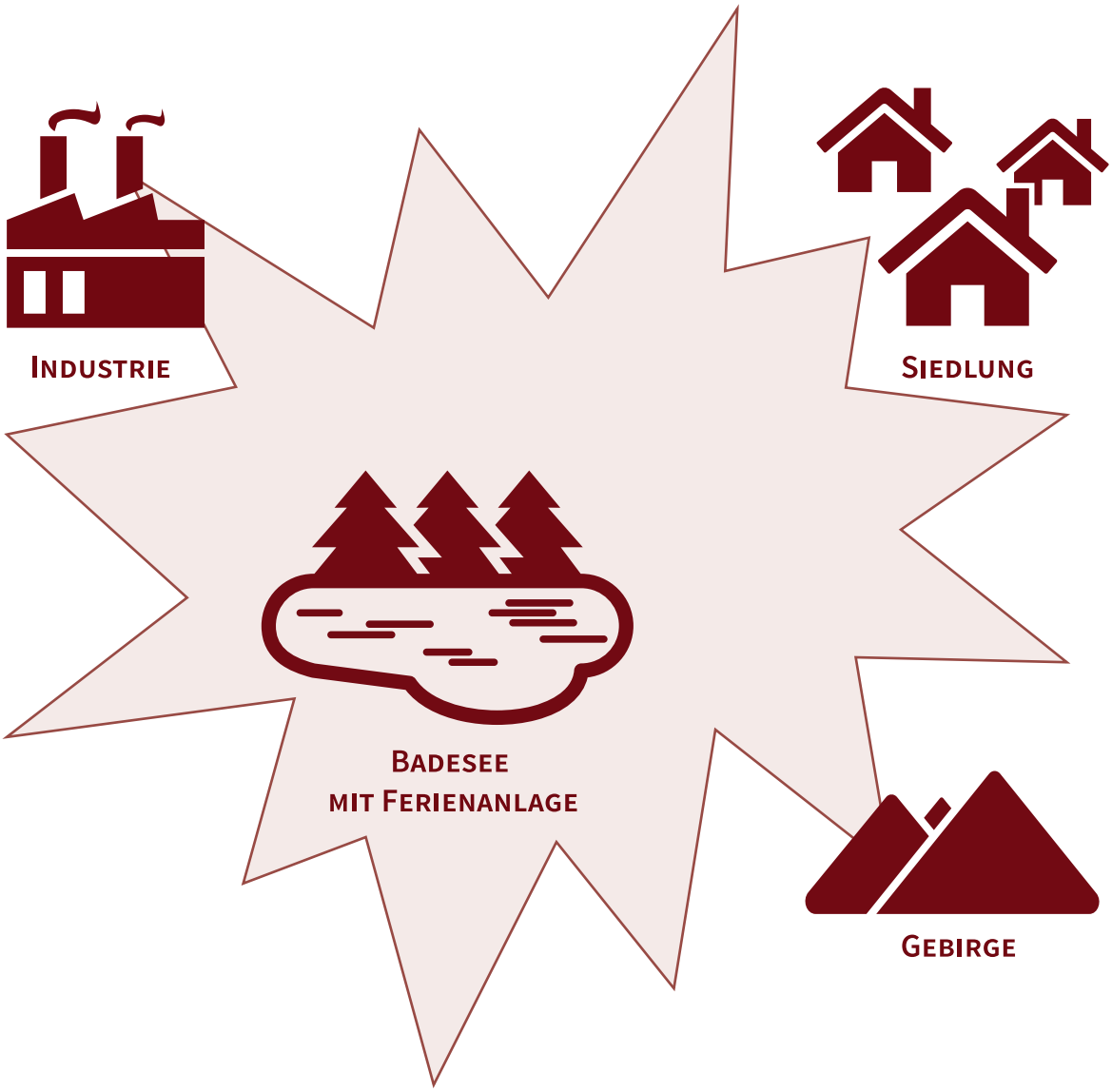
2. Vergleiche die Anforderungen, die jeweils die Schutz-, Nutz- und Erholungsfunktion an die Gestaltung des Waldes stellen! Trage dazu in die Tabelle bei den jeweiligen Kriterien ein + oder – ein!

Kriterium	Schutzfunktion	Erholungsfunktion	Nutzfunktion
Gut erschlossenes Wegenetz			
Viele verschiedene Baumarten in verschiedenen Altersstufen			
Totholz			
Lichtungen (etwa mit Kräutern, Blütenpflanzen)			
Dichtes Unterholz (Sträucher und so weiter)			

3.3.2.3 **S_WA 1.3 Arbeitsblatt:** Grafik – Waldfunktionen

Arbeitsauftrag

Diskutiere, an welchen Orten in der Abbildung der Wald welche Funktionen übernehmen kann/soll und welche Strukturen der entsprechende Wald dafür aufweisen muss!



3.3.2.4 L_WA 1.1 Hefteintrag: Bedeutung des Ökosystems Wald für den Menschen

Hefteintrag

Anmerkung: Sicherung erfolgt auf dem Arbeitsblatt zum Gruppenpuzzle; Musterlösung der Tabelle ist nur als Anhaltspunkt zu verstehen!

1. Übersicht

- Schutzfunktion
  - Beitrag zum Klimaschutz: Sauerstoffproduktion, CO_2-Bindung, Wärmeregulation (Schatten und Verdunstung bei Hitze, Windschutz bei Kälte)
  - Filterfunktion:
    Kronendach: Staub und Abgase
    Waldboden: Wasser › Trinkwasserbildung
  - Erosionsschutz (Bodenbefestigung), Lawinen- und Hochwasserschutz
  - Naturschutz: Lebensraum für Tiere und Pflanzen
  - Lärmschutz

- Erholungsfunktion
  - Erholungsraum: Sport, Wandern, Entspannung
  - Luftkurorte

- Nutzfunktion
  - Holzlieferant: Baumaterial, Brennstoff, Papier
  - Regionale Produkte: Kräuter, Pilze, Wildfleisch und so weiter

2. Anforderungen, die jeweils die Schutz-, Nutz- und Erholungsfunktion an die Gestaltung des Waldes stellen:

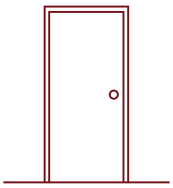
Kriterium	Schutzfunktion	Erholungsfunktion	Nutzfunktion
Gut erschlossenes Wegenetz	– zum Beispiel, wenn Wege Ansätze für Erosion oder Windwurf bieten) + Schutzfunktionen können oft nur durch eine bestimmte Bewirtschaftung gewährleistet werden	+ selbst Pilzsucher benötigen das Wegenetz zur Orientierung	+
Viele verschiedene Baumarten in verschiedenen Altersstufen	+	+	+ nachhaltiges Wirtschaften!
Totholz	+ Lebensraum für Insekten und Pilze, Lawinenschutz auch durch liegendes Totholz	– vor allem als abbrechende Gefahrenquelle + viele schätzen das Wilde/Bizarre	± Menge wird verringert, Technik wird erschwert
Lichtungen (etwa mit Kräutern, Blütenpflanzen)	– Erosionsschutz + Artenschutz	+	+ Holzzuwachs
Dichtes Unterholz (Sträucher und so weiter)	+ bremst Wind, Wasser, bietet Verstecke	+ (besonders reizvoll, aber im Wechsel mit Ausblicken)	+ Verjüngung – nächste Waldgeneration im Wartestand

Merke: Damit der Wald bestimmte Funktionen erfüllen kann, braucht er die passenden Strukturen. Diese Strukturen schafft die Forstwirtschaft und beeinflusst damit den Großteil der Wälder in Bayern. Urwälder sind in Bayern nur noch in 0,5 % aller Wälder anzutreffen. Zur Förderung der Biodiversität besteht in Bayern das Ziel ab 2023, auf 10 % der Staatswaldfläche dauerhaft kein Holz mehr einzuschlagen.

SEP OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL Aug

3.3.3 WA 2: Der Wald als System

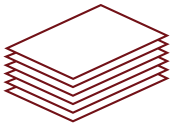
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

Grundlegende Informationen

Die Menschen stellen viele Ansprüche an den Wald. Er soll wirtschaftliche Interessen erfüllen, Erholungsmöglichkeiten bieten und darüber hinaus Schutzleistungen für die Existenz von Mensch und Tier erbringen. Daraus ergibt sich die schwierige Aufgabe abzuwägen, welche Eingriffe in diesen Lebensraum vorgenommen werden können beziehungsweise dürfen, um all diese Funktionen möglichst weitgehend zu erfüllen. Zusätzlich stellt sich die Frage, welche menschlichen Handlungen nachhaltig dazu beitragen, das Ökosystem Wald zu erhalten.

Diese Unterrichtsstunde zielt darauf ab, den SuS am Beispiel des Ökosystems Wald aufzuzeigen, inwiefern menschliche Interessen und daraus resultierende Eingriffe die Struktur von Wäldern beeinflussen. Dazu beschreiben die SuS mit Hilfe eines vereinfachten kybernetischen Regelkreises den Einfluss des Menschen auf das Ökosystem Wald durch verschiedene, gestaltende Eingriffe. Diese modellhafte Darstellung wird bezüglich ihrer Vor- und Nachteile (Grenzen) diskutiert und erweitert. Darüber hinaus gilt es abzuwägen und zu bewerten, welche Interessen bei der Gestaltung des Ökosystems Wald berücksichtigt und welche Anforderungen nicht umgesetzt werden sollen (was wiegt schwerer?) respektive können («sprengt Grenzen» des Ökosystems?).

Durchführung

Als Einstieg könnten extreme menschliche Eingriffe in das Ökosystem Wald gegenübergestellt werden. Ein Beispiel sind die massiven Abholzungen zu Zeiten der Römer im Süden Europas. Statt Steineichenwäldern sind dort vielerorts die heute bekannte Macchia oder Garigue (Strauch-/Buschlandschaft) zu sehen, die sich höchstens nach sehr langer Regenerationszeit zu den Wäldern zurückentwickelt. Ein weiteres Beispiel sind Fichtenmonokulturen, die einen massiven Eingriff des Menschen darstellen. Borkenkäfer können sich exponentiell vermehren. Im heutigen Nationalpark Bayerischer Wald erholen sich die Bestände erst nach längerer Zeit und langsam entwickeln sich widerstandsfähige Waldtypen.

Aus Sicht der Natur ist dies zunächst dahingehend wertfrei, ob diese Änderungen gut oder schlecht sind.

Aus der menschlichen Sicht erfüllt der Wald bestimmte Funktionen, die für ihn von Vorteil sind (finanziell, gesundheitlich, Schutz). Die Frage tut sich auf: In welchem Rahmen kann und soll der Mensch regulierend in das Ökosystem Wald eingreifen, um möglichst viele der Funktionen nachhaltig nutzen zu können?

MATERIALIEN

- **S_WA 2 Arbeitsblatt:** Gestaltung des Waldes
- **L_WA 2 Hefteintrag:** Direkte Eingriffe des Menschen in das Ökosystem Wald

Erarbeitung

- Arbeitsblatt zu bestimmten Gestaltungsmaßnahmen
- Regelung durch den Menschen: Übersicht in Form eines Regelkreises (Messen – Vergleichen – Reagieren)
- Prinzip der Nachhaltigkeit

Abschluss

Rückbezug zum Anfang; mögliche Fragen:

- Welche Eingriffe fördern welche Strukturen?
- Wo sind Grenzen gesetzt?
- Wie wirken sich bestimmte Eingriffe des Menschen aus?

Aufgaben

Siehe S_WA 2 Arbeitsblatt: Gestaltung des Waldes

Leistungserhebung

Die beschriebene Unterrichtsstunde zielt darauf ab, über einzelne Fakten hinaus Konzepte (hier im Besonderen der Wald als System und das Prinzip der Steuerung und Regelung) zu erlernen und anzuwenden. Daher bietet sich an, dieses Konzept auf andere Beispiele zu übertragen oder es in anderen Gebieten wiederzuerkennen, um so das konzeptuelle Wissen der SuS zu fördern. Allerdings steht in dieser Unterrichtssequenz nicht die Leistungserhebung im Vordergrund, sondern das Verständnis für die Wechselwirkung zwischen dem Ökosystem Wald und den Bedürfnissen des Menschen sowie der Grenzen, die dem Menschen in seinem Handeln gesetzt sind.

3.3.3.1 **S_WA 2 Arbeitsblatt:** Gestaltung des Waldes

Ein Wald wächst auf einem Hang oberhalb einer Siedlung heran. Es sind die Baumarten Fichte, Tanne und Buche beteiligt (vergleiche Abbildung). Bei den regelmäßigen Durchforstungen wird der Förster versuchen, allen Waldfunktionen möglichst gut gerecht zu werden.

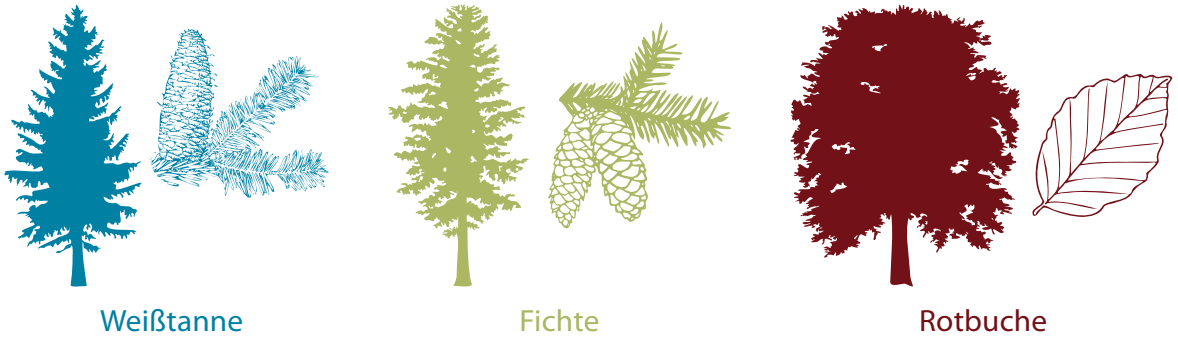
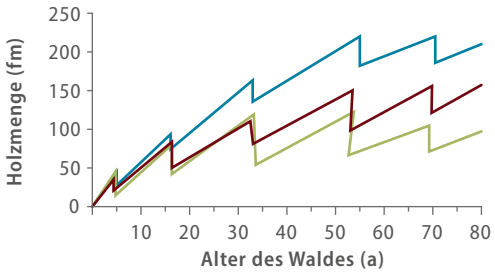


Abbildung 24
Typische Wuchsformen, Nadeln/Blätter und Früchte von Tanne, Fichte und Buche

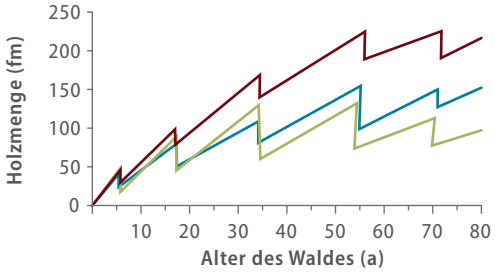
Besondere örtliche Gegebenheiten können jedoch die Bevorzugung einer bestimmten Waldfunktion erfordern. Der Förster kann dazu über die Auswahl der entnommenen Bäume den Wald entsprechend gestalten.

Ordne je eins der abgebildeten Diagramme einer der beschriebenen Situationen **zu** (ein Festmeter [fm] entspricht einem Kubikmeter fester Holzmasse)!

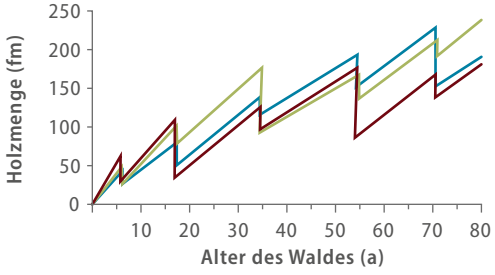
1. Der Wald liegt in einem stark frequentierten Wandergebiet. Die Gemeinde möchte den blühenden Tourismus weiter fördern und ein besonderes Waldbild anbieten. Alle anderen nahe gelegenen Waldgebiete sind stark von Nadelbäumen dominiert.



2. Der Wald soll die Siedlung vor Lawinen und Erdrutschen schützen. Die Tanne wurzelt besonders tief und stabil. Am wenigsten tief wurzelt die Fichte, die außerdem zunehmend vom Borkenkäfer bedroht ist.



3. Der Wald ist eine wesentliche Einkommensquelle im Gemeindehaushalt. Bei jeder Durchforstung wird der Schwerpunkt auf die Baumart gelegt, die am Holzmarkt aktuell besonders nachgefragt ist und somit gut bezahlt wird.



3.3.3.2 L_WA 2 Hefteintrag: Gestaltung des Waldes

Musterlösung

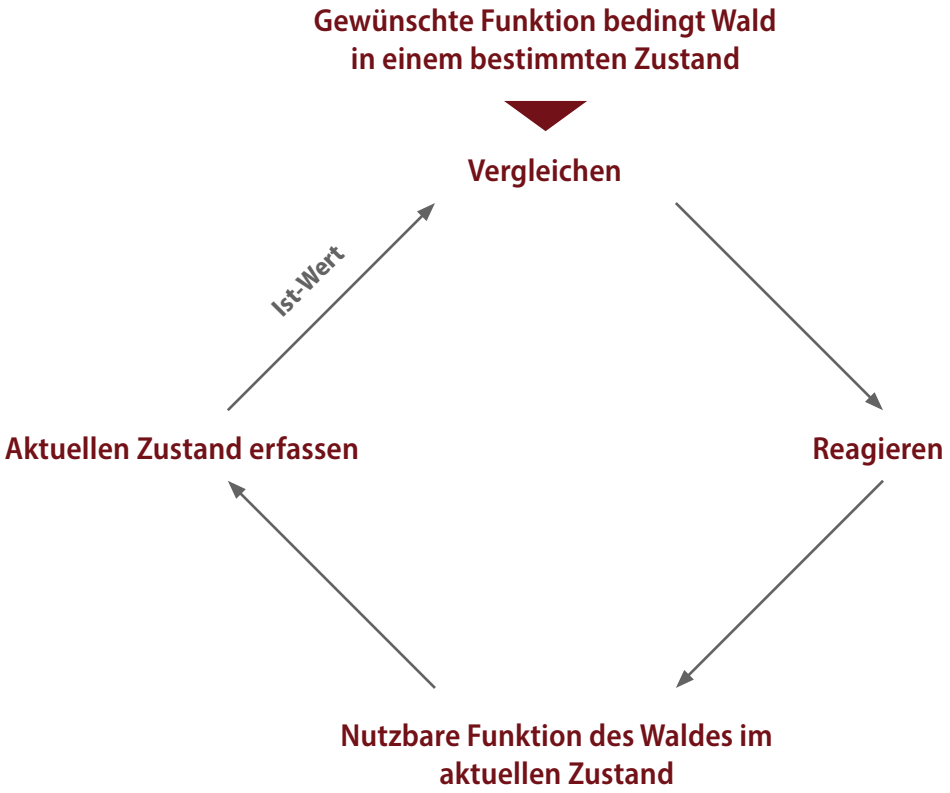
1. Gestaltung des Waldes

Arbeitsblatt

1. Diagramm 2
2. Diagramm 1
3. Diagramm 3

2. Regelung durch den Menschen

Um Waldfunktionen nachhaltig zu gewährleisten, ist im Wirtschaftswald eine sorgsame Regulation durch den Menschen nötig: Dazu zählen beispielsweise die Art und Menge der Holzentnahme bis hin zum Betretungsverbot von Waldgebieten zum Schutz der Tier- und Pflanzenwelt.



3. Prinzip der Nachhaltigkeit

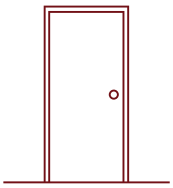
Eine Entwicklung ist nachhaltig, wenn sie den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zu gefährden.

Merke: Ein natürliches System reguliert sich selbst. Überschreitet das menschliche Eingreifen bestimmte Grenzen, ist die Fähigkeit zur Selbstregulation nicht mehr gegeben und das System kann in seiner augenblicklichen Struktur zusammenbrechen.

SEP OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL Aug

3.3.4 WA 3: Waldsterben 2.0 – indirekte Eingriffe des Menschen

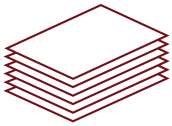
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

Grundlegende Informationen

Der Wald spielt für den Menschen seit jeher eine wichtige Rolle, sei es, um Rohstoffe und Nahrung zu gewinnen oder seinen Beitrag zum Umwelt- und Naturschutz zu leisten. Entsprechend der gewünschten Funktionen werden die Wälder in ihrer Struktur erhalten oder aktiv gefördert. Direkte Eingriffe des Menschen in das Ökosystem Wald werden in Modul 2 behandelt – dort besprochene Modellvorstellungen sind Voraussetzung für dieses Modul.

In den 1980er-Jahren zeigten sich massive, nahezu flächendeckende Schäden in den deutschen Wäldern. Das befürchtete große Waldsterben konnte durch gezielte, bis heute andauernde Maßnahmen abgemildert werden, indem der Ausstoß von Luftschadstoffen und Schwermetallen reduziert wurde. Diese Veränderungen erfolgten innerhalb des Systems und waren so noch regulierbar. Zusätzlich sorgte eine naturnähere Gestaltung der Wälder für eine gesteigerte Widerstandsfähigkeit gegenüber Wetterextremen, sodass sich die Wälder erholten.

Nach dieser Erholung der Wälder bis in die 2000er-Jahre hinein zeigen sich nun wieder zunehmende Waldschäden, deren Ursache vor allem im Klimawandel zu suchen sind. Dadurch ergibt sich eine Änderung des Systems und seiner geltenden Rahmenbedingungen an sich. Es ist unklar, inwieweit sich die Wälder in ihrer momentanen Struktur daran anpassen beziehungsweise in welchem Rahmen die Wälder den zunehmenden Wetterextremen standhalten können. Dadurch wird es zu einer Veränderung des Ökosystems an sich kommen.

In dieser Unterrichtsstunde sollen die Ursachen des Waldsterbens der Vergangenheit besprochen und mit den aktuellen Problemen verglichen werden. Dabei wird auf die Rolle des Menschen eingegangen, der durch sein Handeln auf verschiedenen Ebenen indirekt Einfluss auf die abiotischen und biotischen Faktoren des Ökosystems Wald nimmt. Es wird diskutiert, inwieweit der Regulierbarkeit eines Ökosystems Grenzen gesetzt sind, wenn sich die abiotischen Faktoren verändern.

Begleitend wird in dieser Stunde der Aufbau von Ökosystemen modellartig verdeutlicht (Elemente, Beziehungen, Grenzen, äußere Einflüsse) und erläutert, dass solche Systeme immer einer Dynamik unterliegen, welche die Struktur des Systems verändern können.

Durchführung*

Einstieg

1. Abbildung: Waldstück mit toten/geschädigten Bäumen
   › freie Assoziationen der SuS

MATERIALIEN

- **S_WA 3 Arbeitsblatt:** Waldschäden
- **L_WA 3 Hefteintrag:** Indirekte Eingriffe in Ökosysteme
- **Präsentation:** Indirekte Eingriffe
  › https://moodle-files.alp.dillingen.de/oekologie/08/wa3-001.pptx

***HINWEIS**

Ein ausführliches «Drehbuch» der Unterrichtsstunde(n) ist verfügbar unter:
› https://moodle-files.alp.dillingen.de/oekologie/08/wa3-002.pdf

2. dazu Diagramm (1980–2019)
   Anmerkung zum «weißen Bereich» im Diagramm zu den Waldschäden (2003–2012): das Trockenjahr 2003 (ein Extrem als Vorbote der Klimakrise) mit anschließender zehnjähriger Erholungsphase

Erarbeitung

1. Waldsterben in den 1980er-Jahren:
   - Arbeitsblatt: Waldschäden – Aufgaben 1, 2
     SuS ermitteln die Ursachen für das Waldsterben in den 1980ern sowie der Besserung des Waldzustandes
   - Regelkreis: Einflüsse von außen werden ergänzt
     Bezug zu Waldsterben der 1980er › war noch regulierbar
   - Modell: Aufbau Ökosystem › abiotische und biotische Faktoren = «Rahmen» inklusive Veränderung (Arten kommen dazu, andere fallen weg; trotzdem ist es ein «Wald»); indirekte Eingriffe des Menschen wirken auf den Rahmen › Schadstoffeinfluss «verkleinert» diesen Rahmen; Umkehr (= erneute Vergrößerung des Rahmens) durch technische Maßnahmen möglich

2. Neue Waldschäden (ab zirka 2010): andere Dynamik; diesmal andere Ursachen › Klimawandel (insbesondere: steigende Jahresdurchschnittstemperaturen, Veränderung beim Niederschlag)
   - Arbeitsblatt: Waldschäden – Aufgaben 3, 4
   - Modell: «Verschiebung des Rahmens»
     › Lebensbedingungen für (strukturell) wichtige Arten nicht mehr gegeben
   - Bezug zum Regelkreis: Regulierung (im Sinne des Erhalts von Wald in momentaner Struktur) eventuell nicht mehr möglich

Abschluss

Offene Diskussion über Maßnahmen gegen den Klimawandel

Aufgaben

Siehe S_WA 3 Arbeitsblatt: Waldschäden

Leistungserhebung

Diese Unterrichtsstunde soll den SuS verdeutlichen, den Wald als System, dem Grenzen der Regulierbarkeit gesetzt sind, besser zu verstehen. Daher steht die Leistungserhebung nicht im Vordergrund.

3.3.4.1 **S_WA 3 Arbeitsblatt:** Waldschäden

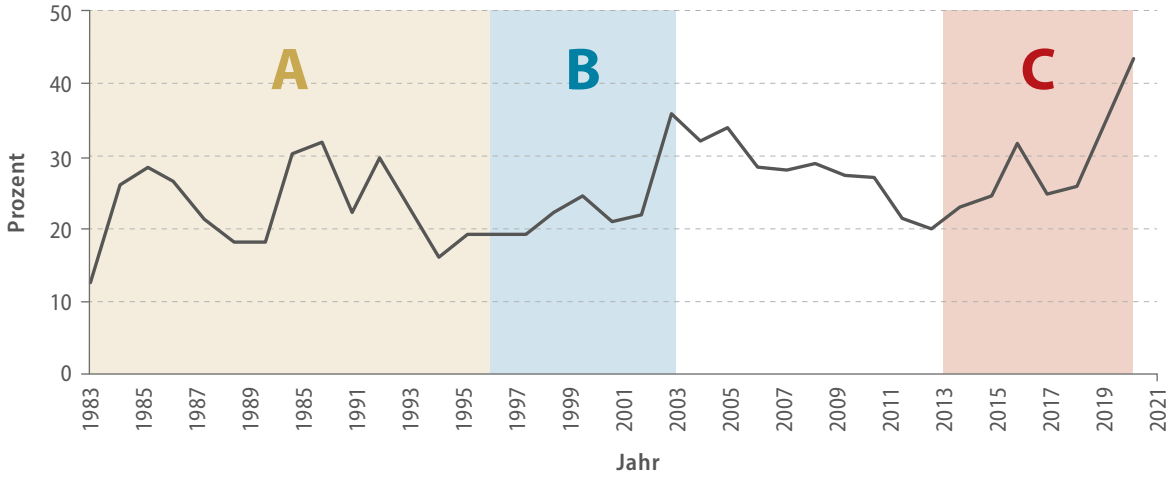


Diagramm S_WA 3.1
Schäden in den Wäldern Bayerns (Blatt- beziehungsweise Nadelverlust)

Neuartige Waldschäden

In den 1980er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts wurden vor allem in den ostdeutschen Grenzgebirgen bis dahin unbekannte Waldschäden festgestellt. Bäume waren in ihrer Vitalität geschwächt, die Kronen verlichtet, mancherorts starben ganze Waldbereiche ab. Schnell sprach man vom Waldsterben.

Wissenschaftliche Untersuchungen, zum Beispiel im Rahmen des forstlichen Umweltmonitorings, ergründeten die Zusammenhänge und Ursachen des Waldsterbens. Luftschadstoffe schädigten die Bäume direkt an und in den Assimilationsorganen (Nadeln und Blättern) sowie indirekt über den Eintrag in den Boden an den Wurzeln und die Aufnahme durch die Wurzeln. Schädlich waren vorrangig der saure Regen (das Industrieabgas Schwefeldioxid beispielsweise reagiert im Regentropfen zu Schwefelsäure) und Schwermetalleinträge, wie etwa der von Bleiverbindungen (Quelle: www.lfu.bayern.de/luft/schadstoffe_luft/schwermetalle/ergebnisse/index.htm).

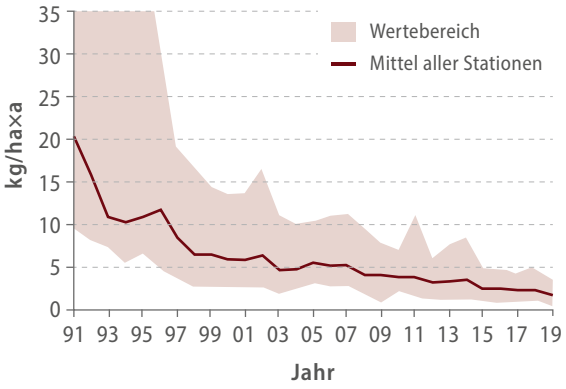


Diagramm S_WA 3.2
Eintrag von Schwefel in den Wald (unter anderem in Form von Schwefeldioxid SO_2)

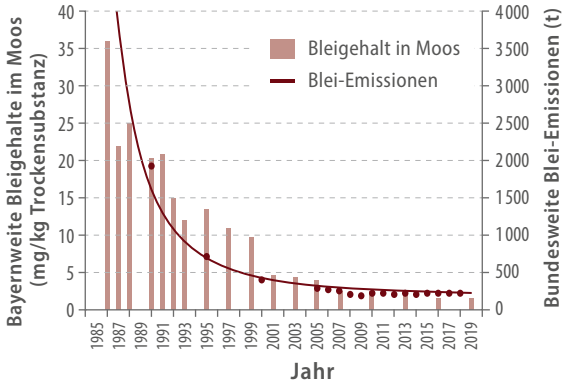


Diagramm S_WA 3.3
Bleigehalt im Moos und Freisetzung von Blei allgemein

Aufgaben:

1. **Fasse** die Ursachen des Waldsterbens in den 1980er-Jahren (Phase A in Diagramm 1) **zusammen!**

2. **Beschreibe** mit Hilfe der Diagramme 2 und 3, welche Maßnahmen zur Erholung des Waldes (Phase B in Diagramm 1) führten!
   Seit einigen Jahren erfahren die neuartigen Waldschäden nun eine neue Dynamik (vergleiche Phase C im Diagramm 1). Hauptursache sind diesmal nicht die Luftschadstoffe.

3. **Erläutere** anhand der drei folgenden Grafiken die Ursachen des aktuellen Waldsterbens (Phase C in Diagramm 1)! **Gehe** dabei insbesondere auf folgende Aspekte **ein**:
   - Sich verändernde abiotische Faktoren
   - Folgen für die Bäume
   - Mögliche Auswirkungen auf die Struktur des Waldes

4. **Nenne** den Überbegriff für das aktuelle Phänomen, das zu den neuartigen Schäden führt!

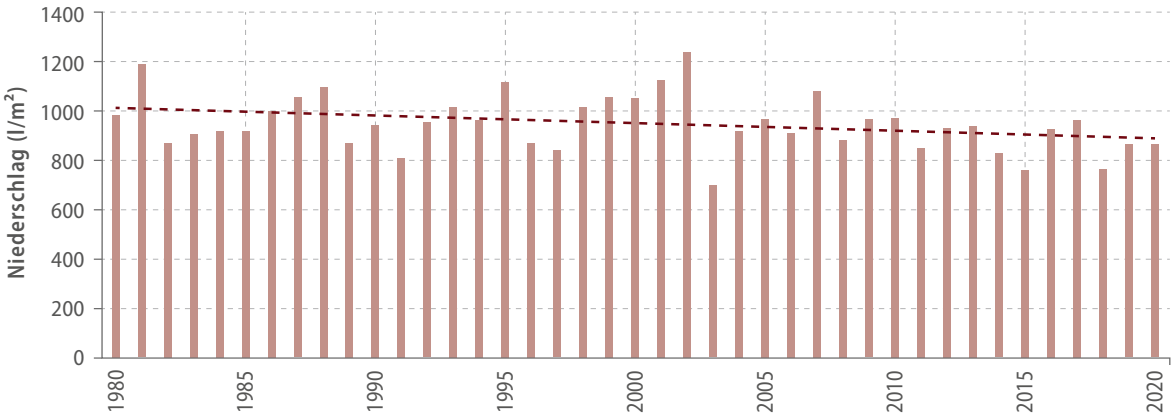


Diagramm S_WA 3.4
Jahresniederschlag in Bayern zwischen 1980 und 2020

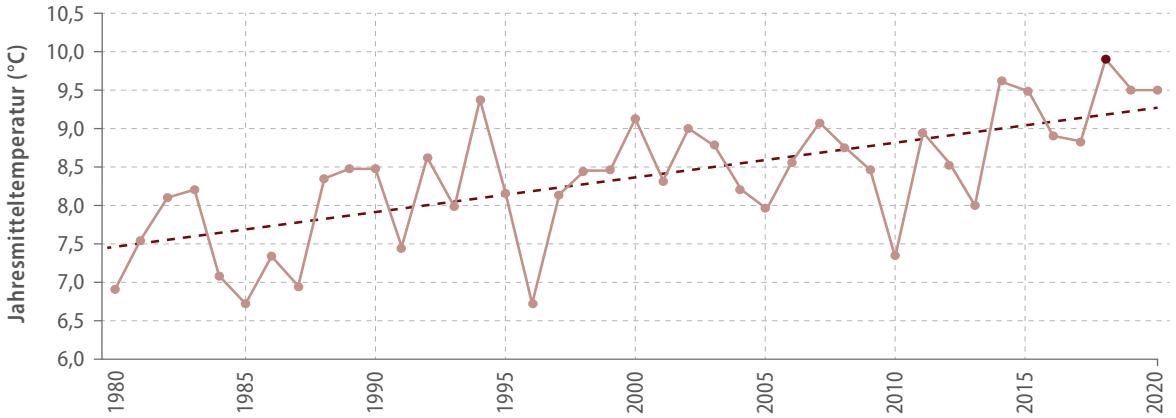


Diagramm S_WA 3.5
Jahresmitteltemperatur in Bayern zwischen 1980 und 2020

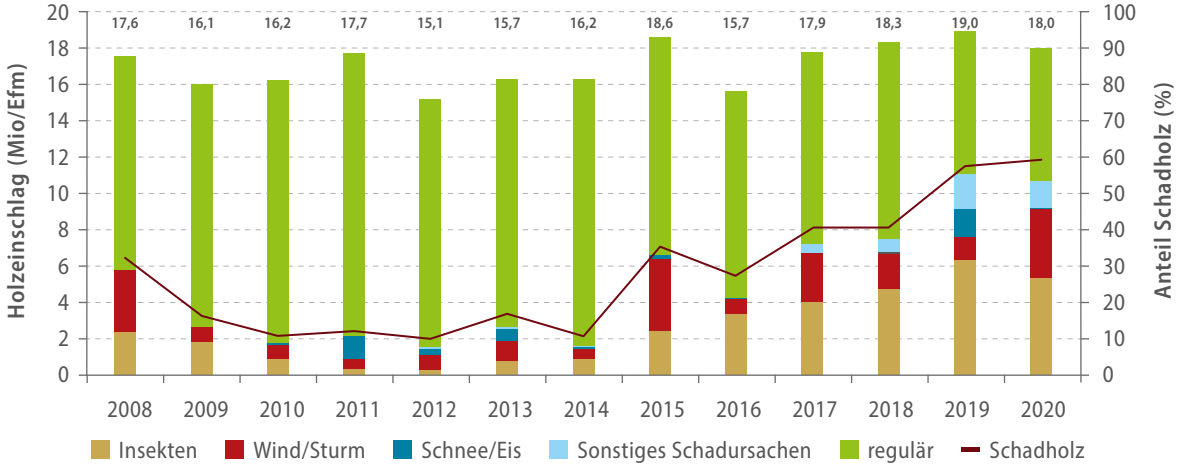
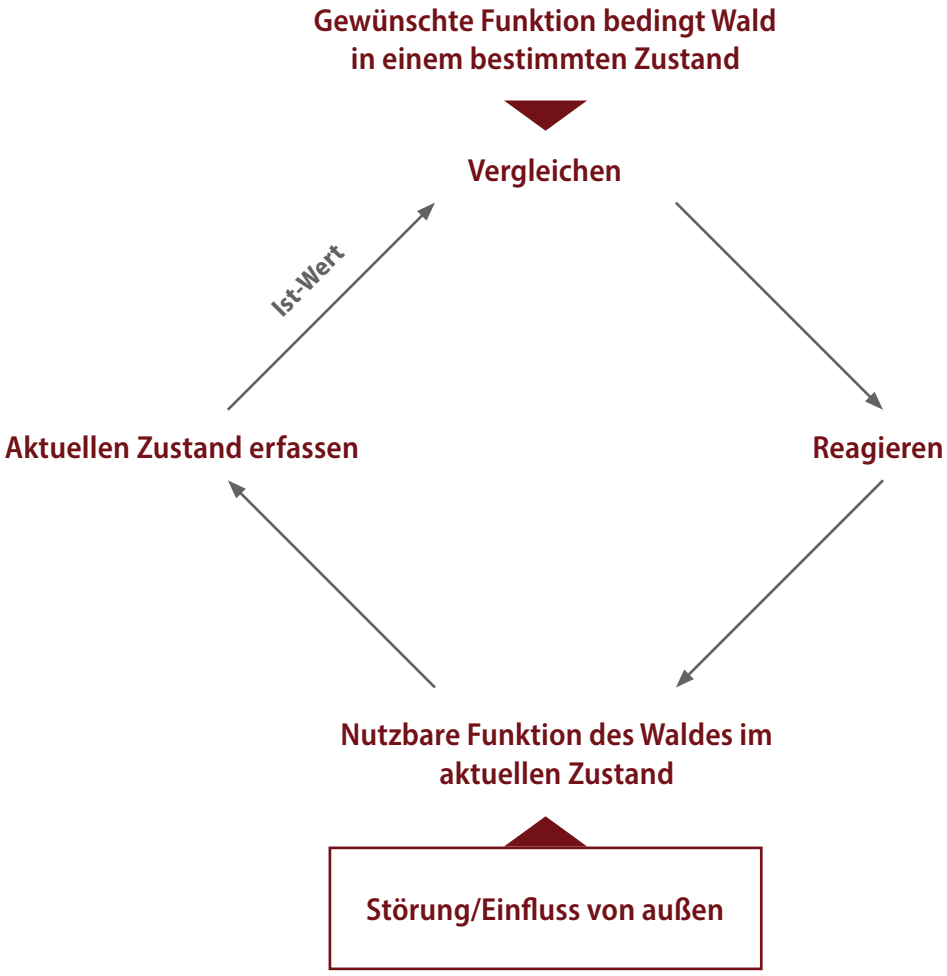


Diagramm S_WA 3.6
Anteil Schadholz am gesamten Holzeinschlag in Millionen Erntefestmeter in Bayern zwischen 2008 und 2020

3.3.4.2 L_WA 3 Hefteintrag: Indirekte Eingriffe in Ökosysteme

Indirekte Eingriffe in das Ökosystem Wald	wirken sich aus auf …
– Ausstoß von Stickoxiden Saurer Regen: Bildung von Säuren aus Abgasen und Wasser › Bodenversauerung › Schädigung von Mykorrhiza, Wurzeln und Nadeln/Blättern	**pH-Wert des Bodens**
– Eintrag von Schwermetallen	**Boden/Mineralstoffversorgung**
– Eintrag von Dünger/Schädlingsbekämpfungs- und Unkrautvernichtungsmitteln	**Boden** **Nährstoff- und Mineralstoffversorgung**
– Ausstoß von Kohlenstoffdioxid und Methan › Klimawandel	**Temperatur** **Wasserverfügbarkeit**

Ergänzung des Regelkreises in einem Wirtschaftswald (aus Modul L_WA 2):



Merke: Indirekte Eingriffe des Menschen in Ökosysteme
- wirken sich vor allem auf abiotische Faktoren aus
  (› veränderte Lebensbedingungen für die Lebewesen eines Ökosystems),
- haben langfristige, schwer vorhersehbare – auch biotische – Auswirkungen und
- sind schwer umkehrbar.



3.3.5 WA 4: Wie viel Kohlenstoffdioxid bindet ein Baum?

Grundlegende Informationen

Neben der notwendigen Reduktion der Treibhausgasemissionen sind Prozesse, die der Atmosphäre Kohlenstoffdioxid entziehen, ein wichtiger Baustein, um die Klimaerwärmung zu verlangsamen. Wälder spielen dabei eine zentrale Rolle, da Bäume beim Aufbau ihres Pflanzenkörpers viel Kohlenstoffdioxid durch Photosynthese in Sauerstoff und organische Produkte umwandeln. In dieser Aufgabe berechnen die SuS mithilfe eigener Messdaten und tabellierter Norm-Werte, wie viel Kohlenstoffdioxid ein Baum tatsächlich umwandelt. Um diese abstrakten Zahlen verständlicher zu machen, setzen sie ihre Ergebnisse in Beziehung zu ihrem eigenen CO_2-Fußabdruck und diskutieren auf dieser Grundlage Chancen und Grenzen, die Aufforstungsmaßnahmen in Sachen Klimaschutz haben. Zwar entziehen Wälder der Atmosphäre Kohlenstoffdioxid in beträchtlichem Ausmaß, aber es dauert vergleichsweise lange Zeit. Daneben spielt natürlich auch die Verwendung des Rohstoffes Holz eine wichtige Rolle, denn bei der thermischen Verwertung wird die über Jahrhunderte gebundene Kohlenstoffdioxid-Menge sehr schnell wieder freigesetzt.

Durchführung

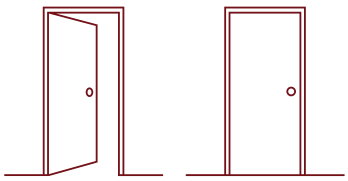
Im Rahmen einer Exkursion in den Wald (oder zu einem nahegelegenen Einzelbaum) ermitteln die Lernenden in einem fächerübergreifenden Ansatz mit Mathematik, welche Masse an Kohlenstoffdioxid in einem bestimmten Baum gebunden wird. Die hierfür notwendigen Messungen führen sie im Sinne der Erkenntnisgewinnung selbst durch und ordnen ihre Beobachtungen den Messdaten der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft zu. Dadurch wird ihre Kommunikationskompetenz gefördert.

Nach diesem praktischen Teil ermitteln die Lernenden als vorbereitende Hausaufgabe zusammen mit ihren Eltern ihren persönlichen CO_2-Fußabdruck mithilfe des offiziellen Rechners des Umweltbundesamtes. Auf Grundlage dieser Daten berechnen sie, wie viele Bäume notwendig wären, ihren eigenen Fußabdruck, den der Klasse ihrer Schule oder ganzer Länder zu kompensieren. Dabei reflektieren SuS Pflanzungsmaßnahmen im Hinblick auf ihre Umsetzbarkeit.

Aufgaben

Arbeitsaufträge siehe Arbeitsblätter S_WA 4.1 und S_WA 4.2

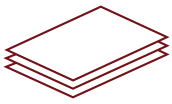
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

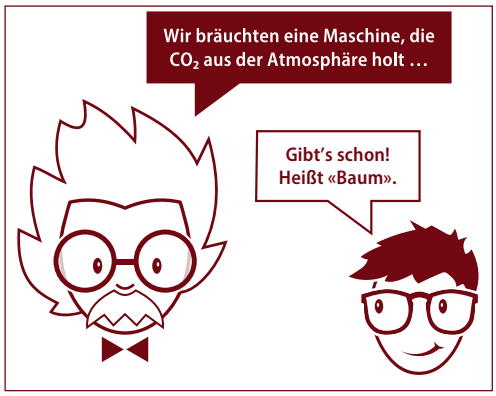
Fachwissen:	■□□
Erkenntnisgewinn:	■■□
Kommunikation:	■■□
Bewertung:	□□□

MATERIALIEN

- **S_WA 4.1 Arbeitsblatt:** Wie viel Kohlenstoffdioxid speichert ein Baum?
- **L_WA 4.1 Schülerprodukt zum Arbeitsblatt:** Wie viel Kohlenstoffdioxid speichert ein Baum?
- **S_WA 4.2 Arbeitsblatt:** CO_2-Fußabdruck
- **L_WA 4.2 Schülerprodukt zum Arbeitsblatt:** CO_2-Fußabdruck
- **L_WA 4.3 Arbeitsmaterial:** Baumarten als Kohlenstoffspeicher
- Maßband

3.3.5.1 S_WA 4.1 Arbeitsblatt: Wie viel Kohlenstoffdioxid speichert ein Baum?

Bäume reduzieren – wie alle anderen Pflanzen auch – durch Photosynthese den Kohlenstoffdioxid-Gehalt in unserer Atmosphäre. Das Treibhausgas wird dabei zum Beispiel im Holz des Baumes gebunden und trägt so nicht mehr zur Klimaerwärmung bei , sofern der gebundene Kohlenstoff nicht wieder freigesetzt wird (zum Beispiel durch Verbrennung). Es wird auch Humus gebildet, der im Boden verbleibt und somit langfristig Kohlenstoff-Atome bindet. Viele Menschen glauben deshalb, dass der Schutz von Wäldern und die Aufforstung von großen Flächen viel dazu beitragen kann, die Klimaerwärmung abzumildern.



Die einzelnen Arten unterscheiden sich darin, wie viel Kohlenstoffdioxid sie binden können, aber auch das Alter und damit die Größe des Baums spielen eine wichtige Rolle. Um die Menge des gespeicherten Kohlenstoffdioxids zu bestimmen, musst du herausfinden, wie groß der Baum ist und das geht so:

1. Ermittle mit Hilfe eines Maßbands, welchen Umfang in cm der Baum in Brusthöhe hat und notiere den Wert in der Tabelle.

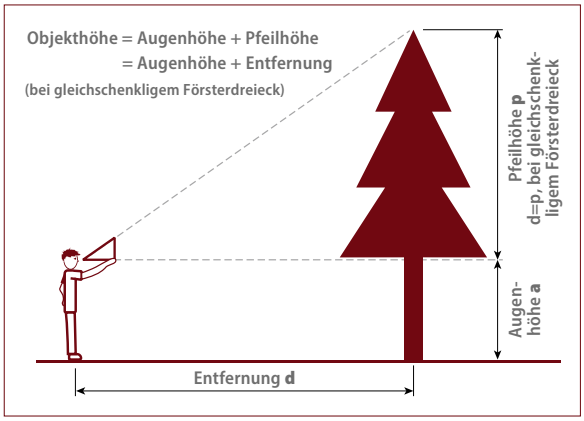
2. Berechne den Brusthöhendurchmesser BHD mit folgender Formel

   BHD = Umfang ÷ 3

   (zum Beispiel für einen Umfang von 90 cm: BHD = 90 cm ÷ 3 = 30 cm)

3. Ermittle die Höhe des Baumes mit Hilfe des Försterdreiecks und notiere sie in die Tabelle. Das geht so:

   a) Such dir einen Stock, der so lang ist wie dein ausgestreckter Arm (= a).
   b) Halte mit waagerecht ausgestrecktem Arm den Stock senkrecht, so dass sich das untere Ende auf Augenhöhe (AH) befindet.
   c) Begib dich in die Entfernung, in der der Punkt am Stamm, der sich auf deiner Augenhöhe befindet und die Baumspitze sich mit dem unteren und oberen Ende des Stocks decken. Markiere deinen Standpunkt.



   d) Miss mit einem Maßband oder mit 1 m Schritten die Entfernung (d) von deinem Standort zum Baum. Sie entspricht seiner Peilhöhe p.
   e) In waagrechtem Gelände erhältst Du durch Addition der Augenhöhe AH zu p die Baumhöhe.
   Höhe des Baumes = Peilhöhe + Augenhöhe
   f) Bei höherem Standpunkt der messenden Person, in Bezug auf den Baum, muss die Höhendifferenz zwischen Person und Baum noch hinzugezählt, bei tieferem Standpunkt abgezogen werden

Baumart	Umfang auf Brusthöhe	Brusthöhendurchmesser	Höhe

4. Ermittle mithilfe deiner Messwerte und der Grafiken, welche Masse an Kohlenstoffdioxid in diesem Baum gespeichert ist.

   Masse an Kohlenstoffdioxid: _____

3.3.5.2 L_WA 4.1 Schülerprodukt zum Arbeitsblatt: Wie viel Kohlenstoffdioxid speichert ein Baum?

Je nach Baumart ergeben sich unterschiedliche Lösungen. Im Folgenden soll an einem Beispiel das prinzipielle Vorgehen gezeigt werden.

1. Gemessener Umfang des Baumes:
   zum Beispiel 90 cm

2. Berechneter Brusthöhendurchmesser:
   BHD = Umfang ÷ 3 = 90 cm ÷ 3 = 30 cm

3. Ermittelte Höhe des Baumes:
   25 m

Baumart	Umfang auf Brusthöhe	Brusthöhendurchmesser	Höhe
Buche	90 cm	30 cm	25 m

4. Masse an Kohlenstoffdioxid laut Abbildungen L_WA 4.3-1–4, S. 123/124:
   Rund 600 kg
   Alternativ kann der Kohlenstoffdioxid-Gehalt des Baumes auch mit einem Kohlenstoffdioxid-Maßband ermittelt werden, erhältlich zum Beispiel über das Haus des Waldes, Stuttgart.

3.3.5.3 S_WA 4.2 Arbeitsblatt: CO_2-Fußabdruck



Die ganze Welt spricht über den Klimawandel. Grund für die Erwärmung der Erdatmosphäre sind verschiedene Treibhausgase. Das bekannteste ist sicher das Kohlenstoffdioxid. Doch wie viel Kohlenstoffdioxid-Äquivalente produziert eigentlich jeder von uns?

› Dein CO_2-Fußabdruck gibt darüber Auskunft.

Aufgaben

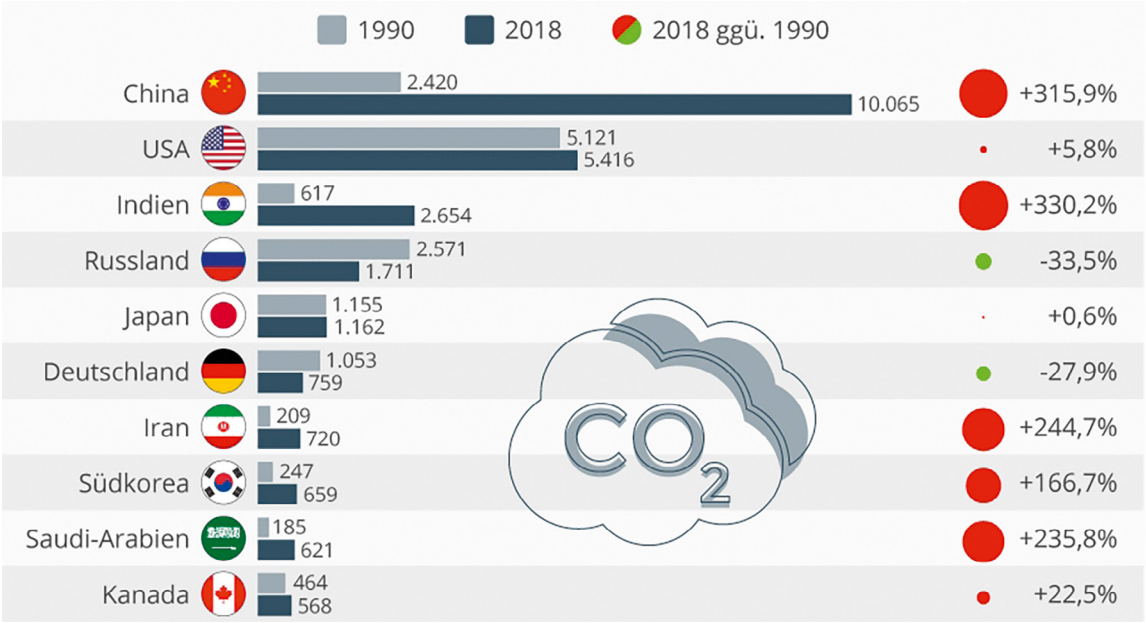
1. **Vorbereitende Hausaufgabe:**
   Ermittle zusammen mit deinen Eltern deinen CO_2-Fußabdruck mit Hilfe der nebenstehenden Webseite

https://uba.co2-rechner.de/de_DE/

2. Neben der Reduktion der Kohlenstoffdioxid-Emissionen, könnte man auch Bäume (etwa Buchen) pflanzen, die durch ihr Wachstum Kohlenstoffdioxid durch Photosynthese aus der Atmosphäre nehmen. Nach vielen Jahren ist die Buche 25 m in die Höhe gewachsen und hat einen Brusthöhendurchmesser von 30 cm.

   Berechne mit Hilfe der Grafik 1 aus dem Arbeitsmaterial, wie viele dieser Buchen man jedes Jahr pflanzen müsste, um
   a) deinen eigenen CO_2-Fußabdruck,
   b) den der gesamten Klasse und
   c) den deiner Schule
   in vielen Jahren zu kompensieren.

3. Folgendes Diagramm zeigt die Kohlenstoffdioxid-Emissionen ganzer Länder:



› https://cdn.statcdn.com/Infographic/images/normal/18287.jpeg

Berechne mit Hilfe der Grafik des Jahres 2018, wie viele Bäume man jährlich pflanzen müsste, um in vielen Jahren die jährlichen Kohlenstoffdioxid-Emissionen folgender Länder zu kompensieren.

Land	Benötigte Anzahl an Bäumen
Indien	
Deutschland	

Land	Benötigte Anzahl an Bäumen
USA	
China	

4. Erkläre, warum die von dir berechnete Anzahl Bäume jedes Jahr neu gepflanzt werden müsste und warum es in Wirklichkeit noch viel mehr sein müssten.

5. Diskutiert, welche Probleme sich durch die Forderung «pflanzt Bäume als Klimaschutz» ergeben könnten.

6. Erkläre, was mit den gebundenen Kohlenstoffatomen passiert, wenn der Baum
   a) verbrannt wird,
   b) in Häusern verbaut wird,
   c) im Wald verbleibt.

3.3.5.4 L_WA 4.2 Schülerprodukt zum Arbeitsblatt: CO_2-Fußabdruck

1. Berechnung des CO_2-Fußabdrucks zu Hause. Ergebnis zum Beispiel 8 t/a

2. Berechnung der zu pflanzenden Buchen:
   - Vorüberlegung: Eine 25 m hohe und 30 cm dicke Buche speichert laut Grafik Arbeitsblatt S_WA 4.1 etwa 600 kg Kohlenstoffdioxid.
   - Kompensation des eigenen Fußabdrucks: Anzahl Buchen = 13,3 (Beispiel, abhängig von eigenem CO2-Fußabdruck)
   - Berechnung für die ganze Klasse über die Summe der Einzelfußabdrücke
   - Berechnung für die ganze Schule über den Mittelwert der Einzelfußabdrücke in der Klasse hochgerechnet auf die ganze Schule

3. Berechnung der benötigen Anzahl an Buchen:

Land	Benötigte Anzahl an Bäumen
Indien	4.111.666.666
Deutschland	1.331.666.666

Land	Benötigte Anzahl an Bäumen
USA	8.783.333.333
China	16.398.333.333

4. Die CO_2-Fußabdrücke gelten für ein Jahr, das heißt die Menschen beziehungsweise Staaten stoßen diese Menge an Kohlenstoffdioxid-Äquivalenten jedes Jahr aufs Neue aus. Deswegen müsste man die entsprechende Anzahl an Bäumen jedes Jahr neu pflanzen.

   Die eigentliche Baummenge ist wesentlich größer, da man keine 30 cm dicken und 25 m hohen Bäume pflanzen kann. Es müssen kleine Bäume gesetzt werden, die wesentlich weniger Kohlenstoffdioxid speichern, da es viele Jahrzehnte dauert, bis aus der kleinen Buche ein entsprechender Baum geworden ist.

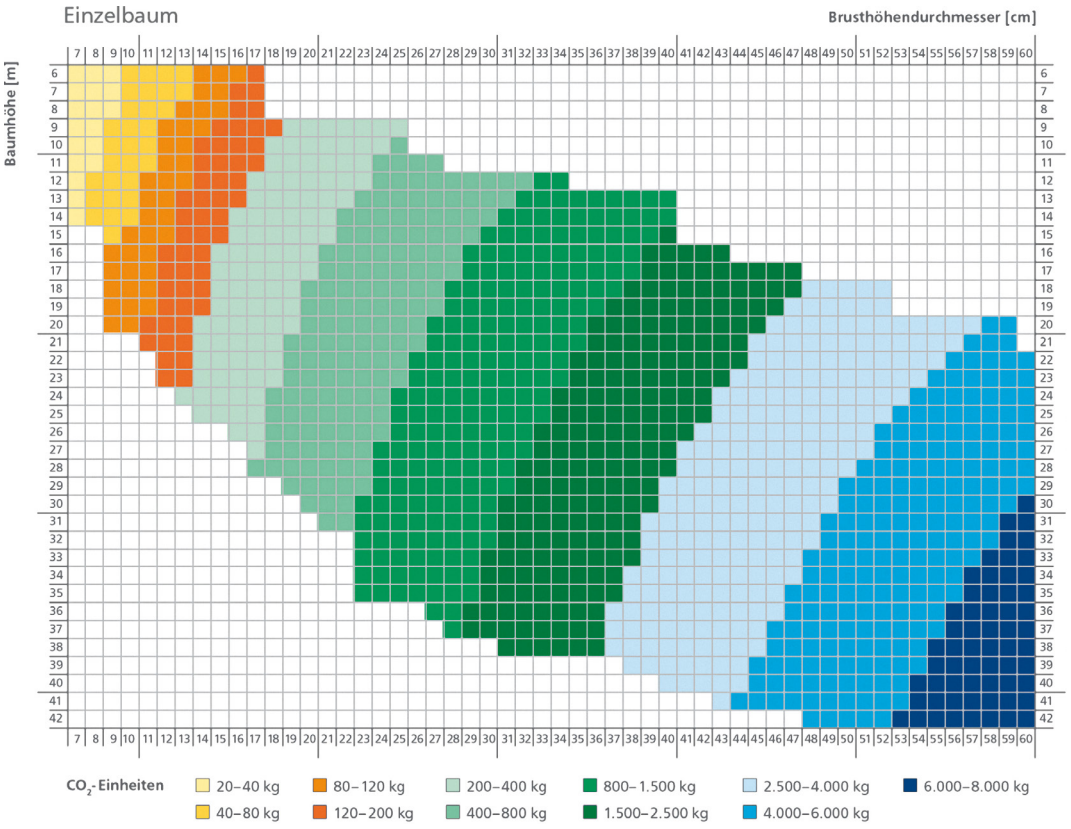
5. Probleme:
   - Enorm großer Platzbedarf zu Lasten anderer Ökosysteme, Landnutzungskonflikte.
   - Unklare Holznutzung: Bei Verbrennung wird das gebundene Kohlenstoffdioxid schnell wieder freigesetzt.
   - Lange Dauer: Es vergehen viele Jahrzehnte, bis der Baum die Kohlenstoffdioxid-Menge speichert.

6. Erklärung:
   a) Bei der Verbrennung werden die Kohlenstoff-Atome sofort wieder in klimaschädliches Kohlenstoffdioxid umgewandelt.

   b) Wenn das Holz in Häusern verbaut wird, bindet es die Kohlenstoff-Atome, solange das Haus steht.

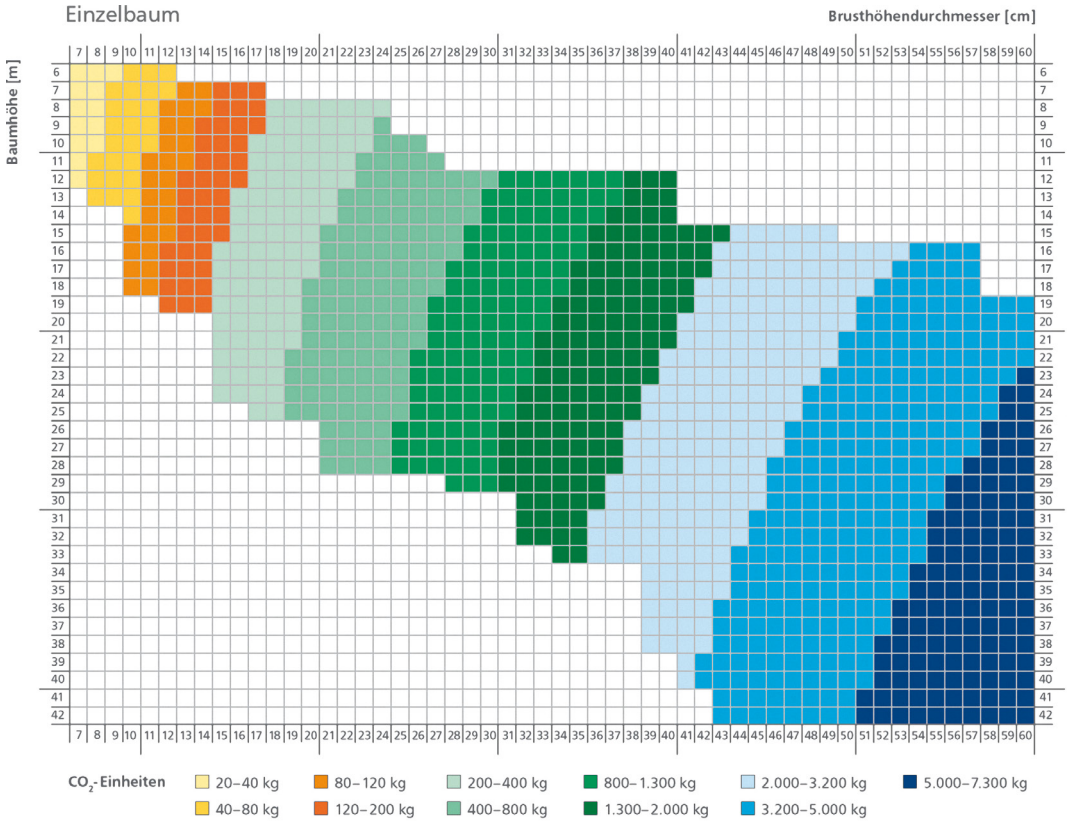
   c) Wenn der Baum im Wald bleibt, beginnt er zu verrotten. Dabei wird ein Teil der Kohlenstoff-Atome als Kohlenstoffdioxid freigesetzt, ein weiterer Teil wird allerdings dauerhaft im Humus gebunden (organisch gebundener Kohlenstoff im Waldboden) und damit der Atmosphäre für sehr lange Zeit entzogen. Unter unseren mitteleuropäischen klimatischen Bedingungen im Flachland ist Humusaufbau beziehungsweise Humusanreicherung im Waldboden jedoch nur sehr begrenzt möglich. Das heißt ab einem gewissen Grad der Humusanreicherung im Boden hat es für den Klimaschutz keinen positiven Effekt mehr, wenn immer mehr Holzmengen ungenutzt im Wald verbleiben und den natürlichen Abbauprozessen mit Freisetzung von Kohlenstoff anheimfallen.
   Der größte Effekt für den Klimaschutz wird dagegen erreicht, wenn der Wald nachhaltig bewirtschaftet wird und das genutzte Holz in Häusern verbaut wird.

3.3.5.5 L_WA 4.3 **Arbeitsmaterial:** Baumarten als Kohlenstoffspeicher



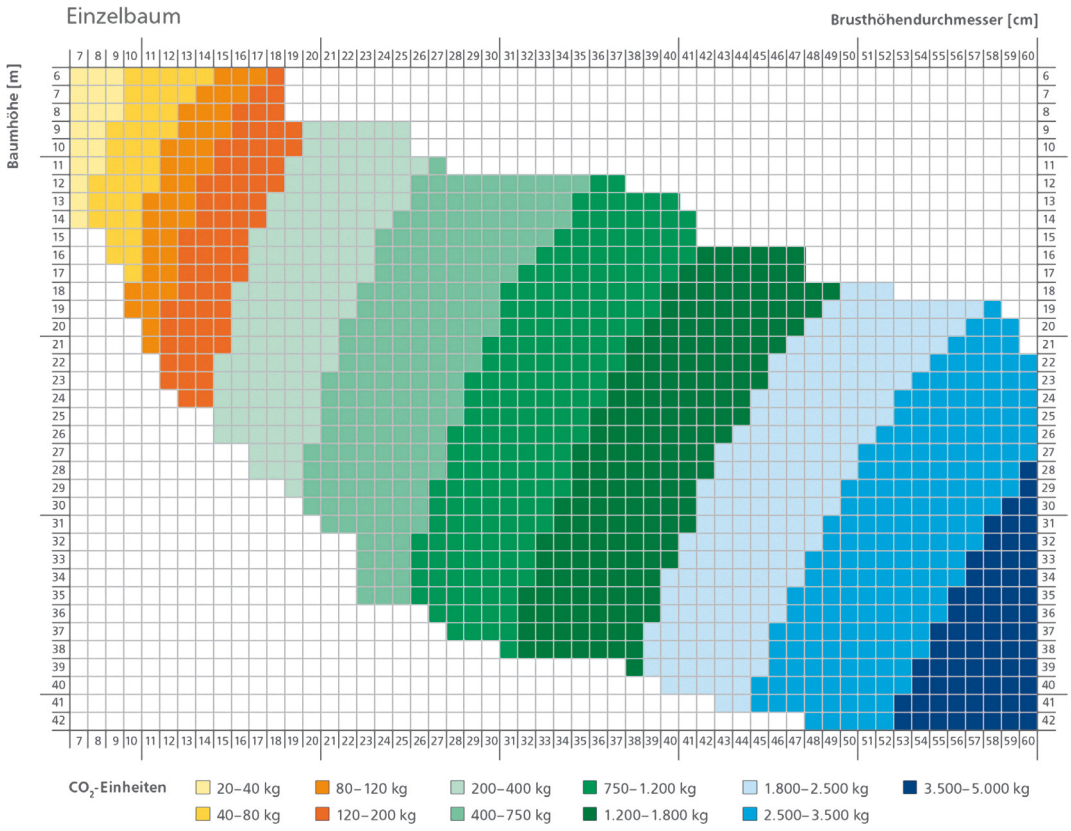
Grafik L_WA 4.3-1

Gebundene Masse an Kohlenstoffdioxid in kg in einer **Buche** in Abhängigkeit von ihrer Höhe und Dicke



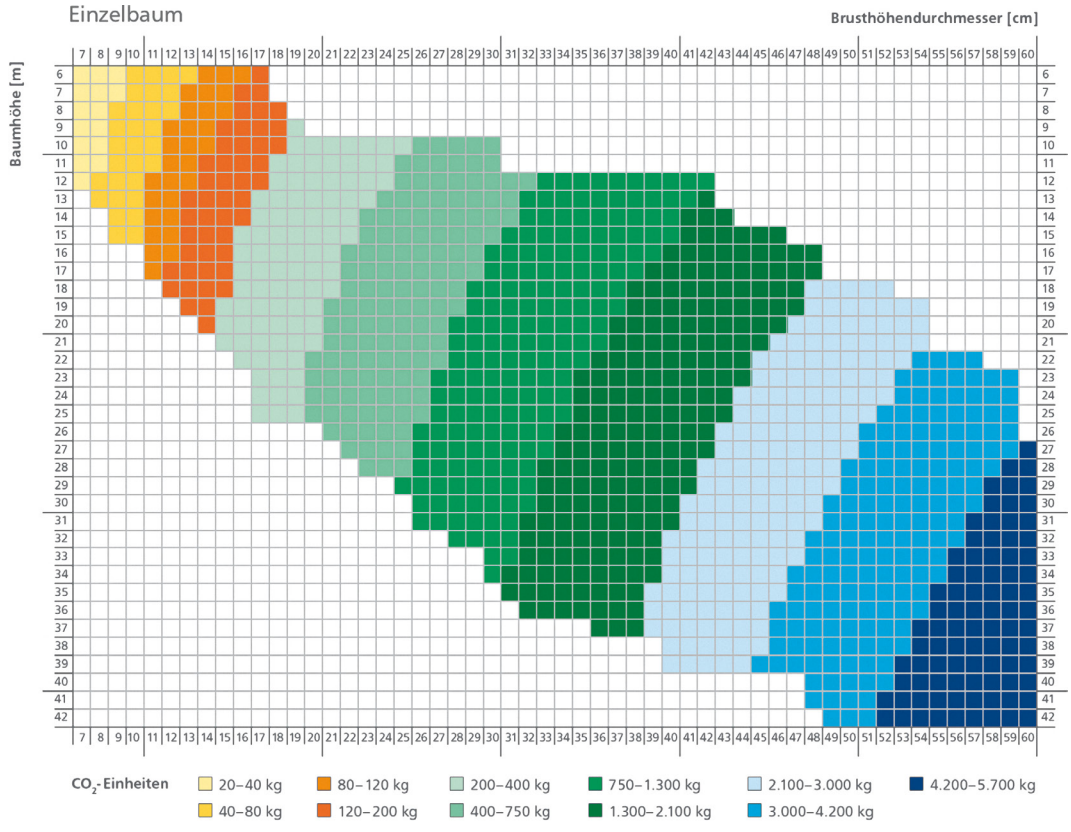
Grafik L_WA 4.3-2

Gebundene Masse an Kohlenstoffdioxid in kg in einer **Eiche** in Abhängigkeit von ihrer Höhe und Dicke



Grafik L_WA 4.3-3

Gebundene Masse an Kohlenstoffdioxid in kg in einer **Fichte** in Abhängigkeit von ihrer Höhe und Dicke



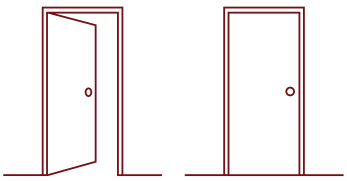
Grafik L_WA 4.3-4

Grafik 4: Gebundene Masse an Kohlenstoffdioxid in kg in einer **Kiefer** in Abhängigkeit von ihrer Höhe und Dicke

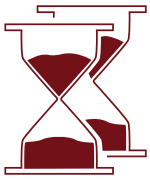
SEP OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL Aug

3.3.6 WA 5: Baumarten der Zukunft

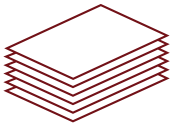
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

MATERIALIEN

- **S_WA 5 Arbeitsblatt:** Die Baumarten im Wald der Zukunft
- **L_WA 5:** Die Baumarten im Wald der Zukunft im Porträt – Steckbriefe
- **Präsentation** https://moodle-files.alp.dillingen.de/oekologie/08/wa5-001.pdf

Grundlegende Informationen

Ökosysteme unterliegen generell einer gewissen Dynamik. Abiotische Faktoren verändern sich mehr oder weniger stark in einer mehr oder weniger langen Zeit. Finden längerfristige Veränderungen statt (zum Beispiel Klimawandel), verändert sich die geografische Verbreitung der Arten, wobei die Wanderungs- beziehungsweise Ausbreitungsgeschwindigkeit von der Mobilität der Arten abhängt. Auf der anderen Seite bewirken evolutionäre Mechanismen wie Mutation und Selektion Veränderungen innerhalb der Populationen eines Gebietes. Auch das Aussterben einer Art ist möglich. Mit den abiotischen Verhältnissen verändert sich somit die Lebensgemeinschaft eines Ökosystems. Es gibt Klimagewinner, klimaneutrale Arten und Klimaverlierer.

In diesem Modul erhalten die SuS eine Vorstellung davon, dass Ökosysteme dynamisch, das heißt einem kontinuierlichen Wandel unterworfen sind. Sie werten vorhandene Daten aus und beschäftigen sich mit Klimamodellen, die versuchen, Veränderungen möglichst präzise vorherzusagen.

Auf Grundlage dieser Daten und weiterer forstwissenschaftlicher Erkenntnisse erleben die Lernenden, wie sich die Zusammensetzung der Baumarten im Wald mit den ermittelten Zukunftsszenarien im Rahmen einer Sukzession der Lebensräume verändern wird. Sie lernen dabei die Ansprüche (an Licht, Wasser, Temperatur) verschiedener Baumarten sowie ihre Verwendungsmöglichkeiten kennen und entscheiden auf Grundlage dieser Informationen, ob und mit welchen Arten eine Fläche wieder bestockt werden kann.

Durchführung

Um eine faktenbasierte Entscheidung treffen zu können, bearbeiten die SuS zunächst die Aufgaben aus dem Arbeitsblatt S_WA 5 in Partnerarbeit. Dazu erhält jede Schülergruppe eine Baumart (und damit einen Steckbrief aus L_WA 5.2) zugeteilt.

Folgende 14 Arten stehen zur Auswahl:

- Fichte
- Weiß-Tanne
- Wald-Kiefer
- Europäische Lärche
- Rotbuche
- Stiel-Eiche
- Feld-Ahorn
- Berg-Ahorn
- Gemeine Esche
- Winter-Linde
- Hainbuche
- Elsbeere
- Vogelbeere
- Vogelkirsche

An diese Erarbeitungsphase schließt sich als Sicherung ein spielerisches Element an, um die ökologische Potenz einzelner Gehölze und ihre Eignung unter bestimmten Bedingungen zu veranschaulichen. Dabei identifizieren sich die Lernenden mit einer Baumart in der Lebensgemeinschaft und durchlaufen mit ihr die prognostizierten Klimaveränderungen. Sie signalisiert in der Gemeinschaft, ob es ihr gut geht, wie gut oder ob sie kümmert oder gar ganz verschwindet. Dabei eignet sich folgender Ablauf:

Die SuS stellen sich als Baumart und ihr Nutzungspotenzial vor und treten im Klassenverband als artenreiche Waldgesellschaft auf. Die Lehrkraft moderiert dann eine Zeitabfolge in Schritten von 20 Jahren. In jedem Schritt entscheiden die Schüler mit Hilfe der Balken-Darstellung im Steckbrief, wie es ihnen «als Baumart» geht:

- Gut (dicker grüner Balken): sie stehen und strecken die Karte nach oben.
- Mittelmäßig (der Balken verjüngt sich): sie stehen, nehmen aber die Arme nach unten.
- Schlecht (dünner Balken): sie machen sich klein oder verlassen die Waldgesellschaft.

Dies kann nach Belieben theatralisch untermauert werden.

Wird dieses Spiel im Klassenzimmer gespielt, bleiben die Schüler an ihren Plätzen. Bei einer Version im Freien (zum Beispiel Pausenhof, Waldweg) geht die ganze Gruppe eine gemeinsame Wegstrecke von 100 m- in 20 m-Schritten wie auf einem Zeitstrahl.

Im Anschluss an diese spielerische Phase sollten Sie mit ihren SuS folgende Aspekte mit Blick auf das eben gespielte Modell-Szenario diskutieren:

- Klimawandel bedeutet Waldwandel. Nur so kann Wald bestehen bleiben!
- Viele Baumarten klingen fremd und ungewohnt, das heißt sie wandern neu ein oder waren bisher selten.
- Welche Folgen haben Pflanzungen von Baumarten aus anderen Gebieten (Neophyten, Konkurrenz, Eingliederung im ökologischen Gleichgewicht)
- Naturverjüngung versus forstliche Vorgaben
  Hier eignet sich die Verwendung von Film 1 (Baumarten der Zukunft – Forschung durch Arboretum) als fachliche Basis für eine anschließende Besprechung und Diskussion. Einstiegsfrage zum Beispiel: Woher weiß der Förster, welche Baumarten sich eignen? Wie schnell erhält man die notwendigen Informationen? Welche Vor- und Nachteile haben gezielte Pflanzungen im Vergleich zur Naturverjüngung?

Film 1: Baumarten
https://youtu.be/Ae-B9lou9gc

- Datengrundlage: Der Balken-Darstellung liegt das Klimamodell RCP 8,5 zugrunde, was von einer Temperaturerhöhung von 4,8 °C ausgeht. Wie würde sich das Spieleszenario ändern, wenn die Werte aus dem regionalen Klimamodell WETTERREG 2100, mit einer prognostizierten Erhöhung um 1,8 °C (siehe Klimahülle-Darstellung) verwendet werden würden?

- Ziel:
  Reduktion der Treibhausgase!

- Hier eignet sich die Verwendung von **Film 2 (Borkenkäfer)** als fachliche Basis für eine anschließende Besprechung und Diskussion. Einstiegsfrage zum Beispiel: Was hat der Borkenkäfer mit dem Klimawandel zu tun? Warum sind nicht alle Fichten gefährdet? Woran erkennt ein Förster, ob ein Baum befallen ist?



Film 2: Borkenkäfer
https://youtu.be/8eoAb1iTKhU

Aufgaben

Arbeitsaufträge siehe **S_WA 5 Arbeitsblatt: Die Baumarten im Wald der Zukunft**

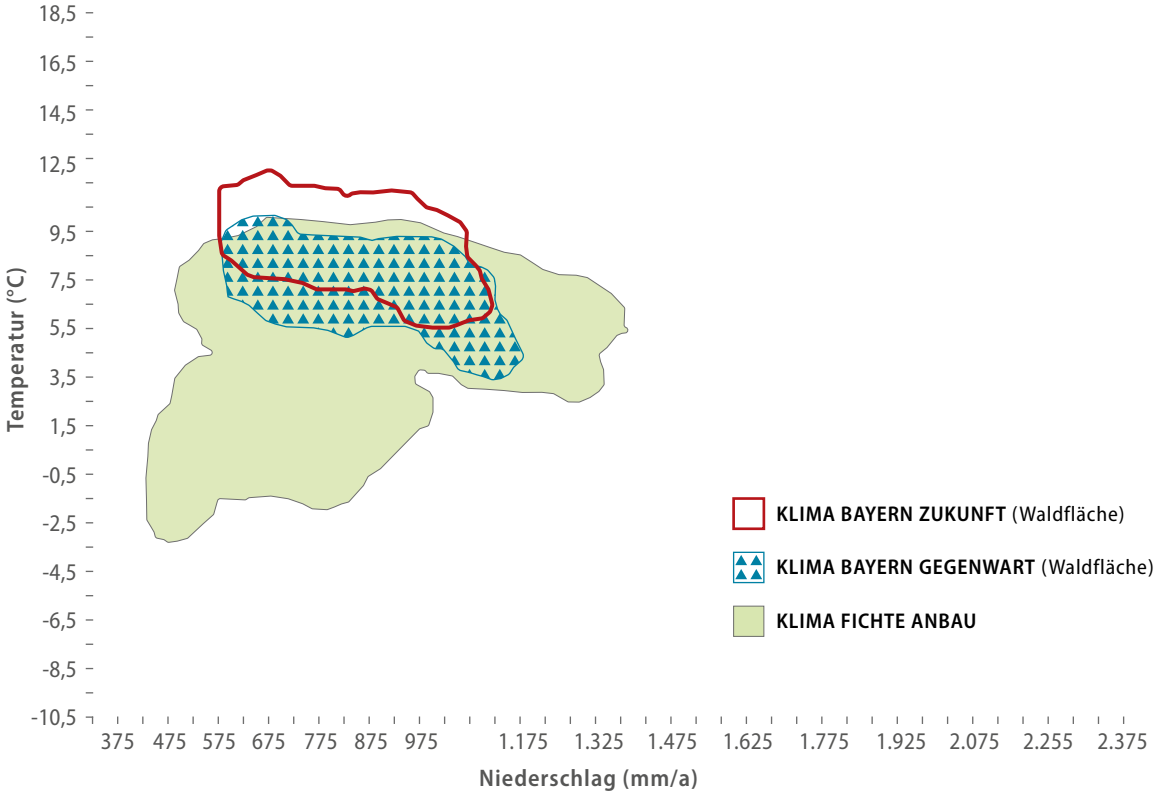
3.3.6.1 S_WA 5 Arbeitsblatt: Die Baumarten im Wald der Zukunft

Nach einem extremen Sturmereignis wurden zahlreiche Bäume auf einer großen Waldfläche in deiner Region umgeworfen. Eine Forstkraft steht nun vor der schwierigen Entscheidung, welche Baumarten sie auf der Fläche wieder anpflanzen lassen soll. Für die Entscheidung stehen folgende Informationen zur Verfügung:

Material 1: Klimadaten (aus: StMELF 2021)

#	Ort	See-höhe	Jahr	Temperatur Sommer	Temperatur Winter	Niederschlag Sommer	Temperatur Jahr	Niederschlag Jahr
1	**Würzburg** Südliche Fränkische Platte	183 m	2000	18,8 °C	2,0 °C	150 mm	10,2 °C	523 mm
			2020	19,2 °C	2,5 °C	151 mm	10,7 °C	537 mm
			2100	23,1 °C	6,7 °C	136 mm	14,4 °C	630 mm
2	**Landau** Niederbayerisches Tertiärhügelland	390 m	2000	19,5 °C	2,9 °C	172 mm	11,0 °C	652 mm
			2020	20,0 °C	3,5 °C	160 mm	11,5 °C	676 mm
			2100	24,0 °C	7,6 °C	141 mm	15,3 °C	789 mm
3	**Roth** Südliche Keuperabdachung	340 m	2000	18,3 °C	1,0 °C	209 mm	9,5 °C	682 mm
			2020	18,9 °C	1,6 °C	209 mm	10,1 °C	699 mm
			2100	22,8 °C	6,0 °C	190 mm	13,9 °C	802 mm
4	**München** Münchner Schotterebene	519 m	2000	18,1 °C	0,9 °C	344 mm	9,3 °C	922 mm
			2020	18,6 °C	1,5 °C	346 mm	9,9 °C	953 mm
			2100	22,9 °C	5,8 °C	322 mm	13,9 °C	1.061 mm
5	**Steigerwald WEZ Baumwipfelpfad** Steigerwald	413 m	2000	17,4 °C	0,4 °C	234 mm	8,7 °C	836 mm
			2020	17,7 °C	1,2 °C	242 mm	9,3 °C	856 mm
			2100	21,4 °C	5,4 °C	208 mm	12,9 °C	987 mm
6	**Hohenstein** Nördliche Frankenalb	587 m	2000	16,6 °C	-0,7 °C	271 mm	7,8 °C	1.033 mm
			2020	17,0 °C	0,1 °C	287 mm	8,4 °C	1.059 mm
			2100	21,1 °C	4,2 °C	257 mm	12,1 °C	1.214 mm
7	**Bayerischer Wald NP Baumwipfelpfad** Innerer Bayerischer Wald	802 m	2000	15,8 °C	-2,0 °C	382 mm	6,9 °C	1.356 mm
			2020	16,5 °C	-1,4 °C	397 mm	7,5 °C	1.388 mm
			2100	20,6 °C	3,0 °C	371 mm	11,5 °C	1.623 mm
8	**Hochalpenkopf** Chiemgauer Alpen	1.327 m	2000	13,2 °C	-4,0 °C	607 mm	4,6 °C	1.669 mm
			2020	14,1 °C	-3,5 °C	567 mm	5,2 °C	1.720 mm
			2100	18,6 °C	0,3 °C	505 mm	9,1 °C	1.841 mm

Material 2: Informationen zu den klimatischen Standortansprüchen einzelner Baumarten finden sich in sogenannten Klimahüllen-Modellen (siehe Abbildung). Sie sind zu finden bei der Bayrischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) unter den Stichworten **Klimahüllen, Baumarten**.



Aufgaben

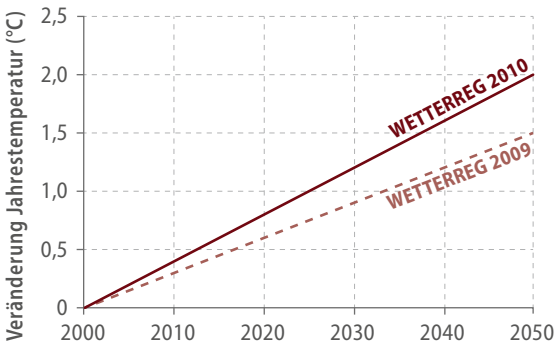
1. Analysiere Material 1 für deine Umgebung im Hinblick darauf, wie sich die Klimabedingungen bis zum Jahr 2100 in deiner Region verändern werden.

2. Informiere dich in Partnerarbeit mit Hilfe von Material 2 und deinem Steckbrief über die entsprechende Baumart. Notiere dir die typischen Arteigenschaften sowie charakteristische Merkmale und Verwendungsmöglichkeiten, sodass du die Art im Anschluss der Klasse vorstellen kannst.

3. Die regionalen Klimamodelle WETTERREG 2009 und WETTERREG 2010 machen für die Region um das bayerische Inntal eine Prognose, wie sich die mittlere Jahrestemperatur in der Zukunft ändern wird. Folgende Abbildung zeigt eine vereinfachte Darstellung dieser Modelle:

   3.1 Vergleiche die Prognosen der beiden Modelle für die Entwicklung der Jahresdurchschnittstemperaturen, indem du die zugrunde liegenden linearen Gleichungen aufstellst und analysierst, wodurch sich die Modelle unterscheiden.

   3.2 Nenne mögliche Gründe, wieso die Vorhersagen unterschiedliche Ergebnisse liefern.



3.3.6.2 L_WA 5.1 Schülerprodukt zum Arbeitsblatt: Die Baumarten im Wald der Zukunft

1. Angabe der Veränderung von Temperaturen und Niederschlagsregime für die jeweilige Region

2. Eigener Steckbrief zu der Baumart; Kurzvorstellung der Arten im Plenum

3.

3.1 Diese Aufgabe wird fächerübergreifend mit Mathematik M8 Lernbereich 2/6 unterrichtet.
Es gilt die lineare Gleichung $y = m \times x + t$, wobei der Achsenabschnitt t im vorliegenden Fall 0 ist.
WETTERREG 2010: $y = 0{,}04 \times x$, das heißt Änderung Jahrestemperatur = $0{,}04 \times$ Jahr
WETTERREG 2009: $y = 0{,}03 \times x$, das heißt Änderung Jahrestemperatur = $0{,}03 \times$ Jahr

3.2 Ursachen für mögliche Unterschiede:
- Mehr Messdaten vorhanden
- Höhere Rechenleistung der Computer
- Veränderter Rechenalgorithmus

Resultate des Unterrichtsgesprächs

Leitfrage 1:
Weitere Informationen für die Auswahl der Bäume, zum Beispiel Bodenverhältnisse, Anzahl der Frosttage, Anschaffungskosten für die Bäume, Prognose der Windverhältnisse und ökonomische Nutzbarkeit.

Leitfrage 2:
Naturverjüngung versus Wiederaufforstung
Bei dieser Aufgabe müssen zum Beispiel die Werte «Wohlstand, ökonomischer Gewinn» und «Natürlichkeit» gegeneinander abgewogen werden.

Vorteile Naturverjüngung	Nachteile Naturverjüngung
– Geringer Arbeitsaufwand nötig wenig Kosten	– Keine planerische Sicherheit
– Ausbildung der natürlichen Vegetation («Wildnisgebiete»)	– Einschränkungen bei der ökonomischen Nutzung der Wälder
– Natürlich ablaufende Prozesse werden erhalten und geschützt	– Noch ist offen, ob die evolutionäre Anpassung an sich verändernde Umweltbedingungen durch Mutation und Selektion von Gehölzen mit dem Klimawandel Schritt halten kann
– Evolutionäre Anpassung an sich verändernden Umweltbedingungen durch Mutation und Selektion möglich	

3.3.6.3 L_WA 5.2 Die Baumarten im Wald der Zukunft im Porträt – Steckbriefe

Siehe eigenes Dokument:
Material für Partnerarbeit: Baumarten der Zukunft – Steckbriefe
› https://moodle-files.alp.dillingen.de/oekologie/08/wa5-001.pdf

Partnerarbeit
https://moodle-files.alp.dillingen.de/oekologie/08/wa5-001.pdf

Quellen

Balkendiagramme:
ab S. 15
› www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/wald/waldpaedagogik/dateien/handreichung_wald_klimawandel_barrierefrei.pdf

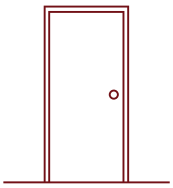
Steckbriefe:
ab S. 33
› www.lwf.bayern.de/service/publikationen/sonstiges/225476/index.php

ab S. 43
› https://proholz-bayern.de/uploads/2020/09/lwf_praxishilfe_band_ii-nicht-bf-geschuetzt.pdf

SEP OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL Aug

3.3.7 WA 6: Wie würdest du entscheiden?

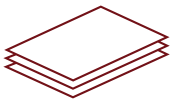
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

MATERIALIEN

- **S_WA 6 Arbeitsblatt:** Rollenkarten

HINWEIS
Die Module WA 6 und WA 7 sind inhaltlich sehr ähnlich. Es empfiehlt sich, entweder Modul WA 6 ODER Modul WA 7 durchzuführen.

Grundlegende Informationen

Der LehrplanPLUS fordert in der Jahrgangsstufe 8 im Lernbereich 6, Ökosysteme unter dem Einfluss des Menschen Möglichkeiten der politischen und persönlichen Einflussnahme aufzuzeigen. Eine geeignete Methode, um dieses Ziel zu erreichen, ist ein fiktives Rollenspiel, mit dessen Hilfe die SuS die Position von Akteuren respektive Entscheidungsträgern auf kommunaler Ebene beziehen können und dadurch ein Grundverständnis für die Meinungsbildung in einer Gruppe erreichen. Die Wirksamkeit der einzelnen Akteure soll durch eine Abstimmung sichtbar gemacht und gemeinsam reflektiert werden.

Durchführung

Zu Beginn werden von der Lehrkraft die einzelnen Rollen bei der fiktiven Podiumsdiskussion vorgestellt und nach pädagogischem Ermessen entweder in der Klasse verlost oder aber Freiwilligen zugeordnet. Als Hilfe, um ihre Rolle entsprechend zu «spielen», erhalten die agierenden SuS Rollenkarten, die Regieanweisungen zur Rolle enthalten und vertraulich behandelt werden müssen. Dies soll eine Hilfe sein, die entsprechende Rolle zu interpretieren.

In der nächsten Phase bilden sich rund um die in der Podiumsdiskussion agierenden SuS Expertenteams aus je 2–3 Schülern. Diese Arbeitsgruppen legen sich mithilfe der Sachinformationen aus dem vorangegangenen Unterricht eine Kommunikationsstrategie zurecht, mit der sie die Zuhörenden von ihrer Position überzeugen wollen. Als weitere Informationsquellen könnten auch zum Beispiel das Internet beziehungsweise Fachbücher dienen.

In der dritten und zentralen Phase des Rollenspiels, einer simulierten Podiumsdiskussion, vertreten die Gruppensprecher ihre jeweilige Position. Als Anreiz und Motivation kann diese Diskussion auf Video aufgezeichnet werden. Dabei sind die geltenden Bestimmungen zum Persönlichkeitsrecht und Datenschutz natürlich zu berücksichtigen. Um den «Erfolg» der Diskussionspartner zu messen, sollte vor und nach der Diskussion anonym abgestimmt werden, wie viele Personen sich für eine der folgenden vier Varianten entscheiden:

1. Waldstück wird außer Nutzung gestellt
2. Waldstück soll nachhaltig forstwirtschaftlich genutzt werden
3. Waldstück soll kahlgeschlagen und wieder aufgeforstet werden
4. Waldstück soll kahlgeschlagen und auf der Fläche ein Solarfeld errichtet werden

Die Abstimmung kann klassisch mit vorbereiteten Wahlzetteln oder digital mit Umfragetools (zum Beispiel Mentimeter, MS Forms) erfolgen.

Zur Nachbereitung des Rollenspiels könnten die vorgebrachten Argumente schriftlich fixiert und durch gemeinsame Reflexion in einem fragend-entwickelnden Verfahren eventuell mit weiteren Argumenten ergänzt werden. Neben der fachlichen Analyse sollten auf jeden Fall aber auch die jeweiligen Kommunikationswege betrachtet werden, um überzeugende Strategien zu identifizieren.

Aufgaben

Rollenkarten und Aufgaben siehe S_WA 6 Arbeitsblatt: Rollenkarten

3.3.7.1 **S_WA 6 Arbeitsblatt:** Rollenkarten

Seit einigen Jahren kämpft die Gemeinde Oberniederwaldkirchen mit leeren Gemeindekassen. Seit Jahren warten die Bürgerinnen und Bürger auf einen neuen Kindergarten und auch die Spielplätze sollten modernisiert werden. Die bisherige Ausweisung von Gewerbeflächen durch den Bürgermeister/die Bürgermeisterin brachten nicht die erhofften Einnahmen. Deswegen wird diskutiert, wie mit dem gemeindeeigenen Waldstück «Oberniederwaldkirchner Schlag» weiter verfahren werden soll. Dabei steht zur Diskussion, die Fläche außer Nutzung zu stellen, um den Naturtourismus anzukurbeln, die Fläche weiterhin zu nutzen, obwohl die Einnahmen eher gering sind, oder die Fläche gänzlich umzugestalten. Ein Kahlschlag mit anschließender Wiederaufforstung könnte durch den Holzverkauf die nötigen Gelder für den Kindergarten in die Gemeindekasse bringen. Auch eine Verpachtung der kahlgeschlagenen Fläche an eine Solarenergie-Firma steht zur Diskussion, da die resultierenden Pachteinnahmen zusätzlich zum Holzverkauf nicht nur den Bau des Kindergartens, sondern auch eine zusätzliche Stelle für die Kinderbetreuung finanzieren könnten.

Die Diskussionen innerhalb der Bevölkerung sind so intensiv, dass sich ein lokaler Fernsehsender der Thematik annimmt und die Wortführer der diskutierenden Gruppen zu einer Podiumsdiskussion einlädt.

FRANZI | FRITZ FICHTENBERGER
Holzunternehmer:in und Bürgermeister:in der Fraktion

Der größte lokale Holzunternehmer hofft auf einen Großauftrag durch die Gemeinde. In ökonomisch schwierigen Zeiten würde dieses Projekt seinem Personal viele Arbeitsplätze sichern. Allerdings muss er sich im nächsten Jahr der Wiederwahl in der Gemeinde stellen. Seine ohnehin schon knappe Mehrheit könnte durch die mögliche Kandidatur von Sabine/Severin Sandbuchner und ihrer Partei «Natur pur» stark gefährdet werden.

SABINE | SEVERIN SANDBUCHNER
Gemeinderätin | Gemeinderat der Fraktion «Natur pur»

Die engagierte Gemeinderätin/der engagierte Gemeinderat beklagt seit längerer Zeit schon die zunehmende Verbauung in der Umgebung von Oberniederwaldkirchen. Nach der Entwicklung des neuen Gewerbegebietes und dem Ausbau der Umgehungsstraße in den vergangenen Jahren möchte Frau/Herr Sandbuchner kein weiteres Bauprojekt in der Umgebung haben. Immer wieder verweist er/sie auf die vorausgegangenen Maßnahmen zur Stärkung des Gewerbes, die keinen Erfolg hatten, und fordert ein Umdenken hin zu mehr Artenvielfalt in der Gemeinde. Zahlreiche Bürger teilen die Sorgen und so steigen ihre/seine Chancen auf eine Ablösung des Bürgermeisters/der Bürgermeisterin Fichtenberger bei der anstehenden Wahl.

VRONI | VINZENZ KÄFERLEIN
Lehrkraft und Vorstand des lokalen Naturschutzvereines

Käferlein hört als Lehrkraft immer wieder von den Existenzängsten der Eltern, die um ihre Arbeitsplätze fürchten. Zudem ist er/sie eine weit über Oberniederwaldkirchen hinaus bekannte Fachkraft für Artenschutz. Seit Jahren kennt und liebt er/sie den Oberniederwaldkirchner Schlag, der zahlreiche bedrohte Tier- und Pflanzenarten beheimatet. Käferlein schätzt aber auch die Arbeit des Bürgermeisters/der Bürgermeisterin, der/die sich in zahlreichen unbezahlten Arbeitsstunden für den wirtschaftlichen Erfolg der Gemeinde einsetzt.

SONJA | STEFAN SONNIG
Solar-Unternehmer:in

Vorstand der Investorengruppe ProSolar, die bundesweit Landflächen pachtet, um darauf große Solarparks zu errichten und damit regenerative Energie zu erzeugen. Mittlerweile beschäftigt die ProSolar AG in Deutschland 300 Mitarbeitende in diesem Wachstumsmarkt. Um die Erträge der Firma weiter zu steigern, sucht die Gesellschaft händeringend nach neuen Flächen, um ihre Solarparks zu erweitern. Immer wieder weist Sonnig darauf hin, dass durch die hohe Effektivität von Solarzellen auf der gleichen Fläche mehr Kohlenstoffdioxid gebunden werden kann als durch Wald.

RESI | RUDI REDSELIG
Moderation der Sendung «Aus den Gemeinden»

Mangels Einschaltquoten droht der Fernsehsender mit der Einstellung des Sendeformats. In der Redaktionskonferenz kündigte sein/ihr Chef an, dass die Einschaltquoten gerade bei dieser Sendung nach oben gehen müssen, und forderte sie auf, die Teilnehmenden zu einer hitzigen Diskussion zu animieren.

Aufgaben

1. Hole dir Gleichgesinnte in dein Team und überlegt euch Argumente, die den Standpunkt der jeweiligen Rolle untermauern. Entwickelt eine Diskussionsstrategie, um Kontrahenten von eurer Position zu überzeugen.

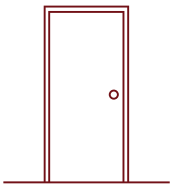
2. Beobachte die Diskussion genau und notiere dir Stärken und Schwächen in der Argumentation der Teilnehmenden.

3. Beurteile im Anschluss an die Diskussion die ausgetauschten Argumente und überlege dir, für welche Variante du in einem entsprechenden Gremium abstimmen würdest.

SEP OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL Aug

3.3.8 WA 7: Wildnis und Kulturlandschaft – Urwald und Forst

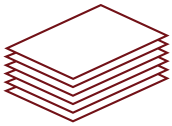
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

MATERIALIEN

- **S_WA 7.1 Arbeitsblatt:** Rollenbeschreibungen für die Fernsehdiskussion
- **S_WA 7.2:** Faktencheck

Grundlegende Informationen

Der LehrplanPLUS fordert in der Jahrgangsstufe 8 im Lernbereich 6, Ökosysteme unter dem Einfluss des Menschen Möglichkeiten der politischen und persönlichen Einflussnahme aufzuzeigen. Eine geeignete Methode, um dieses Ziel zu erreichen, ist ein fiktives Rollenspiel mit dessen Hilfe die SuS die Position von Akteuren beziehungsweise Entscheidungsträgern auf kommunaler Ebene beziehen können und dadurch ein Grundverständnis für die Meinungsbildung in einer Gruppe erreichen. Die Wirksamkeit der einzelnen Akteure soll durch eine Abstimmung sichtbar gemacht und gemeinsam reflektiert werden.

Nach der European Wilderness Working Group, eine Vereinigung von Nichtregierungsorganisationen (NGO), sind «Wildnisgebiete sehr große, unveränderte oder nur leicht veränderte Naturgebiete, die von natürlichen Prozessen beherrscht werden und in denen es keine menschlichen Eingriffe, keine Infrastruktur und keine Dauersiedlungen gibt. Sie werden dergestalt geschützt und betreut, dass ihr natürlicher Zustand erhalten bleibt und sie Menschen die Möglichkeit zu besonderen geistig-seelischen Naturerfahrungen bieten.»

Nach dieser Definition gibt es in Mitteleuropa keine echten Wildnisgebiete, da in der kleinräumigen Landschaft überall direkte und indirekte menschliche Einflüsse in erheblichem Umfang wirksam sind, die zu Veränderungen in Anzahl und Artenspektrum bei Flora und Fauna führen. Wildnisgebieten kommt eine große Bedeutung für die Artenvielfalt zu. Hier finden in der Kulturlandschaft bedrohte Arten einen geeigneten Rückzugs- und Lebensraum, hier sind Funktionszusammenhänge in belebter und unbelebter Natur noch weitgehend ungestört.

Sekundäre Wildnisgebiete, also «Wildnis aus Menschenhand», entstehen, wenn geeignete, großflächige Gebiete sich selbst überlassen werden, ohne direkte menschliche Beeinflussung, ohne pflegende Eingriffe. Eines der ersten Beispiele dafür war der Nationalpark Bayerischer Wald. Hier können sich seit den 1980er-Jahren aus geeigneten, ehemals vom Menschen genutzten Waldflächen langfristig neue «Urwälder» weitgehend ohne menschliche Einflüsse entwickeln.

Der Begriff der Wildnis beinhaltet auch ein Werturteil. So stellt Wildnis den Gegenpol dar zur geordneten, gezähmten Kulturlandschaft. Und dies sowohl mit negativer Konnotation – unordentlich, chaotisch –, als auch im positiven Sinn – ursprünglich, unverdorben und abenteuerlich. Erlebbare Wildnis kann für das Naturverständnis einen wesentlichen Beitrag leisten und einen wichtigen Regenerationsraum für Körper und Seele der Menschen bieten.

Wirtschaftswald (= Forst) hat demgegenüber eine an den vielfältigen Bedürfnissen der Menschen ausgerichtete Bedeutung. Nachhaltig betriebene Forstwirtschaft versucht, möglichst alle diese Ansprüche an den Wald ausgewogen zu berücksichtigen, indem der Fokus gleichermaßen auf Holzgewinnung, Schutz und soziale Aspekte wie Erholung oder Arbeits- und Einkommenssituation für die Menschen liegt. Das Ziel der Nutzung ist es, gleichrangig zu den anderen Waldfunktionen, den stark nachgefragten Rohstoff Holz bereitzustellen.

Nachhaltig bewirtschafteter Wald bindet mehr Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre, als er freisetzt. Geerntetes, dauerhaft verwendetes Holz bindet das Kohlenstoffdioxid, solange das Holz (Möbel, Dachstuhl und so weiter) nicht verbrannt wird oder verrottet. Der nicht bewirtschaftete Wald hält einen Gleichgewichtszustand zwischen Kohlenstoffdioxid-Bindung bei der Photosynthese und Kohlenstoffdioxid-Freisetzung bei der Zersetzung des Holzes. Denn der Holzvorrat, in dem das Kohlenstoffdioxid gebunden ist, steigt in einem unbewirtschafteten Wald nicht unendlich, sondern erreicht in Bayern bei etwa 600–1.200 m^3 Holzvorrat/ha sein Maximum.

Untersuchungen zeigen, dass die Artenvielfalt, gemessen an der Zahl der vorkommenden Arten, bei manchen Artengruppen und unter bestimmten Umständen in naturnah bewirtschafteten Wäldern zu einem bestimmten Zeitpunkt durchaus höher sein kann, als in sich selbst überlassenen Urwäldern (Hofmann 2018). Auch dort können eine hohe Vielfalt an Strukturen vorhanden sein, die sich auf die Artenzusammensetzung auswirken. Holzentnahme, Erschließung und Bodenverwundung führen zu einem Mosaik von lichten und dichten Waldbereichen. Humusarme Rohbodenflächen infolge von menschlichen Aktivitäten wechseln sich ab mit Flächen mit starker Humusauflage und hohem Nährstoffangebot. Dieser kleinräumige Wechsel von Lebensbedingungen bewirkt eine hohe Zahl von Arten.

Untersuchungen anderer Artengruppen, wie zum Beispiel Arten im Totholz, zeigen andere Ergebnisse. So beobachtet man zum Beispiel einen Rückgang der Urwaldreliktarten (Balcar 2013; Luick et al. 2021 a). Es gibt jedoch Arten mit besonderen Lebensraumansprüchen, die in Wirtschaftswäldern kaum mehr Überlebenschancen haben und deshalb auf alte ungenutzte Wälder angewiesen sind.

Durchführung

Die SuS sollen eine Diskussionsrunde zum Umgang mit Waldflächen in der fiktiven Kommune Waldstadt vorbereiten und durchführen. Dabei wird über die zukünftige forstliche Bewirtschaftung, den weitgehenden Verzicht auf menschliche Einflüsse (= «Wildnis») oder eine völlige Nutzungsänderung (zum Beispiel Gewerbegebiet) in einem großen Waldgebiet im Eigentum der Kommune diskutiert.

Dabei nehmen Schüler(-gruppen) jeweils die Rolle der Protagonisten unterschiedlicher Ausrichtung ein, erarbeiten gemeinsam Argumente im Sinne ihrer Rolle. Ein Gruppenmitglied vertritt anschließend in der Diskussionsrunde seine Gruppe. Die Lehrkraft oder ein Mitglied der Klasse übernimmt die Moderatorenrolle, führt mit Fragen durch die Diskussion, sichert und strukturiert die Ergebnisse. Die Lehrkraft verteilt vertiefende Arbeitsaufträge («Faktencheck»).

Ziel ist, dass die SuS sich mit den verschiedenen Ansprüchen an Wald, Natur und Landschaft kritisch auseinandersetzen und sich anhand der unterschiedlichen Argumente mit ihrer eigenen Position beschäftigen.

Um den «Erfolg» der Diskussionspartner zu messen, sollte vor und nach der Diskussion anonym abgestimmt werden, wie viele Personen sich für eine der folgenden vier Varianten entscheiden:

1. Waldstück wird außer Nutzung gestellt
2. Waldstück soll nachhaltig forstwirtschaftlich genutzt werden
3. Waldstück soll kahlgeschlagen und wieder aufgeforstet werden
4. Waldstück soll kahlgeschlagen und auf der Fläche ein Solarfeld errichtet werden

Die Abstimmung kann klassisch mit vorbereiteten Wahlzetteln oder digital mit Umfragetools (zum Beispiel Mentimeter, MS Forms) erfolgen.

Zur Nachbereitung des Rollenspiels könnten die vorgebrachten Argumente schriftlich fixiert und durch gemeinsame Reflexion in einem fragend-entwickelnden Verfahren eventuell mit weiteren Argumenten ergänzt werden. Neben der fachlichen Analyse sollten auf jeden Fall aber auch die jeweiligen Kommunikationswege betrachtet werden, um überzeugende Strategien zu identifizieren.

Möglicher Ablauf dieser Unterrichtseinheit:

1. Vorstellung der Aufgabe/Einteilung der Gruppen
2. Gruppenarbeit zur Vorbereitung der Diskussionsrunde
3. Abstimmung vor der Diskussion
4. Einspieler Film 1 – Borkenkäfer
5. Diskussionsrunde Biodiversitätsaspekte/Waldsterben
6. Einspieler Film 2 – Waldbauer
7. Diskussionsrunde ökonomische Aspekte
8. Einspieler Film 3 – Wald als Rohstoff
9. Schlussrunde: Kurzes Statement der Sprecher beziehungsweise Sprecherinnen
10. Abstimmung und Analyse nach der Diskussion

Film 1: Borkenkäfer
https://youtu.be/8e0Ab1iTKhU

Film 2: Waldbauer
https://youtu.be/p0hAZzS5SPU

Film 3: Wald als Rohstoff
https://youtu.be/dfHhtGmbHOE

Aufgaben

Folgende Rollen könnten durch die Lehrkraft verteilt werden (bei der Auswahl spielen Aspekte wie Klassengröße, örtliche Gegebenheiten oder aktuelle Ereignisse eine Rolle):

- Bürgermeister:in
- Naturschützer:in
- Umweltschützer:in
- Sägewerksbesitzer:in
- Tourismusmanager:in
- Industrieunternehmer:in
- Wasserversorger:in
- Gewerkschafter:in
- Jäger:in
- Förster:in
- Bürger:in

Leistungserhebung

Keine

3.3.8.1 **S_WA 7.1:** Rollenbeschreibungen für die Fernsehdiskussion

MODERATION
in der Fernsehsendung «Fair und direkt»

Einführung: Situation vorstellen: Stadtwald bisher forstwirtschaftlich genutzt, Lebensräume für waldtypische Tier- und Pflanzenarten, Forstwege und Wanderpfade für Erholungssuchende und so weiter

Beispiele für Moderationsfragen:

- Welche Anforderungen an den Wald haben die einzelnen Nutzergruppen?
- Welche Konflikte werden offenkundig?
- Welche Möglichkeiten zum Ausgleich zwischen den konkurrierenden Interessen gibt es?
- Wie entscheidet sich zum Schluss der Bürgermeister/die Stadt?

Jeder Nutzergruppe sollte in jeder Diskussionsrunde Gelegenheit für zirka drei Redebeiträge haben (ein Eröffnungsstatement, eine vertiefende Darstellung, eine Erwiderung). Das Abschlussstatement beschreibt, mit welcher anderen Gruppe sich die Person gerne noch länger austauschen würde und warum.

BÜRGERMEISTER:IN
«Waldstadt braucht Zukunft»

Du bist Bürgermeister/in von Waldstadt, einer Kleinstadt am Rand eines großen Waldgebietes, das im Eigentum der Stadt ist. Bei der heutigen Fernsehdiskussion «Fair und direkt!» im Regional-TV soll über die Zukunft dieses Waldstückes gesprochen werden.

Folgende Ideen dafür wurden schon an dich herangetragen:

- Wildnis: Die Flächen vollständig aus der Bewirtschaftung nehmen, dadurch soll ein Wildnisgebiet entstehen («Natur Natur sein lassen»).
- Die «Waldstädter Wildnis» könnte vielleicht auch als attraktives Naherholungsgebiet für die Bevölkerung dienen. Dazu müssten nur ein Parkplatz angelegt und ein paar Wanderwege geschaffen werden.
- Möglich ist aber auch eine nachhaltige Bewirtschaftung. Dies bringt Einnahmen für die Stadtkasse und ermöglicht den Bau von Gemeindeeinrichtungen mit Holz, das dank kurzer Transportwege besonders nachhaltig ist.
- Auch für den Bau eines Windparks gibt es einen Interessenten. Der hebt die umweltfreundliche Stromerzeugung hervor.
- Ein internationales Industrieunternehmen – Testa-Motors – möchte eine neue Fabrik im Umfeld der Stadt ansiedeln und hat deshalb Bedarf an Gewerbeflächen angemeldet.
- Die Stadt braucht dringend Bauplätze – ein Baugebiet im Grünen würde junge Familien anziehen.

Erläutere den Diskussionsteilnehmern und den Fernsehzuschauern die Möglichkeiten und vertrete die Interessen deiner Stadt in der anschließenden Diskussion.

SÄGEWERKSBESITZER:IN
«Mir ist egal, welches Holz ich für euch zersäge»

Du bist Besitzer eines mittelständischen Sägewerks in Waldstadt. Deine Firma beschäftigt 10 Personen. Ihr stellt aus dem Holz, das ihr im Stadtwald kauft, Bretter und Balken her. Diese werden in Waldstadt und Umgebung zum Bau von Häusern und Möbeln gebraucht.

Momentan nutzt du das Holz aus dem nachhaltig bewirtschafteten Stadtwald als Rohstoff. Sollte die Nutzung eingestellt werden, musst du das Holz für dein Sägewerk in anderen Regionen kaufen. Hierfür müsste es über weite Strecken transportiert werden. Das ist nicht gut für die Umwelt und kostet zusätzliches Geld. Dein Geld!

Wenn du zukünftig kein Holz mehr aus dem Stadtwald bekommst, überlegst du dir, dein Sägewerk an einen anderen Ort zu verlegen, an dem du dein Holz günstiger und näher einkaufen kannst. Damit würden dann Arbeitsplätze in Waldstadt verloren gehen. Die Stadt hätte weniger Steuereinnahmen. Auch für die Kaufenden deiner Produkte – Bretter und Balken – wäre es schwierig, wenn sie regional nicht mehr einkaufen könnten.

NATURSCHÜTZER:IN
«Natur braucht uns nicht, aber wir die Natur»

Du bist überzeugt vom Naturschutz und in einer Naturschutz-Gruppe von Waldstadt aktiv. Ihr seid der Meinung, dass die Landschaft in unserer Heimat schon viel zu stark vom Menschen beeinflusst ist.

Deshalb fordert ihr, dass auf der gesamten Stadtwaldfläche jede Form von Bewirtschaftung eingestellt wird und sie sich zurück zu einem Urwald entwickeln kann.

Die vorhandenen Waldwege – eigentlich sind das nach eurer Meinung Forstautobahnen – sollen vollständig zurückgebaut werden. Für die gesamte Fläche soll ein Betretungsverbot erlassen werden, um Störungen durch die Menschen zu unterbinden.

Langfristig hofft ihr, dass sich im Wald wieder urwaldartige Strukturen einstellen. Damit sollen seltene Pflanzen- und Tierarten zurückkommen. Die Wildnisfläche soll ein wichtiger Trittstein für Zugvögel sein. Von hier aus könnten später seltene Arten auch auf Flächen außerhalb des Urwaldes zurückkehren. Ein Mitglied eurer Naturschutzgruppe hat sogar schon einen seltenen Käfer im Waldstädter Wald gefunden. Der sogenannte Eremit steht auf der «Roten Liste» der bedrohten Arten und ist eine Zeigerart für ökologisch besonders wertvolle Wälder. Die müssen auf jeden Fall geschützt werden.

Von der «Waldstädter Wildnis» erhofft ihr euch, dass die Bevölkerung ein besseres Naturverständnis entwickelt und eure Heimatstadt den Ruf einer Öko-Modellstadt entwickelt.

Jede andere Form der Nutzung lehnt ihr völlig ab. Eure Mitglieder denken über Baumbesetzung und Öko-Camp nach, falls die Fläche nicht so genutzt werden soll, wie ihr euch das vorstellt.

Denn es ist Zeit zum Umdenken für die da oben!

TOURISMUSMANAGER:IN
«Hauptsache, bei uns ist was los!»

Du leitest einen kleinen Hotelbetrieb und bist gleichzeitig im Vorstand des örtlichen Tourismusverbands.

Ein Wildnisgebiet am Rand deiner Heimatstadt hätte in deinen Augen schon seinen Reiz. Das wäre für Waldstadt ein echtes Alleinstellungsmerkmal, das sich gut vermarkten ließe. Denn ein Urwald findet sich derzeit in der Umgebung nirgendwo.

Dabei wäre das eine ganz preiswerte Sache. Am Rand des Urwalds einen Parkplatz gebaut und ein Netz von bequemen Urwaldwegen angelegt, die auch mit Kinderwagen oder Rollstuhl genutzt werden können. Auch ein Wildnis-Mountainbike-Trail würde neue Gäste anlocken. Auch ein Baumhaushotel wäre eine tolle Attraktion – «Übernachten bei Tarzan».

Die Stadt müsste halt ein Urwald-Informationszentrum hinstellen, dazu ein paar Ranger beschäftigen, die Gästeführungen anbieten. Vielleicht könnte man am Naturschutz interessierte Menschen als Freiwillige gewinnen, die sich hier sinnvoll engagieren können, indem sie am Wochenende Führungen anbieten und dafür sorgen, dass der Urwald schön aufgeräumt bleibt und kein Abfall herumliegt.

So würden neue Gäste in die Region geholt, die sich hier erholen können. Das wäre für die Hotels und die Gastronomie ein echter Glücksfall. Langfristig würden so auch die Steuereinnahmen für die Stadt steigen. Davon hätten alle Bürger was.

UMWELTSCHÜTZER:IN
«Stadtwald For Future!»

Umweltschutz ist dir ein echtes Anliegen, denn du weißt, dass du eine gesunde, intakte Umwelt zum Überleben brauchst – für dich und deine Familie, für deine Freunde, auch für deine Nachkommen. Der Klimawandel brennt dir auf den Nägeln. «Fridays for future» ist dein Thema – eigentlich nicht nur ‹Friday› – jeder Tag ist wichtig!

Auf der Fläche des Stadtwalds könnten Windräder gebaut werden, um die Stadt mit umweltfreundlichem Strom zu versorgen. Unter den Windrädern könnten Solarpaneele installiert werden, um aus Sonnenlicht Strom zu gewinnen. Dadurch könnten etliche Kohlekraftwerke abgeschaltet werden, die viel zu viel Kohlenstoffdioxid in die Umwelt abgeben und damit den Klimawandel beschleunigen. So könnte eure Stadt die erste klimaneutrale Gemeinde in der Region werden.

Der Stadtwald könnte auch zu einer sogenannten «Kurzumtriebsplantage» weiterentwickelt werden. Dort werden schnell wachsende Baumarten, wie zum Beispiel Pappeln, angebaut, die bereits nach 3 bis 4 Jahren geerntet und das Holz in Hackschnitzelkraftwerken verfeuert werden. Dabei wird Strom erzeugt; gleichzeitig entsteht Wärme, zum Beispiel zum Heizen der Wohnhäuser in der Stadt. Beim Verbrennen des Holzes wird nur genauso viel Kohlenstoffdioxid freigesetzt, wie vorher beim Wachsen gebunden wurde. Damit sind also die Stromerzeugung und das Heizen klimaneutral, weil kein zusätzliches Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird. Und die Bäume einer Kurzumtriebsplantage wachsen schneller als gewöhnliche Waldbäume, binden also in kürzerer Zeit mehr Treibhausgas.

Umweltschutz geht alle an. Und diese neue Nutzung des Stadtwaldes wäre ein wichtiger Leuchtturm für die Bevölkerung für umweltgerechtes Verhalten.

WASSERVERSORGER:IN
«Ohne Wasser kein Leben!»

Wasser ist das wichtigste Lebensmittel für alle Menschen. Nicht nur in Waldstadt. Vor einigen Jahren wurde die Wasserversorgung von Waldstadt privatisiert. Dein Unternehmen ist seitdem für die Trinkwasserversorgung in Waldstadt zuständig.

Unter dem Stadtwald von Waldstadt liegt dein größtes Wasserschutzgebiet, aus dem das meiste Trinkwasser gewonnen wird. Das Wasser aus anderen Quellen außerhalb des Waldes ist leider stark mit Nitrat belastet. Unter dem Wald aber ist das Trinkwasser von bester Qualität. Denn hier wird nicht gedüngt, werden keine Pestizide verspritzt.

Der Wald im Wasserschutzgebiet soll möglichst ein dauerhafter Mischwald sein. Denn er ist stabil und schützt den Boden vor Austrocknung. So sind auch in Zukunft eine gleichmäßig gute Wasserqualität und eine ausreichend große Quellschüttung sichergestellt.

Nach deinen Vorstellungen sollten im Wald möglichst keine Fahrzeuge fahren. Denn sie könnten Öl verlieren oder Fahrspuren in den Oberboden hineinfahren, in denen verschmutztes Oberflächenwasser versickern und ins Trinkwasser gelangen könnte. Menschen in deinen Wasserschutzgebieten im Wald siehst du ebenfalls sehr kritisch. Auch sie könnten das Wasser verschmutzen. Und Industrieansiedlungen gehen natürlich gar nicht im Wasserschutzgebiet.

Deshalb ist für dich ein nicht forstlich bewirtschafteter Wald ohne Erholungswege eigentlich das Optimale. Wobei es bisher auch ganz gut funktioniert.

Die Alternative für dein Wasserversorgungsunternehmen ist der Anschluss an einen Fernwasserverbund. Dazu wird eine neue Wasserleitung gebaut, die das Trinkwasser aus größerer Entfernung herantransportiert. Dann wird der Wasserverbrauch für alle Bürger deutlich teurer.

JÄGER:IN
«Jagd ist angewandter Naturschutz»

In unserer dicht besiedelten Landschaft geht es dem Wild schlecht. Denn eigentlich brauchen Rehe und Hirsche Ruhe, wollen sich ungestört ihre Nahrung nach Belieben zusammensuchen. Ohne ständig vor den Spaziergängern und ihren Hunden flüchten zu müssen. Nur mit Ruhe und Beschaulichkeit sind die Tiere glücklich. Und das ist ja das Wichtigste. Glückliche Tiere, glückliche Rehe und Hirsche, die der Jäger auch einmal in aller Ruhe beobachten kann. Glückliche Tiere, die auch in Notzeiten ausreichend Nahrung finden, weil ihnen der Jäger/die Jägerin an Fütterungen gutes Kraftfutter anbietet. Und Notzeit ist ja eigentlich das ganze Jahr über, bei dem Trubel, den die Spaziergänger und Radfahrer in der Natur verursachen. Deswegen gibt es aus Sicht der Jagdverantwortlichen auch zu wenig Wild.

Den Stadtwald in eine Wild-Ruhezone umzuwandeln, hältst du für eine gute Idee. Dort hätten die Tiere endlich das, was ihnen zusteht. Die vorhandenen Wege müssten weitgehend zurückgebaut werden, sodass es mit den ständigen Störungen durch Erholungssuchende endlich vorbei wäre. Nur an wenigen Stellen sollten noch Zugänge zu deinen Hochsitzen offenbleiben. Du würdest dich auch um ein gutes Nahrungsangebot für Reh und Hirsch kümmern, indem du gut verteilt über die ganze Fläche Wildäcker anlegen und betreuen würdest, auf denen die Tiere leckeres Futter finden.

FÖRSTER:IN

«Wir Förster haben ja die Nachhaltigkeit erfunden»

Du bist für den Stadtwald von Waldstadt verantwortlich. Mit deinen Mitarbeitenden kümmerst du dich um den Wald, indem du ihn nachhaltig bewirtschaftest. Nachhaltigkeit heißt für dich, dass du nicht mehr Holz entnimmst, als gleichzeitig auch wieder nachwächst. So bleibt der Wald als Ganzes dauerhaft erhalten. Dein Produkt Holz ist ein umweltverträglicher, sehr gefragter Rohstoff, den zum Beispiel das örtliche Sägewerk gerne kauft. Würdest du kein Holz aus dem Stadtwald bereitstellen, müsste das Holz aus anderen Regionen oder gar von anderen Kontinenten antransportiert werden. Möglicherweise sogar aus nicht nachhaltig bewirtschafteten Wäldern! Das wäre schlecht für die Umwelt. Beim Wachstum speichern die Bäume das Klimagas Kohlenstoffdioxid.

Auch alle anderen Ansprüche an den Wald berücksichtigst du bei der Bewirtschaftung entsprechend. Du schützt Bäume mit Nisthöhlen für Vögel, kümmerst dich um die sehr heimlich lebende Wildkatze im Stadtwald, legst Biotopteiche für Frösche und andere Amphibien an. Für Erholungssuchende hast du am Waldrand einen Parkplatz gebaut und stellst entlang der Forststraßen an ausgewählten Stellen Informationstafeln auf, die den Waldbesuchenden Interessantes und Wissenswertes über die Natur vermitteln.

Mit der Bewirtschaftung des Stadtwaldes erwirtschaftest du für die Stadtkasse von Waldstadt einen kleinen Gewinn, zumindest die Kosten für die Waldbewirtschaftung sind immer gedeckt.

Die Idee eines Wildnisgebiets im Stadtwald siehst du etwas zwiespältig. Einerseits weißt du, dass nachhaltige Holznutzung wichtig ist für den Schutz des Weltklimas. Andererseits fasziniert dich die Ursprünglichkeit der Urwälder, die du auf Reisen nach Nordamerika und Asien besucht hast.

Von den Ideen der Jägerinnen und Jäger, den Stadtwald zu einem Wildreservat umzugestalten, das ausschließlich der Jagd dienen soll, hältst du gar nichts. Denn die heimischen Wildarten wie Reh und Hirsch sind nicht vom Aussterben bedroht. Im Gegenteil: Eine zu starke Vermehrung der Rehe und Hirsche bewirkt, dass die jungen Waldbäume abgefressen werden und sich die Baumarten-Zusammensetzung verändert. Und eine ganzjährige Fütterung des Wildes erhöht nur die Anzahl der Tiere, weil die natürliche Sterblichkeit zum Beispiel bei Nahrungsmangel im Winter ausgeschaltet wird. Letztlich geht es ihnen deiner Meinung nach also nur darum, dass sie starke Trophäenträger erlegen können.

INDUSTRIEUNTERNEHMER:IN – TESTA-MOTORS
«Mit uns fahren Sie in die Zukunft»

Dein Unternehmen Testa-Motors baut bisher in den USA innovative Elektroautos. Jetzt planst du ein neues Werk hier in der Nähe von Waldstadt. Denn von hier aus soll der europäische Markt mit Testa-Autos versorgt werden. Deine Fahrzeuge entsprechen dem neuesten Stand der Technik, sind leistungsstark, sicher und zukunftsorientiert. Durch den Elektroantrieb sind sie noch dazu leise und umweltfreundlich. Du rechnest mit großer Nachfrage, hohem CashFlow und guten Gewinnen.

Deshalb planst du ein entsprechend großes, neues Werk hier in Waldstadt. Und dafür muss halt der Stadtwald weg. Neben deinem Werk brauchst du noch weitere Flächen, zum Beispiel für den Logistikpark. Ein Autobahnanschluss ist mit einem kurzen Zubringer leicht zu realisieren. Darüber bekommst du deine Rohstoffe zum Werk beziehungsweise werden die fertigen Autos zu den Kunden transportiert. Auch eine entsprechend leistungsfähige Stromversorgung lässt sich mit einer Überlandleitung herstellen.

Testa-Motors steht auf ganzer Linie für Umweltschutz. Die Werkshallen sind weitgehend lärmgedämmt, umweltgefährdende Stoffe werden nicht verwendet, auch die Lacke und Öle der Fahrzeuge sind mit dem «Blauen Engel» ausgezeichnet. Das Grundwasser wird im Bereich unter der Fabrik und dem Logistikpark nachhaltig abgesenkt, um es vor Verschmutzung zu schützen und den Baugrund zu stabilisieren.

Nicht zuletzt schafft deine Fabrik natürlich auch 12.000 innovative und gut bezahlte Arbeitsplätze in der Region. Das zieht neue Einwohner an, bringt Wohlstand in die Stadt. Darüber hinaus werden sich bestimmt noch Zulieferbetriebe im Umfeld ansiedeln. Selbstverständlich zahlt deine Firma auch Gewerbesteuer an die Stadt – über deren Höhe wird noch zu verhandeln sein.

Die Industrieansiedlung ist also ein wirtschaftlicher Glücksfall – regionale Wertschöpfung mit einem international stark gefragten, umweltfreundlichen Produkt, viele hochqualifizierte Arbeitsplätze, ein starker Wachstumsimpuls für Waldstadt und die ganze Region.

Wenn du in Waldstadt nicht das Areal des Stadtwalds bekommen kannst – bitteschön. Andere Städte bieten genauso gute Gewerbeflächen an. Dann baust du dein neues Werk halt bei einer anderen Stadt.

GEWERKSCHAFTSVORSITZENDE:R
«Hauptsache Arbeit in der Region – egal was»

Das Wohl der Arbeitnehmer steht für dich im Vordergrund. Die Menschen brauchen eine lebenswerte Heimat – sowohl als Wohnraum, aber auch als Freizeitraum, aber vor allem wünschen sie sich einen sicheren Arbeitsplatz.

Deshalb ist dir die Erhaltung der Arbeitsplätze im Wald ein wichtiges Anliegen. Hier arbeiten tagtäglich Frauen und Männer, die für die Gesellschaft einen wichtigen Beitrag leisten. Sie pflegen und bewirtschaften Wald, produzieren Holz, das von Mitarbeitern im örtlichen Sägewerk weiterverarbeitet wird, um schließlich in Form von Brettern und Balken von fleißigen Handwerkstreibenden zu Häusern und anderen wertvollen Dingen veredelt wird. Dir ist insbesondere die regionale Wertschöpfung wichtig. Was hier wächst, soll auch der Region zugutekommen.

Du hast von einer möglichen Industrieansiedlung gehört. Damit würden viele neue, gut bezahlte Arbeitsplätze entstehen – Arbeitsplätze, um den Wohlstand der Menschen in der Region zu verbessern. Das wäre tatsächlich eine Alternative. Statt der paar Beschäftigten im Forst und dem Sägewerk hätten so viele Menschen etwas von der Fläche des bisherigen Stadtwaldes. Für die Erholung der Bevölkerung müsste dann halt der Unternehmer, der den Stadtwald zum Gewerbegebiet macht, als Ausgleich einen Freizeitpark bauen.

Der Idee einer Wildnislandschaft stehst du eher skeptisch gegenüber. Brauchen das die Menschen tatsächlich? Verbessert sich das Leben in Waldstadt dadurch, dass ein paar Frösche zusätzlich herumhüpfen? Wohl eher nicht!

BÜRGER:IN (ZUSCHAUER:IN)
«Alles soll so bleiben, wie es ist»

Ihr seid Bürgerinnen und Bürger von Waldstadt. Ihr liebt euren Stadtwald, denn ihr kennt ihn schon seit immer. Ihr habt hier schon als Kinder gespielt und seid mit euren Großeltern spazieren gegangen. Er ist für euch ein wichtiges Ausflugsziel am Wochenende, eure Joggingstrecke verläuft hier, auch euer Brennholz für den Kamin zu Hause bekommt ihr im Stadtwald.

Ihr wünscht euch in Zukunft

- genügend asphaltierte Parkplätze am Waldrand,
- eine Imbissbude,
- schöne Spazierwege, die man mit Kinderwagen oder Rollstuhl befahren kann,
- Picknick-Plätze mit Sitzbänken,
- Aussichtspunkte, an denen ihr auch mal Tiere sehen könnt,
- versteckte Plätze, an denen ihr leckere Steinpilze findet,
- einen neuen Kinderspielplatz unter Bäumen,
- einen Mountainbike-Parcours mit Flowlines, Pumptrack und einer Big Air Line,
- gutes und günstiges Brennholz, möglichst nah am Weg,
- keinesfalls irgendwelche Holzerntemaschinen, die den Wald verwüsten,
- möglichst überhaupt keine Holzernte mehr – der Wald soll so bleiben, wie er ist,
- die Freiheit, im Stadtwald möglichst tun und lassen zu können, was ihr wollt,
- dass alles so bleibt, wie es ist.

3.3.8.2 S_WA 7.2 Arbeitsblatt: Faktencheck

Beispiele für Recherche-Aufträge (zum Beispiel im Internet oder vor Ort) in Einzelarbeit oder in Kleingruppen:

Zum Beispiel:

- Hat eure Heimatstadt/Heimatgemeinde einen eigenen Wald?
  Wo ist der nächste Staatswald?

- Wer ist in eurer Gegend der zuständige Förster?
  (› «Försterfinder» für Privat- und Kommunalwald im Internet)

- Welche Funktionen erfüllt der Kommunalwald/Staatswald
  in eurer Stadt/bei eurer Gemeinde?

- Gibt es dort größere, ungenutzte Bereiche (Naturwaldreservate, Naturschutz-
  gebiete)? Welche seltenen Tier- und Pflanzenarten sind dort geschützt?

- Gibt es in eurer Stadt/Gemeinde Energiegewinnung aus nachwachsenden
  Rohstoffen oder sonstige kohlenstoffdioxidneutrale Energiequellen?

- Wie viele Menschen sind im Kommunalwald/Staatswald beschäftigt?

- Wie viel Holz wird im Kommunalwald/Staatswald jährlich genutzt?

- Wie viel Kohlenstoffdioxid ist in einem Kubikmeter Holz gespeichert?
  Wie viel Holz wächst jährlich in einem Hektar Wald?
  Welche Kohlenstoffdioxid-Menge speichert ein Hektar Wald jedes Jahr?

- Wo kommt euer Trinkwasser her? Wird es vor der Verteilung aufbereitet?
  Warum? Wie?

- Welche Wildarten werden im Kommunalwald/Staatswald bejagt?
  Wie viele Tiere werden erlegt?

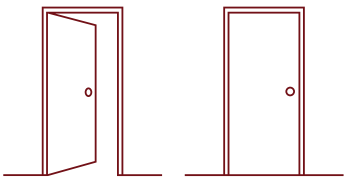
Bewertungsbogen für die Zuschauenden:

Person	Umweltschutz	Sägewerk	Tourismus	Naturschutz	Industrievorsitz
Vorgebrachte Argumente					
Vertretene Werte					
Konflikt mit anderen Werten					
Mein Kompromiss-vorschlag					
Gefundener Kompromiss					

SEP OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL Aug

3.3.9 WA 8: Nahrungsnetz Wald

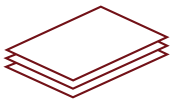
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

Grundlegende Informationen

Die komplexen Nahrungsbeziehungen im Wald eignen sich sehr gut, um das einfache Konzept einer Nahrungskette aus den Vorjahren zu einem Nahrungsnetz zu erweitern. Die unterschiedlichen Trophie-Ebenen fehlen diesem Konzept noch, da sie erst Gegenstand des Biologie-Unterrichts in der Jahrgangsstufe 9 sind.

Neben dem Kennenlernen einzelner Tierarten aus dem Kompetenzbereich «Fachwissen» legt dieses Modul auch besonderen Wert auf den Umgang respektive die Gestaltung von Abbildungen (Schaubildern) und die Interpretation von Diagrammen, um die Kommunikationskompetenz der Lernenden zu fördern.

Die Rückkehr der Beutegreifer wird in der Öffentlichkeit breit diskutiert. Da die dabei entstehenden Probleme vor allem im Zusammenhang mit landwirtschaftlichen Nutzungskonflikten entstehen, werden die Beutegreifer in diesem Modul nicht ausführlich thematisiert. Weitergehende Informationen und Unterrichtsmaterialien finden sich in dem Aktionshandbuch › Tiere live.

Durchführung

Die eigentliche Durchführung der Arbeiten kann sowohl in Einzelarbeit, als auch in arbeitsgleicher Gruppenarbeit erfolgen. In die Erarbeitungsphase eingestreute Sicherungsphasen sorgen für eine Synchronisierung des Lernens im Klassenverband, um möglichst allen SuS diese wichtigen Inhalte zu vermitteln.

Aufgaben

Arbeitsaufträge siehe Anlagen S_WA 8.1 und S_WA 8.2

MATERIALIEN

- **S_WA 8.1 Arbeitsblatt:** Nahrungsnetz Wald
- **L_WA 8.1 Schülerprodukt zum Arbeitsblatt:** Nahrungsnetz Wald
- **S_WA 8.2 Arbeitsblatt:** Fressen und gefressen werden
- **L_WA 8.2 Schülerprodukt zum Arbeitsblatt:** Fressen und gefressen werden

3.3.9.1 S_WA 8.1 **Arbeitsblatt:** Nahrungsnetz Wald

Die Organismen im Ökosystem Wald sind über ein Nahrungsnetz miteinander verbunden. Da die Lebensgemeinschaft überaus kompliziert ist und viele Tausend Arten umfasst, zeigt folgendes Bild nur einen kleinen Ausschnitt der Tier- und Pflanzenwelt in einem Wald:

ZUM AUSSCHNEIDEN

Buchfink	**Buche**	**Sperber**
Mensch	**Fichte**	**Blattlaus-Arten**
Eiche	**Kohlmeise**	**Reh**
Tanne	**Waldmaus**	**Wolf**

Aufgaben

1. Ordne die Kärtchen (ohne den Menschen) zu einem Nahrungsnetz mit der aus der Jahrgangsstufe 6 bekannten Symbolik an. Recherchiere wenn nötig die entsprechenden Nahrungsbeziehungen.

2. Begründe, warum die Kärtchen unterschiedliche Farben haben.

3. Mache eine Vorhersage, wie sich das Fehlen eines Akteurs (wie zum Beispiel dem Wolf) auf das Nahrungsnetz auswirkt.

4. Ergänze die Karten «Mensch» in dein Nahrungsnetz und gib an, in welcher Farbe die Karten gestaltet sein müssten.

3.3.9.2 L_WA 8.1 Schülerprodukt zum Arbeitsblatt: Nahrungsnetz Wald

1. –

2. Die unterschiedlichen Farben repräsentieren einerseits Pflanzen, die über Photosynthese Nährstoffe produzieren. Gelb sind Pflanzenfresser dargestellt. Rosa und Rot sind Fleischfresser.

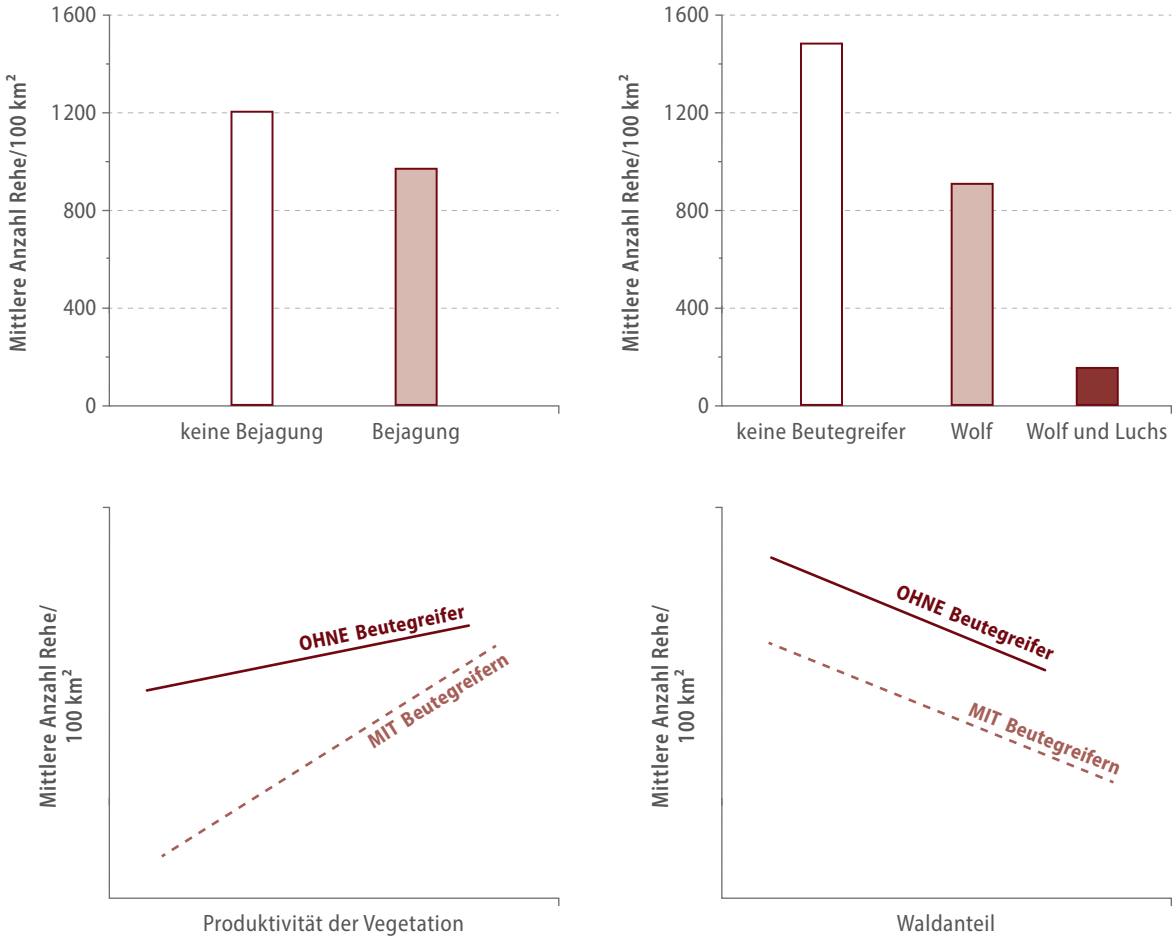
3. Ohne den Wolf werden zum Beispiel die Rehe nicht gefressen. Dadurch erhöht sich ihre Zahl und dementsprechend werden dann auch mehr Pflanzen gefressen.

4. Position der Karte Mensch als Fleischfresser. Karte müsste rot ausgemalt werden. Gleichzeitig kann der Mensch auch Bucheckern/Eicheln essen und könnte dementsprechend auch gelb dargestellt sein.

3.3.9.3 S_WA 8.2 Arbeitsblatt: Fressen und gefressen werden

Die Verbissschäden, die zum Beispiel Rehe und Hirsche durch Abfressen junger Triebspitzen an Bäumen verursachen, sind Gegenstand zahlreicher Diskussionen. Dabei wird vonseiten der Forstwirtschaft immer wieder die Reduktion der Anzahl der Rehe pro Fläche gefordert. Doch welche Faktoren beeinflussen eigentlich die Anzahl der Rehe pro Fläche?

In einer wissenschaftlichen Arbeit wurde die Anzahl der Rehe pro 100 km² unter verschiedenen Bedingungen untersucht. Dabei kamen sie zu folgenden Ergebnissen:



Aufgaben

1. Beschreibe mithilfe der Diagramme, wie sich die vier untersuchten Faktoren auf die Anzahl der Rehe pro 100 km² auswirken.

2. Nach einem Sturmschaden soll eine Fläche wiederbewaldet werden. Entwickle einen Plan, um die Wiederbewaldung vor Wildverbiss zu schützen. Tausche dich mit deinen Mitschülerinnen und Mitschülern über die Pläne aus.

3. Diskutiert, auf welche Hindernisse ihr bei der Umsetzung der Pläne stoßen könntet und wie ihr diese Probleme lösen würdet.

Verändert nach: MELIS, C. (2009): Predation has a greater impact in less productive environments: Variation in roe deer, *Capreolus capreolus*, population density across Europe. – Global Ecology and Biogeography 18(6):724–734. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1466-8238.2009.00480.x.

3.3.9.4 L_WA 8.2 Schülerprodukt zum Arbeitsblatt: Nahrungsnetz Wald

1. Untersuchter Faktor: **Bejagung**
   Auf bejagten Flächen ist die Anzahl der Rehe pro 100 km^2 kleiner als auf unbejagten Flächen.

   Untersuchter Faktor: **Beutegreifer**
   Sind Wölfe auf einer Fläche vorhanden, sinkt die Anzahl der Rehe pro 100 km^2. Sind Wölfe und Luchse vorhanden, wird die Anzahl noch kleiner. Beutegreifer reduzieren die Anzahl der Rehe stärker als die Jagd.

   Untersuchter Faktor: **Produktivität der Vegetation**
   Je höher die Produktivität der Vegetation ist, desto mehr Rehe kommen auf 100 km^2 vor.

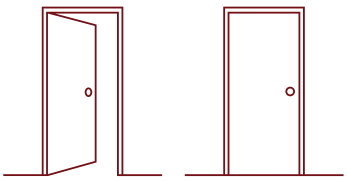
   Untersuchter Faktor: **Waldanteil**
   Je höher der Waldanteil ist, desto weniger Rehe kommen auf 100 km^2 vor.

2. und 3. Entwicklung eines Plans, zum Beispiel mit entsprechender Bejagung, Schutzeinrichtungen (beispielsweise Zäune); Diskussion der möglichen Herausforderungen und Lösungsmöglichkeiten

SEP OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL Aug

3.3.10 WA 9: Naturwald in Bayern für Brennholz aus Rumänien?

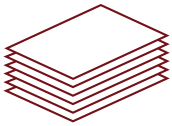
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

Grundlegende Informationen

Forderungen nach Schutz von Waldflächen in Bayern werden immer lauter. In Nationalparken und Naturschutzgebieten wird die Nutzung der Wälder eingeschränkt oder eingestellt, um so die ökologischen Waldfunktionen sicherzustellen. In dieser Einheit lernen die SuS, dass Nutzung und dauerhafter Erhalt forstwirtschaftlich genutzter Wälder kein Widerspruch sein müssen. Die SuS erleben in einer Simulation, welche Auswirkungen die Verknappung der Ressource Holz in Bayern hat. Sie lernen ihr eigenes Nutzungsverhalten und die Folgen für Wälder in fernen Regionen, in denen die Wälder oft nicht nachhaltig genutzt werden, kennen. In einem zweiten Durchgang erproben die SuS, inwieweit ein von ihnen zuvor erarbeiteter Lösungsansatz sich in der «Praxis» bewährt.

Durchführung

Mit diesem Spiel sollen die SuS die Auswirkungen des eigenen Nutzungsverhaltens auf den Baumbestand in verschiedenen Wäldern kennenlernen. Dabei unterscheidet man zwischen einer durch einen «Förster» kontrollierten Nutzung und einer nicht kontrollierten Nutzung, wie sie zum Beispiel in vielen tropischen Gebieten üblich ist.

Der durchschnittliche Holzverbrauch in Deutschland übersteigt die nachhaltige Nutzung im Inland um fast das Doppelte: 2009 wurden 107,6 Mio. m^3 (entspricht 1,3 m^3/Person) Holz verbraucht. Etwa 54 Mio. m^3 Holz werden jährlich in Deutschland nachhaltig genutzt (entspricht 0,7 m^3/Person). Jedes Bonbon der Aktivität symbolisiert demnach ein Holzäquivalent von 0,7 m^3, zwei etwas mehr als den durchschnittlichen Verbrauch in Deutschland.

Dieses Modul wurde in Anlehnung an die Aktivität «Försterwald» aus STMELF (2017) konzipiert und lässt sich in abgewandelter Form (zum Beispiel mit Holzscheiben statt Bonbons) im Freiland durchführen.

Die Aktion sollte am besten in einem großen Raum (zum Beispiel Aula) durchgeführt werden, in dem sich zwei verschiedene «Waldgebiete» abgrenzen lassen. Waldgebiet 1 wird dabei von einem Förster, zum Beispiel der Lehrkraft, überwacht, indem er in der Fläche steht. In Waldgebiet 2 finden keine Kontrollen statt. Die Flächen von zirka 2 m × 2 m Größe werden zum Beispiel mit Kreide auf dem Boden gekennzeichnet. Zur Vorbereitung verteilt die Lehrkraft Bäume in Form von Bonbons in den beiden markierten «Waldstücken». Um die jeweiligen Entnahmemengen sichtbar zu machen empfiehlt es sich, jedem Waldgebiet eine Bonbonfarbe zuzuordnen. In jedem «Waldgebiet» können sich maximal Holzäquivalente in 2-facher Anzahl der teilnehmenden Schüler befinden. Vor der ersten Runde sind die Flächen aller-

MATERIALIEN

- **S_WA 9.1 Arbeitsblatt:** Wie viel Holz darf ich nutzen?
- **L_WA 9.1 Schülerprodukt zum Arbeitsblatt:** Wie viel Holz darf ich nutzen?
- **Süßigkeiten** zum Beispiel Bonbons
- **Pappbecher**

dings nur mit 80 % der maximalen Bestockung bewachsen. Durch sparsame Nutzung der Ressourcen könnte somit der Holzvorrat noch vergrößert werden.

> **Beispiel:**
> Bei einer Klassenstärke von 20 Personen startet man mit 32 grünen Bonbons für Waldfläche 1 und 32 roten Bonbons in Waldfläche 2. Der maximale Holzvorrat in jedem Wald beträgt 40 Holzäquivalente (Bonbons) und entspricht der Biotopkapazität.

1. Alle SuS stellen sich entlang einer am Boden (zum Beispiel Kreidelinie, Schnur) markierten Linie auf.
   Die SuS erhalten nun den Auftrag, ihren Holzbedarf für die nächste Periode (Spielrunde) zu decken. Sie haben die Wahl zwischen:
   - 1 Bonbon: zum Überleben notwendig
   - 2 Bonbons: durchschnittlicher Komfort (aktueller Verbrauch in D)
   - 3 Bonbons und mehr: höchste Annehmlichkeiten

   Im Waldstück 1 legt der «Förster» die nachhaltige «Erntemenge» an Holzäquivalenten (grüne Bonbons) fest, die in der jeweiligen Runde entnommen werden dürfen:
   Die nachhaltige Entnahme beträgt 50 % der Holzäquivalente (Bonbons) und entspricht dem Zuwachs in einer Periode. Die vom «Förster» geschützten «Bäume» werden durch einen umgestülpten Pappbecher verdeckt, das heißt sie dürfen nicht entnommen werden. Im Waldstück 2 wird die Entnahme der Holzäquivalente (rote Bonbons) nicht reguliert, das heißt alle Holzäquivalente sind frei verfügbar.

   Beispiel mit 20 SuS:

Waldstück 1	**Waldstück 2**
32 grüne Bonbons; davon werden 16 mit Pappbechern vor der Entnahme geschützt.	32 rote Bonbons; davon werden keine durch Pappbecher vor der Entnahme geschützt.

2. Auf ein Startkommando holen sich die SuS ihre Holzäquivalente (Bonbons). Jede Spielrunde dauert 60 Sekunden.

3. Nach jeder Runde
   - werden die gesammelten Holzäquivalente (Bonbons) in einem persönlichen Gefäß gesammelt und sind damit aus dem Spiel,
   - scheiden SuS aus, die kein Bonbon haben,
   - ergänzt der «Förster» den Zuwachs in den beiden Waldgebieten. Es wachsen so viele Holzäquivalente (Bonbons) nach, wie noch auf der Fläche sind – maximal bis zur Biotopkapazität (doppelte Teilnehmerzahl).

> **Beispiel 1:**
> Die 20 SuS entnehmen 16 (maximal) von den ursprünglich 32 grünen Bonbons in Waldstück 1, das heißt 16 Bonbons bleiben übrig. Die Lehrkraft verdoppelt die Anzahl auf 32 Bonbons, bevor die nächste Spielrunde beginnt.

> **Beispiel 2:**
> Die 20 SuS entnehmen nur 12 von den ursprünglich 32 grünen Bonbons in Waldstück 1, das heißt 20 Bonbons bleiben übrig. Die Lehrkraft verdoppelt die Anzahl auf die maximale Anzahl (Biotopkapazität) von 40 Bonbons, bevor die nächste Spielrunde beginnt, das heißt der Holzvorrat steigt.
>
> **Beispiel 3:**
> Die 20 SuS entnehmen 24 von ursprünglich 32 roten Bonbons in Waldstück 2, das heißt 8 Bonbons bleiben übrig. Die Lehrkraft verdoppelt jedes verbliebene Bonbon, bis 16 Bonbons auf der Fläche sind. Der Holzvorrat sinkt.

Dieser Zuwachsmechanismus soll im Verlauf des Spieles von den SuS erschlossen werden.

- Die gesammelten und verbliebenen Bonbons werden nach jeder Spielrunde für die beiden Waldstücke gezählt und in einer Tabelle eingetragen.

Die Aktivität endet spätestens nach sechs Runden respektive nachdem das unbewachte Waldgebiet vollständig geplündert worden ist. Alternativ könnte man auch mit den gleichen Regeln weiterspielen, wenn ein Waldstück keine Holzäquivalente (Bonbons) mehr enthält. In diesem Fall scheiden immer mehr Spielerinnen und Spieler aus, weil sich der Holzbedarf nicht mehr nachhaltig decken lässt.

Als Nachbereitung bearbeiten die SuS das Arbeitsblatt S_WA 9.1.
Dabei

- vergleichen sie das Modellexperiment mit den tatsächlichen Verhältnissen in Wäldern,
- ermitteln sie anhand der protokollierten Bonbon-Zahlen eine Regel für die Zuwachsrate in den Waldstücken,
- setzen sie die tatsächlich genutzte Holzmenge in Bezug zu derjenigen, die sich bei nachhaltiger Nutzung beider «Wälder» ergeben hätte,
- verändern sie die Spielregeln so, dass
  - die Auswirkung des tatsächlichen durchschnittlichen Verbrauchs in Deutschland (2 Holzäquivalente = Bonbons pro Person und Runde),
  - der Kahlschlag eines Waldteils oder
  - die komplette Einstellung der Nutzung im Försterwald

  simuliert wird,
- diskutieren sie die Auswirkungen ihres lokalen Handelns auf andere Waldstücke und
- entwickeln sie eine nachhaltige Nutzungsstrategie für den Erhalt BEIDER Waldstücke.

Aufgaben

Arbeitsaufträge siehe Arbeitsblatt S_WA 9.1

3.3.10.1 S_WA 9.1 Arbeitsblatt: Wie viel Holz darf ich nutzen?

Ein wichtiger Weg der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung ist die Nutzung von Modellexperimenten, wie ihr sie gerade durchführt.

1. Vervollständige folgende Tabelle, indem du das Modellexperiment mit den tatsächlichen Verhältnissen vergleichst.

Modellexperiment	**Wald**
Bonbons	
	Zuwachs des Holzes pro Wachstumsperiode (etwa 20–40 Jahre)
Waldstück 1	
	Tropischer Wald
Lehrkraft im Waldstück 1	
Spielerinnen und Spieler	
	Nutzung des Holzes

2. Vervollständigt folgende Tabelle und erstellt mit Hilfe dieser Daten je ein Liniendiagramm für jedes Waldstück, das vorhandene und entnommene Bonbons in jeder Runde zeigt.

		WALDSTÜCK 1		**WALDSTÜCK 2**	
Spielrunde	**Anzahl Spieler**	**Anzahl Bonbons**	**Entnommene Bonbons**	**Anzahl Bonbons**	**Entnommene Bonbons**
Vor Runde 1					
Nach Runde 1					
Vor Runde 2					
Nach Runde 2					
Vor Runde 3					
Nach Runde 3					
Vor Runde 4					
Nach Runde 4					
Vor Runde 5					
Nach Runde 5					
Vor Runde 6					
Nach Runde 6					
SUMME					

3. Leitet aus diesen Werten eine Regel ab, die den Zuwachs nach jeder Runde quantifiziert.

4. Mit Hilfe dieses Modellexperiments und einer Berechnung der dauerhaft möglichen Holzernte bei einer nachhaltigen Bewirtschaftung der Waldstücke lassen sich Rückschlüsse auf die optimale Bewirtschaftungsform schließen.

4.1 Zählt die von eurer Klasse insgesamt bei diesem Modellexperiment geernteten Holzäquivalente (Bonbons) und berechnet die Menge an Holzäquivalenten (Bonbons), die bei einer nachhaltigen Nutzung beider Waldstücke nachwachsen würden, mit folgender Formel:

$$\mathbf{N_{max}(Holzäquivalente) = 2 \times N(SuS) \times [N(Spielrunden) - 0{,}4]}$$

N_{max}: maximal nachwachsende Holzäquivalente bei nachhaltiger Nutzung

N(SuS): Anzahl der teilnehmenden SuS

N(Spielrunden): Anzahl der gespielten Runden (Zuwachsperioden)

4.2 Vergleicht, welche Nutzungsstrategie insgesamt mehr Holzäquivalente eingebracht hätte.

5. Verändert die Spielregeln so, dass folgende Bedingungen modelliert werden:

   - Tatsächlicher Verbrauch in Deutschland: 2 Bonbons pro Person und Runde
   - Kahlschlag eines Waldteils
   - In Waldstück 1 oder 2 wird kein Holz mehr entnommen (zum Beispiel Unterschutzstellung).
     Formuliert eine Hypothese, wie sich die beiden Waldstücke in den drei Fällen entwickeln werden und überprüft sie mit einem entsprechenden Modellexperiment.

6. Entwickelt eine Strategie, wie ihr beide Waldstücke nachhaltig erhalten könnte. Bedenkt dabei, auf welche Probleme ihr bei der Umsetzung stoßen könntet.

7. Diskutiert, wie sich die Nutzung der Ressourcen bei uns auf die Holzvorräte in den Wäldern anderer Länder auswirken könnte.

3.3.10.2 L_WA 9.1 Schülerprodukt zum Arbeitsblatt: Wie viel Holz darf ich nutzen?

1.

Modellexperiment	Wald
Bonbons	**Bäume im Wald**
Zugabe von Bonbons nach jeder Runde	Zuwachs des Holzes pro Wachstumsperiode (etwa 20–40 Jahre)
Waldstück 1	**Regionales Waldstück unter Aufsicht eines Försters; Nachhaltigkeit gesetzlich vorgeschrieben**
Waldstück ohne Aufsicht eines Försters	Tropischer Wald
Lehrkraft im Waldstück 1	**Förster**
Spielerinnen und Spieler	**Holznutzer**
Verzehren der Bonbons	Nutzung des Holzes

2. Tabellierte Werte und Liniendiagramm

3. Vor jeder Runde wird die Anzahl der nach der letzten Runde noch vorhandenen Bonbons verdoppelt. Dabei wird eine maximale Anzahl (Kapazitätsgrenze) von der doppelten Anzahl der Spielerinnen und Spieler aber nie überschritten.

4. Aufgabe 4.1:
   Anzahl N_{ges} der gesammelten Holzäquivalente (Bonbons) wird durch Zählen ermittelt.

   Anzahl N_{max} der im Idealfall in beiden Waldgebieten nachwachsenden Holzäquivalente (Bonbons) wird mit der gegebenen Formel berechnet.

   N_{max}(Holzäquivalente) = 2 × N(SuS) × (N[Spielrunden] - 0,4)

> Beispiel:
> N(SuS) = 20 und N(Spielrunden) = 6
> N_{max}(Holzäquivalente) = 2 × 20 × [6 − 0,4] = 224
> Unter nachhaltiger Bewirtschaftung beider Flächen lassen sich maximal 224 Holzäquivalente (Bonbons) in 6 Spielrunden ernten.

   Aufgabe 4.2:
   Die beiden Werte Nges und Nmax werden verglichen. In der Regel werden die SuS weniger Bonbons sammeln als theoretisch möglich, weil sie die Wälder nicht nachhaltig nutzen, sondern Waldstück 2 «plündern».

5.

	Neue Spielregeln	Hypothese
Variante 1	Alle Spielenden entnehmen pro Runde mindestens 2 Bonbons	Anzahl der Holzäquivalente in dem frei zugänglichen Waldstück sinkt.
Variante 2	In einem Waldstück werden nach einer Runde alle Bonbons entnommen. In den folgenden Runden kommen keine Bonbons mehr dazu	Nach dem Kahlschlag steigt bei gleichem Holzbedarf der Entnahmedruck auf das andere Waldstück.
Variante 3	In einem Waldstück werden keine Bonbons mehr entnommen. In den folgenden Runden kommen so viele Bonbons dazu, bis die Kapazitätsgrenze erreicht ist.	Nach der Unterschutzstellung steigt bei gleichbleibendem Holzbedarf der Entnahmedruck auf das andere Waldstück.

6. Mögliche Strategie(n):

- Nutzung beider Waldstücke unter kontrollierten Bedingungen, das heißt auch Waldstück 2 bekommt eine Aufsicht. Problem: Einfluss auf andere Länder ist oft gering.
- Reduktion des Holzbedarfs. Problem: Ökonomischer Verlust, nachhaltiger Rohstoff wird nicht genutzt, Substitution durch andere Rohstoffe (zum Beispiel Kunststoff, Alu, Metall) verschlechtert die Ökobilanz, da deutlich höherer CO_2-Abdruck bei Rohstoffgewinnung und Verarbeitung und so weiter.
- (Weitere Strategien)

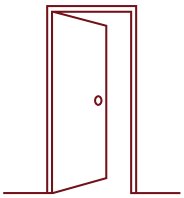
7. Ergebnisoffene Diskussion mit folgenden möglichen Argumenten:

- Wenn unsere Wälder komplett geschützt würden, werden Wälder in anderen Regionen intensiver genutzt, mit der Folge, dass sich die Ressourcenprobleme für die dortige Bevölkerung verschärfen.
- Wenn unsere Wälder nicht mehr nachhaltig, sondern intensiver genutzt würden, könnten Ressourcen in anderen Teilen der Welt geschont werden. Dafür gingen bei uns viele wichtige Funktionen des Waldes verloren.
- (Weitere Argumente)

Sep Okt Nov Dez Jan Feb Mär Apr **MAI** **JUN** **JUL** Aug

3.3.11 WA 10: Annas Bäume – eine digitale Schnitzeljagd durch den Wald

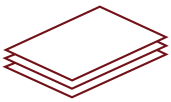
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

MATERIALIEN

- **L_WA 10**
  QR-Codes für die Rallye
- **Digitales Endgerät**
  mit QR-Code-Leser und Internetzugang

Grundlegende Informationen

Die Verknüpfung digitaler Endgeräte mit direkten Naturbeobachtungen verspricht eine hohe Motivation der Lernenden. In diesem Modul steht der Erwerb von Artenkenntnis im Zentrum der Lerneinheit. Besonders effektiv ist die Verknüpfung von beobachteten Merkmalen mit «Fun facts», also Wissenswertem und Kuriosem rund um die Art. Dabei ist es für Lehrkräfte im Vorfeld einer Exkursion sehr aufwendig, diese «Fun facts» zu recherchieren und in ansprechende Geschichten zu verpacken («Storytelling»). Deshalb entlastet der Einsatz bereits fertig aufbereiteter digitaler Medien die Lehrkraft bei der Vorbereitung ganz erheblich.

In diesem Modul entdeckt die vielen Kindern bekannte KIKA-Moderatorin Annika Preil in kleinen Lehrfilmen Wissenswertes, Kurioses und Lustiges rund um einheimische Gehölze. Diese Videos sind in Kooperation mit dem BISA-Projekt des Lehrstuhls Didaktik der Biologie an der LMU München entstanden. Interaktive Aufgaben sorgen dafür, dass die Lernenden ihre Augen nicht nur auf den Bildschirm richten, sondern die Baumarten vor Ort untersuchen müssen, um die Aufgaben zu lösen.

Durchführung

Die QR-Codes sollten von der Lehrkraft im Vorfeld laminiert und im Freiland an den entsprechenden Gehölzen angebracht werden. Die Lernenden entdecken die QR-Codes dann zum Beispiel an ausgewiesenen Stationen, im Rahmen einer Schnitzeljagd am Wandertag oder vielleicht auch in einer wechselnden Ausstellung im Schulgelände. Weitere Vor- und auch Nachbereitungen sind nicht nötig.

Aufgaben

Da die interaktiven Aufgaben über eine Webseite bereitgestellt werden und sich automatisch selbst korrigieren, erhalten die Lernenden ein direktes Feedback über ihr Lernprodukt, ohne dass die Lehrkraft eingreifen muss.

3.3.11.1 L_WA 10: QR-Codes für die Rallye

- Drucken Sie die QR-Codes aus und laminieren Sie die Blätter
- Wählen Sie entsprechende Bäume aus
- Optional: Erstellen Sie eine Geocaching-Schnitzeljagd von Baum zu Baum
- Bringen Sie die laminierten QR-Codes an den Bäumen an
- Los geht's mit den Kindern!!!

BISA
BIODIVERSITÄT IM SCHULALLTAG

BISA-Baum-Rallye

Ahorn

Birke

Buche

Eberesche

Eiche

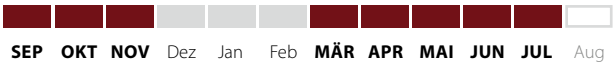
Fichte

Hasel

Kiefer

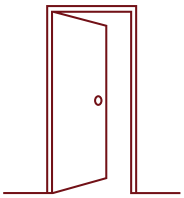
Linde

Tanne

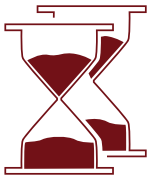


3.3.12 **WA 11:** Exkursion: **Spuren im Wald**

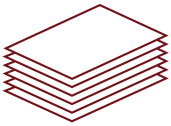
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

Grundlegende Informationen

Eine «Spurensuche» im Wald erlaubt einen vielfältigen Zugang zum Ökosystem Wald. Im Wald finden wir Spuren der Menschen (zum Beispiel Fußabdrücke, Müll, abgebrochene Zweige, gefällte Bäume, Schilder, Wege, gepflanzte Bäume, Schilder, Bänke), Spuren der Pflanzen (etwa Früchte und Samen, am Boden liegende Blätter, Äste, abgefallene Rinde) und Spuren der Tiere (wie Trittspuren, Kot, Fraßspuren an Rinde, Knospen, Samen, Früchte, Federn, Eierschalen, Nester und Bauten).

In dieser Exkursion schärfen die SuS ihren Blick für Spuren im Wald und ordnen diese Tieren, Pflanzen und Menschen zu. Optional können die Auswirkungen der Zunahme einer bestimmten Art auf das Ökosystem mit einem Versuch zum Nahrungsnetz nachvollzogen werden.

Der «ökologische Fußabdruck» des Menschen und die Zuordnung der gefundenen Spuren können auf ökonomischer, ökologischer und sozialer Dimension diskutiert werden.

Durchführung

Kamera und Fotograf (zirka 20 Minuten)
Bei Ankunft am Treffpunkt im Wald finden sich Partner zusammen und gehen in einem definierten Waldbereich auf die Suche nach Spuren. Hier sollte den SuS ein offener Zugang zum Thema «Spuren» ermöglicht werden.

Auf der Suche wird wie folgt vorgegangen:
Einer übernimmt die Rolle des Fotografen, der andere die Rolle der Kamera. Der «Fotograf» führt die «Kamera», deren Augen geschlossen sind.

Der «Fotograf» hält Ausschau nach interessanten «Spuren». Hat er eine Spur entdeckt, richtet er die Augen der «Kamera» direkt auf den Motivausschnitt und klopft sanft auf die Schulter des Partners.

Die «Kamera» öffnet ihre Augen und ein Bild wird «geschossen». Wird ein zweites Mal sanft auf die Schulter des Partners geklopft, dann schließen sich die Augen der «Kamera» wieder. Später werden die Rollen gewechselt. Exemplarisch sollte die Vorgehensweise mit einem Team vorgeführt werden, bevor die Spurensuche beginnt.

Reflexion (zirka 15 Minuten)
Im Anschluss tauschen sich zwei Partner-Teams über ihre Eindrücke zunächst in der Gruppe aus. Jede Gruppe stellt in der Zusammenschau mit der gesamten Klasse ihre spektakulärste Spur vor. Es wird deutlich, dass es verschiedene

MATERIALIEN

- **Leintuch zum Auslegen der Spuren**
- **Digitalkamera für jede Gruppe**
- **Bestimmungsvorlage für SuS (1× je Gruppe): Beispiele, wie sich Spuren im Wald bestimmen lassen**

Arten von Spuren gibt, und die SuS reflektieren ihre ersten Erkenntnisse auf der Metaebene.

Folgende Fragen können als Hilfe dienen:
Was ist eigentlich eine Spur? Welche Spuren unterscheiden wir?
Welche Bedeutungen haben Spuren?

Grundsätzlich werden Spuren der Menschen, Pflanzen und Tiere unterschieden.

Für die nächsten beiden Aktionen ist zu beachten:
Die SuS werden in Gruppen aufgefordert, den Wald auf möglichst viele Spuren abzusuchen und diese wenn möglich mitzunehmen und zu bestimmen. Sollten die Spuren nicht transportiert werden können, dann werden sie fotografiert.

Nach vorgegebener Zeit kommen die Gruppen am Treffpunkt zusammen und präsentieren gefundenen Spuren. Für jede gefundene Spur sowie für die richtige Zuordnung erhält die Gruppe jeweils einen Punkt. Da voraussichtlich nicht alle Spuren gleich konkret zugeordnet werden können, sollten die SuS nach dem Waldgang noch Zeit haben, um eine Zuordnung zu recherchieren.

Tierspuren im Wald (zirka 40 Minuten)
Bei der nächsten Suche werden Tierspuren in den Fokus gerückt. Der Ausdruck «Beispiele, wie sich Spuren im Wald erkennen lassen» soll die SuS für Spuren der Tiere sensibilisieren. Allerdings sind dies nur Beispiele und eine erste Hilfe, denn im Wald gibt es viel mehr Spuren zu entdecken.

Spuren der Pflanzen und Menschen (zirka 40 Minuten)
Die SuS werden wieder in Gruppen aufgefordert, noch nicht gefundene Tierspuren, Spuren von Pflanzen und Menschen im Wald zu finden.

Sieger der «Spurensuche» ist die Gruppe mit den meisten Punkten.

Ausweitung auf Spuren aus dem Wald in der Schule
Auch der Wald hinterlässt Spuren (zum Beispiel Tische, Stühle, Schränke, Stifte, Papier) in der Schule. Die SuS gehen auf «Spurensuche» im Klassenzimmer beziehungsweise im Schulhaus. Nach einer Auswertung kann die Bedeutung von Nachhaltigkeit thematisiert werden.

Informationen für die Lehrkraft
Aktionen aus «Tiere live», Kapitel «Tierspuren»

Aktion 2: Tierspuren Borkenkäfer

Aktion 4: Fraßspuren an Haselnüssen

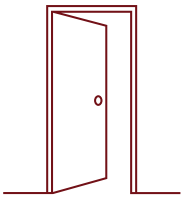
Aktion 1: Übersicht «Spuren im Wald»

Tiere live:
www.anl.bayern.de/projekte/tierelive/inhalte.htm



3.3.13 **WA 12:** Exkursion: **Lebendiges Totholz**

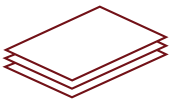
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

MATERIALIEN

- **1 Becherlupe für je drei SuS**
- **L_WA 12.1:** WA12.1 Liedtext «Kanon der Pilze»
- **L_WA 12.2 Bestimmungsschlüssel Totholzbewohner** für je drei SuS
- **Anlage 1** Walddomino

Grundlegende Informationen

Totholz wird von den Waldbesuchern in der Regel gar nicht wahrgenommen oder ist negativ belegt: Der Wald ist nicht ordentlich «aufgeräumt». Ein ausreichender Anteil an Totholz ist aber bedeutend für die Schaffung und Erhaltung einer großen Biodiversität und ist gleichzeitig auch ein wichtiges Kennzeichen ökologisch wertvoller Wälder. Das abgestorbene Holz wird durch zahlreiche Pilze besiedelt, die wiederum den Weg für viele Insekten bereiten, das Holz zu besiedeln und es weiter zu zersetzen, um letztendlich wertvollen Humus aufzubauen. Dabei ist ein starker, fauliger, liegender Holzstamm schon fast so belebt wie ein kleines Dorf. Diese wichtigen Eigenschaften des Totholzes und die Lebensweisen der unterschiedlichen Insekten im und um das Totholz und ihr Beziehungsgefüge sollen mit dieser Exkursion erkannt und verstanden werden.

Die unterschiedlichen Aktivitäten arbeiten mit unterschiedlichen Methoden, mal kognitiv, mal künstlerisch und auch forschend, sodass dadurch alle unterschiedliche Begabungen der SuS angesprochen werden.

Durchführung

Leitgedanke

Die SuS sollen ein Gespür dafür entwickeln, wie die unterschiedlichen Zersetzungsstadien des Holzes aussehen. Sie integrieren ihre Erkenntnisse in das Modell des natürlichen Stoffkreislaufs und konkretisieren dabei die Vorstellung von Destruenten und ihrer Arbeitsweise.

Vorbereitung

Suchen Sie einen geeigneten Wald mit viel liegendem Totholz. Achten Sie bitte dabei darauf, dass keine gefährlichen, also instabilen, stehenden, toten Bäume in dem Bereich sind, in dem Sie sich mit den SuS bewegen möchten.

Einstieg

WALDDOMINO

Die SuS bekommen von Ihnen je ein Bild von einem Waldbestandteil in die Hand und sollen diese in einer Art Dominospiel miteinander in Beziehung bringen. Dazu sollen sie miteinander sprechen, sich ihre Bilder zeigen und entscheiden, welches Bild der Ausgangspunkt für das Domino wird. Dieses Bild wird auf den Boden gelegt und dann darf nur an 2 Seiten des Bildes je ein weiteres Bild angelegt werden, welches in Beziehung zu dem ersten Bild steht. Die Beziehung muss dabei von den SuS benannt werden. Das Ziel ist es, dass alle Bilder mit schlüssigen Erklärungen aneinandergelegt werden. Die Aufgabe der Lehrkraft wird es dabei sein, zu moderieren und immer wieder Fachwissen einfließen zu lassen, wo notwendig.

Aktivität im Wald

Vom Baum zum Humus:

Die SuS bekommen von Ihnen den Auftrag, alle Entwicklungsstadien des Holzes, vom Frischholz bis zum Humus, zu suchen. Dabei sollen sich die SuS vorher absprechen, wer was zu suchen hat. Der zweite Teil der Aufgabe besteht darin, zu versuchen, dies kunstvoll miteinander zu verbinden, sodass man den fließenden Übergang des Zersetzungsprozesses vom Holz zum Humus sehr gut erkennen und nachverfolgen kann (beispielsweise Rad, Schlange, Fläche, Jahrringscheibe).

Untersuchung von Totholz:

Die SuS werden in Dreiergruppen eingeteilt und bekommen jeweils eine Becherlupe und ein Bestimmungsblatt. Jede Kleingruppe sucht sich ein geeignetes liegendes Totholz. Es sollte schon so weit verrottet sein, dass man es mit den bloßen Händen zerlegen kann. Beim Untersuchen des Totholzes sammeln die SuS die unterschiedlichen wirbellose Tiere ein, die dabei entdeckt werden. Anschließend werden diese bestimmt. In den Becherlupen kann es teilweise zu Kämpfen kommen, denn die Wirbellosen sind hier nicht nach Räubern und Beute getrennt. Im Kreis werden die Becherlupen mit den unterschiedlichen Insekten herumgegeben, sodass alle einen Überblick darüber bekommen, wie viele und welche unterschiedlichen Insekten gefangen wurden. Über die herausgefundenen Informationen zu den einzelnen Tierchen tauschen sich die Gruppen gemeinsam aus.

– Optional –

Kanon der Pilze:

Einleitend zu dieser Aktivität sollten Sie in einem Unterrichtsgespräch die Bedeutung der Pilze bei der Zersetzung des Holzes herausstellen. Dabei können Sie die drei unterschiedlichen Ernährungsweisen der Pilze nennen: Saprophytisch, parasitisch und symbiontisch. Geben Sie dazu einige Beispiele bekannter Pilze zu den jeweiligen Ernährungstypen. Um dieses Wissen auf eine lustige Art und Weise zu verinnerlichen, können Sie nun mit den SuS den Kanon der Pilze singen. Für den Kanon benötigen Sie vier Gruppen. Sie selbst sollten Text und Rhythmus zuvor soweit verinnerlichen, dass Sie eine Gruppe, die den Anschluss verliert, wieder einfangen können. Animieren Sie die Teilnehmer bereits in der Einübungsphase, ihre Hemmschwelle zu überwinden und laut und kräftig zu singen.

Landart:

Die SuS sollen sich gemeinsam auf eines der gefundenen Wirbellosen einigen, welches sie zum Beispiel am meisten beeindruckt hat. Dann geben Sie ihnen die Aufgabe, Naturmaterial aus dem Wald zu holen und dieses Insekt übergroß als ein gemeinschaftliches Landartprojekt darzustellen.

Aufgaben

Vom Baum zum Humus:

- Mache dich auf die Suche nach allen Entwicklungsstadien des Holzes, vom Frischholz bis zum Humus.
- Untersuche die Lebewesen darin mit Hilfe der Becherlupe und des Bestimmungsblatts.
- Überlege dir eine kunstvolle Darstellungsform, mit der du die fließenden Übergänge des Zersetzungsprozesses ästhetisch und deutlich zeigen kannst, zum Beispiel als Schlangenlinie, radförmig oder auf einer Baumscheibe.
- Stelle deine Erkenntnisse vor – wie ein Künstler sein Werk mit Hintergrundinformationen!

Leistungserhebung

Mündliche Mitarbeit in den Unterrichtsgesprächen nach den Aktivitäten. Gesprächskompetenz in Partner- und Gruppengesprächen, Systematisches Vorgehen bei der Forschung oder auch der Auswertung der Aktivitäten. Wie wurde die Problemstellung erfasst? Wurden Zusammenhänge erfasst und konnten sie formuliert werden?

3.3.13.1 L_WA 12.1: Liedtext «Kanon der Pilze»

nach der Melodie des Kanons **«Froh zu sein bedarf es wenig …»**

Bäume:
Wir sind die im Wald bekannten
grünen Zuckerfabrikanten!

Saprophyten:
Ja, wir sind die Abfallfresser!
Ey, wir schwören, nichts schmeckt besser!

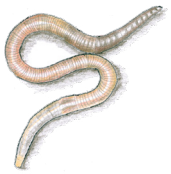
Symbionten:
Komm zur Party, alter Schlucker!
Ich bring Wasser, du den Zucker!

Parasiten:
Hände hoch und keine Faxen!
Lass den Zucker rüberwachsen!

3.3.13.2 L_WA 12.2: Bestimmungsschlüssel Totholzbewohner

TIERE OHNE BEINE

Gürtelwürmer



Regenwurm



Weißwurm

TIERE MIT 3 BEINPAAREN

Urinsekten



Felsenspringer



Doppelschwanz



Springschwanz

Schnellkäfer



Erzschnellkäfer



Mausgrauer Schnellkäfer



Drahtwurm (Schnellkäferlarve)

Buntkäfer

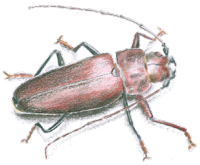


Ameisenbuntkäfer

Bockkäfer



Gemeiner Widderbock



Mulmbock



Mulmbocklarve

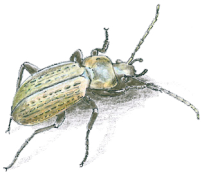


Sägebock



Sägebocklarve

Laufkäfer



Gekörnter Laufkäfer



Gekörnter Laufkäfer-Larve



Goldglänzender Laufkäfer



Hohlpunkt Laufkäfer

Kurzflügler



Großer Kurzflügler

Neuflügler



Ohrwurm

Blatthornkäfer



Balkenschröter



Balkenschröter-Larve



Waldmistkäfer



Waldmistkäfer-Larve

Waldameisen



Große Rote Waldameise

Holzwespen



Riesenholzwespe

TIERE MIT 4 BEINPAAREN

Spinnen



Gemeine Waldwolfspinne mit Gelegekokon



Große Winkelspinne

TIERE MIT VIELEN BEINPAAREN

Asseln



Gemeine Rollassel

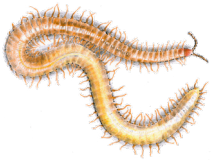


Kellerassel

Hundertfüßer



Steinläufer



Gemeiner Erdläufer

Tausendfüßer



Schnurfüßer

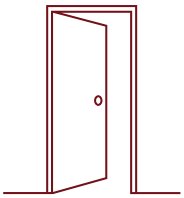


Gemeiner Kleiner Bandfüßer

SEP OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL Aug

3.3.14 WA 13: Pilzbiotopkartierung

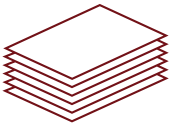
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

MATERIALIEN

- **pro Kleingruppe:**
  2–3 DIN-A4-Blätter,
  1 Schreibbrett, 1 Bleistift
- **Anlage 2**
  Pilze

Grundlegende Informationen

Pilze sind ein wesentlicher Bestandteil des Ökosystems Wald und allgegenwärtig – wenn auch nicht immer anhand ihrer Fruchtkörper sichtbar. Das Vorkommen einer Art ist an bestimmte Standortbedingungen geknüpft – insbesondere an das Vorhandensein der Nährstoffquelle, an die der jeweilige Pilz angepasst ist, seien es Zersetzer, als Mykorrhiza-Partner oder als Parasit. Dabei treten manche Arten als Generalisten in Erscheinung, andere sind hochgradig spezialisiert.

Die SuS identifizieren in dieser Einheit anhand der Beschreibung von Pilzarten und deren Standortansprüchen in einem konkreten Waldstück unterschiedliche Pilzbiotope und dokumentieren diese kartografisch. Dabei arbeiten sie in Kleingruppen.

Dieses Modul ist nicht auf das tatsächliche Vorhandensein der Pilze angewiesen und ganzjährig durchführbar.

Material

- Pro Kleingruppe (bestehend aus 3 SuS):
  2–3 DIN-A4-Blätter, 1 Schreibbrett, 1 Bleistift

- Auswahl von 4 zum Waldgebiet passenden Pilzbeschreibungen (Anlage 2) pro Kleingruppe
  › aus einem Angebot von einer 20 Arten umfassenden Mischung aus Streu- und Holz-Zersetzern sowie Mykorrhiza-Partnern vieler verschiedener Baumarten. So sollte für jeden Wald eine Auswahl von vier potenziell vorkommenden Arten möglich sein.

- Sollten Pilze gewählt werden, deren Vorkommen auch vom Kalkgehalt des Bodens abhängig ist, lässt sich dieser, falls er nicht bekannt ist, bei der Flächenvorerkundung oder/und bei der Durchführung durch die SuS testen: Mit einer Grabschaufel wird mineralischer Oberboden entnommen und mit einem Tropfen 8 prozentiger Salzsäure versehen. Lässt sich ein hör- oder gar sichtbares Aufbrausen durch entstehendes Kohlendioxid feststellen, so ist Kalk vorhanden ($CaCO_3 + 2\ HCl$ › $CaCl_2 + CO_2 + H_2O$).

Durchführung

- Bei Ankunft am Waldort finden sich die SuS in Dreiergruppen zusammen und jede Gruppe erhält ihr Arbeitsmaterial.

- Der zu kartierende Bereich von 30 m × 30 m ist an den Eckpunkten markiert. Wenn mehrere Bereiche markiert sind, verteilen sich die SuS besser und können konzentrierter arbeiten.

- Die SuS lesen sich die Beschreibung der einzelnen Pilzarten durch, fertigen eine Kartenskizze ihres Waldgebietes an und kennzeichnen darin mit unterschiedlichen Schraffuren, wo die jeweiligen Pilzarten aufgrund ihrer Standortansprüche zu finden sein könnten. Dabei sind Überschneidungen möglich. Entfernungen werden mit dem Schrittmaß ermittelt.

- Zur Kartierung der Mykorrhizapilz-Biotope bekommen die SuS als Vorgabe, dass der Wurzelraum eines Partnerbaumes in etwa seiner senkrecht abgeloteten Krone entspricht und der Pilz noch gut weitere 5 m vom Stamm entfernt gedeihen kann.

- Die Lehrkraft gibt im Bedarfsfall Hilfestellung, beispielsweise bei der Bestimmung der vorhandenen Baumarten.

- Nach Fertigstellung der Karten und einer gemeinsamen Abschlussbesprechung machen sich die SuS wieder auf den Rückweg.

Aufgaben

(können mündlich oder schriftlich erteilt werden)

- Lest euch die Pilzbeschreibungen durch.

- Fertigt zunächst eine Kartenskizze eures Waldgebietes an, in der ihr die Verteilung der wesentlichen Lebensgrundlagen der Pilze festhaltet. Vergesst die Legende, den Nordpfeil und den Maßstab nicht. Entfernungen könnt ihr mit dem Schrittmaß ermitteln.

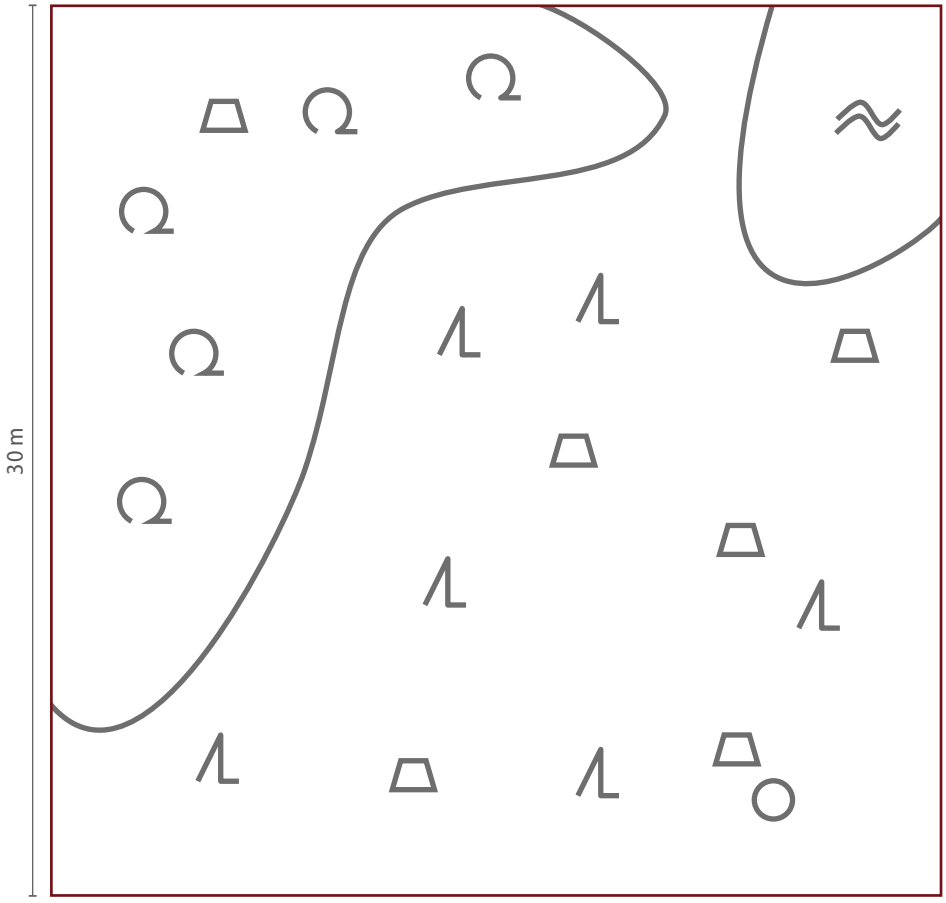
- Tragt zuletzt mit verschiedenen Schraffuren ein, wo welche Pilzart sehr gut vorkommen kann. Dabei sind Überschneidungen möglich. Das Vorkommen der Mykorrhizapilze soll 5 m über den Kronenradius des zugehörigen Baumes hinausreichen.

Leistungserhebung

- Qualität der Kartenskizze (korrekte Umsetzung, leserfreundliche Darstellung)

- Teamarbeit, Sozialverhalten (Beobachtung während der Aktivität)

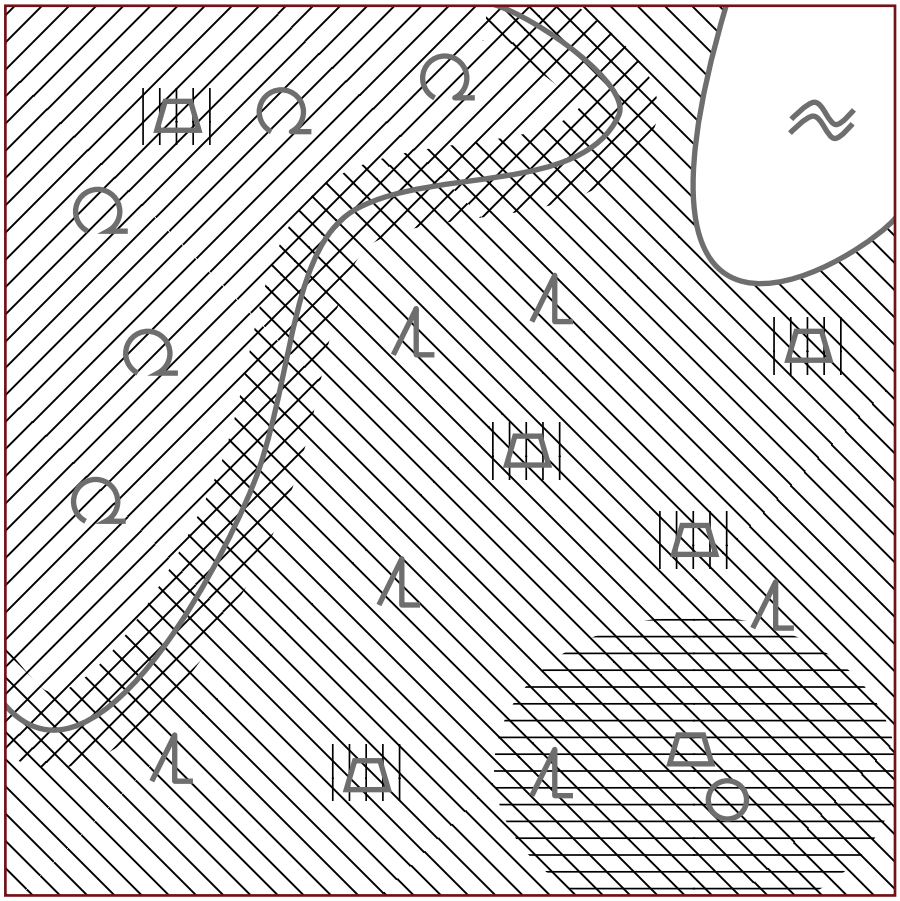
Beispielskizze



Grundskizze

Legende

- Junger Ahornwald
- Fichtenstumpf
- Alter Fichtenwald
- Tümpel
- Einzelne Zitterpappel



Grundskizze mit Pilzen

Legende

- Espenrotkappe
- Samtfußkrempling
- Nadelstinkschwindling
- Ahornrunzelschorf



ÖKOSYSTEM

AGRAR-LAND-SCHAFTEN



3.4 Agrarlandschaften

3.4.1 Einführung

Durch die naturräumliche Vielfalt Bayerns und die Einflussnahme des Menschen als Ackerbauer und Viehhalter entstand eine kleinräumige Kulturlandschaft mit einer ursprünglich sehr hohen Biodiversität (siehe Kapitel 1.4 «Entstehung der Kulturlandschaft»). Während im Alpenvorland, den ostbayerischen Grenzgebirgen und den fränkischen Mittelgebirgen die Grünlandwirtschaft vorherrscht, dominiert auf den guten Böden des tertiären Hügellandes, in der Donauebene, den Hochflächen des Juras und auch in weiten Teilen Mittel- und Unterfrankens der Ackerbau. Sonderkulturen wie der Weinbau konzentrieren sich auf Unterfranken, der Gemüseanbau hat seinen Schwerpunkt um Nürnberg und die Hopfengärten dominieren nach wie vor die Hallertau. Allerdings hat sich der Ackerbau, insbesondere der Maisanbau, auf Kosten des Grünlandes auch in Südbayern immer weiter ausgedehnt.

3.4.1.1 Entwicklungen seit 1950 und ihre Folgen auf Pflanzen und Tiere

Zwar führten die Neuerungen des 19. Jahrhunderts – wie Kunstdünger und Dampfpflug – großangelegte Flussregulierungen und Trockenlegungen des Reichsarbeitsdienstes auch schon zu tiefgreifenden Veränderungen der Agrarlandschaft vor dem 2. Weltkrieg, doch erreichte die Mechanisierungswelle erst in den 1950er-Jahren auch den letzten Winkel von Bayern. Damals wurde in der «Ernährungsschlacht» der Heißhunger der Nachkriegsgeneration im Wirtschaftswunder gestillt. Nach der Gründung der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft 1957 führten Flur- und Rebflurbereinigung besonders in den 60er- und 1970er-Jahren zu einer Umgestaltung der Landschaft in einem bis dahin nie da gewesenen Maße (Möckel & Wolf 2020). Die Flurstücke wurden durch die Zusammenlegung und den Tausch erheblich vergrößert und so verschwanden fast sämtliche Randstrukturen der seit Jahrhunderten gewachsenen bayerischen Kulturlandschaft. Dazu wurden Hügel verschoben, Buckelwiesen eingeebnet, Hohlwege und Flutmulden verfüllt, Trockenmauern abgetragen und Tausende von Kilometern Hecken gerodet. Aus Hohl- und Feldwegen wurden breite betonierte Wirtschaftswege. Durch das Verschwinden von Bächen und Rinnsalen in unterirdischen Betonrohren, die Vertiefung von Vorflutern und den Verbau von Drainagen wurde das Wasser aus der Landschaft getrieben.

Ab den 1970er-Jahren veränderte sich das ländliche Bild Bayerns noch rasanter. Die Trollblumenwiesen des Allgäus und die endlosen Schlüsselblumenwiesen des Juras verwandelten sich nach und nach in uniforme, artenarme Löwenzahnwiesen und auch die Mohnfelder gehörten bald der Vergangenheit an. Hauptgrund dafür war die vermehrte Ausbringung von Mineralstoffen in Form von Gülle anstatt von Festmist und der flächenhafte Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im Acker- und Weinbau (Möckel & Wolf 2020). Durch immer ausgefeiltere Herbizide und Saatgutreinigung verschwanden Ackerwildkräuter wie Mohn, Kornblume und Kornrade zuerst aus den Äckern und schließlich selbst aus ihren Randstreifen. Auch die Bearbeitungsgeschwindigkeit und damit auch die Nutzungsfrequenz steigerte sich sowohl im Grünland als auch im Ackerbau dramatisch. Brauchte früher ein guter Senser von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang, um ein Tagwerk (0,34 ha) zu mähen, so geschieht das heute mit dem Kreiselmähwerk in nur wenigen Minuten. So stehen die überlebenden Tiere schnell ohne Deckung und Nahrung da und sind ihren Räu-

bern schutzlos ausgeliefert. Zudem werden durch die beschleunigte Bearbeitung Stoppeläcker sofort wieder geackert und mit Zwischenfrüchten bepflanzt.

Die intensive Bearbeitung und die nahezu vollständige Entfernung von Weidetieren aus der Landschaft haben auch gravierende Auswirkungen auf die Vögel der Feldflur. Lang vorbei sind die Zeiten, in denen an jedem Acker eine Goldammer saß, sich die Feldlerchen im Sängerwettstreit um die besten Reviere stritten und Rebhühner zu den Allerweltsarten gehörten (Burns et al. 2021).

Dramatisch beschleunigt hat sich diese Entwicklung ab den 1990er-Jahren durch die fortschreitende Umstellung von Heu- auf Silagewirtschaft. Bei der Heureifung verbleibt das Mähgut zum Trocknen für einige Tage auf der Fläche. In dieser Zeit haben Insekten und andere Wirbellose genug Zeit, die gemähte Wiese in benachbarte Bereiche zu verlassen. Auch fallen durch den Trocknungsvorgang die Samen der Wiesenblumen aus und füllen die Samenbank im Boden auf. Dagegen wird bei der Silagewirtschaft das angewelkte Mähgut schon nach wenigen Stunden entweder vor Ort in Silagefolien verpackt oder zu einem Fahrsilo transportiert. In dem Silagegut sind neben den Samen der Wiesenblumen auch viele Insekten und ihre Larven, welche nach dem Mähen unter dem Gras Zuflucht gesucht haben. Die Silagewirtschaft ermöglicht deutlich höhere Schnittfrequenzen und führt zu einer Umstellung von ein- bis dreischürigen Heuwiesen zu Vielschnittwiesen, die bis zu acht Mal pro Jahr gemäht und genauso oft mit Gülle oder Kunstdünger versorgt werden. Die Regenerationszeit für ehemalige Allerweltsarten wie Glatthafer und Bärenklau werden durch den häufigen Schnitt unterschritten. Damit können diese Pflanzen weder Samen bilden noch sich vegetativ vermehren. Durch die Unterbrechung der natürlichen Samenzufuhr müssen die Vielschnittwiesen regelmäßig mit normierten Saatgut nachgesät werden. Da jeder Bearbeitungsschritt mit schweren Maschinen erfolgt, kommt es zur Bodenverdichtung, und es entwickeln sich auch ungewollte Arten, welche aufwendig mechanisch oder mit Herbiziden bekämpft werden. Zusätzlich sind alle Flächen auch einem Nährstoffeintrag aus der Luft ausgesetzt, welcher aus der Landwirtschaft und dem Verkehr stammen. So werden selbst noch nährstoffarme Biotope wie Moore und manche Wälder eutrophiert. Auf diese Weise entstehen artenarme, monotone hellgrüne Wiesen (grüne Wüsten), die nur noch wenige Wirtschaftsgräser aufweisen und nur noch kurz im April vor dem ersten Schnitt durch den Löwenzahn gelb aufleuchten. Diese uniformen Einsaatwiesen (Grasäcker) machen inzwischen 90 % der Fläche des Wirtschaftsgrünlandes aus (Sturm et al. 2018). Sie weisen keinerlei regionale oder wuchsortabhängige Unterschiede mehr auf. Inzwischen hat die Silagewirtschaft und damit die Monotonisierung der Landschaft ihren Siegeszug in fast ganz Westeuropa und bis zum Nordkap angetreten.

Auch verschob sich der erste Mahdtermin, welcher traditionell der Johannistag (24.06.) ist, um sieben Wochen nach vorne in den späten April. Wiesenbrüter kommen mit großräumig frühen Mahdterminen nicht mehr zurecht, was erheblich zu ihrer Bestandsgefährdung beigetragen hat. Wenn das Braunkehlchen Anfang Mai ins Brutgebiet zurückkehrt, sind die Wiesen größtenteils schon gemäht oder ihre am Boden gerade angelegten Nester werden ausgemäht (Bastian & Bastian 1996). Insgesamt verlängerte sich die Zeit der Grünlandbearbeitung und damit die Zeit der ständigen Störung vom März mit dem Walzen der Wiesen bis in den November zum ersten Frost.

Zudem sind in den letzten 20 Jahren viele Wiesen in Maisäcker umgewandelt worden, um den Hunger nach Futtermittel für die Tiermast und die Biogasanlagen zu stillen. So entstanden auch Maisäcker in Überschwemmungsgebieten und auf Moorböden.

Die Zerstörung der Lebensräume und Kleinstrukturen in der Agrarlandschaft und einer damit verbundenen Verinselung haben zu einem enormen Rückgang der Blühpflanzen und der Biomasse fliegender Insekten geführt. So hat die Biomasse selbst in Schutzgebieten um bis zu 75 % abgenommen (Hallmann 2017).

3.4.1.2 Hinweise zur Verwendung der Module im Unterricht

Agrarökosysteme prägen in weiten Teilen das Landschaftsbild Bayerns. Dies rechtfertigt ihre erneute Aufnahme in den vorliegenden Band, obwohl bereits in Jahrgangsstufe 5 für das Thema «Ökosystem Grünland» mit der Handreichung «Grünland entdecken» viele Anregungen zu Aktivitäten im Freiland und im Klassenzimmer vorliegen – und obwohl einzelne inhaltliche Aspekte des LehrplanPLUS, konkret die Begriffe «Wildnis» und «Sukzession», im Zusammenhang mit Agrarökosystemen nicht zu besprechen sind. Ziel des hier vorliegenden Kapitels ist es, den Einfluss des Menschen, der nirgendwo so offensichtlich wird wie in Agrarökosystemen, noch stärker in den Fokus zu rücken:

- **Modul AG 1** zeigt Möglichkeiten auf, den Einfluss des Menschen durch einen längerfristigen, beobachtenden Vergleich einer extensiv und einer intensiv bewirtschafteten Fläche zu veranschaulichen, und passt geeignete Module aus «Grünland entdecken» in Bearbeitungstiefe und Anforderungsniveau für die Jahrgangsstufe 8 an. Dabei wird auch auf digitale Werkzeuge wie den BayernAtlas verwiesen.

- **Modul AG 2** ermöglicht den SuS am Beispiel einer konkreten Art (des Rebhuhns, *Perdix perdix*) die Erkundung des menschlichen Einflusses in Bayern in Form eines Planspiels und durch Analyse von Quellenmaterial.

- Das **Modul AG 3** versetzt die SuS in die Rolle der Landwirte und lässt sie die Auswirkungen ihrer Entscheidungen auf die Biodiversität der von ihnen bewirtschafteten Fläche erfahren.

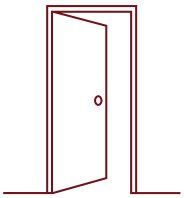
- Die **Module AG 4** bis **AG 6** bieten Vertiefungen an und enthalten jeweils auch Vorschläge für die Erkundung im Freiland.

Für die Lehrplaninhalte «Konzept der nachhaltigen Entwicklung», «ökologischer Fußabdruck» sowie «Möglichkeit zur Beeinflussung durch Konsumverhalten und politisches Engagement» werden hier keine eigenen Module angeboten. Es können die Module aus dem **Kapitel 3.2 «Ökosysteme: lokal untersucht – global gedacht»** verwendet werden.

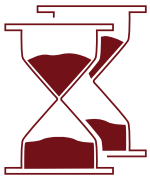
SEP **OKT** Nov Dez Jan Feb Mär **APR** **MAI** **JUN** **JUL** Aug

3.4.2 AG 1: Vergleich von extensiv und intensiv genutzten Wiesen

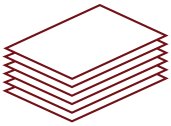
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

MATERIALIEN

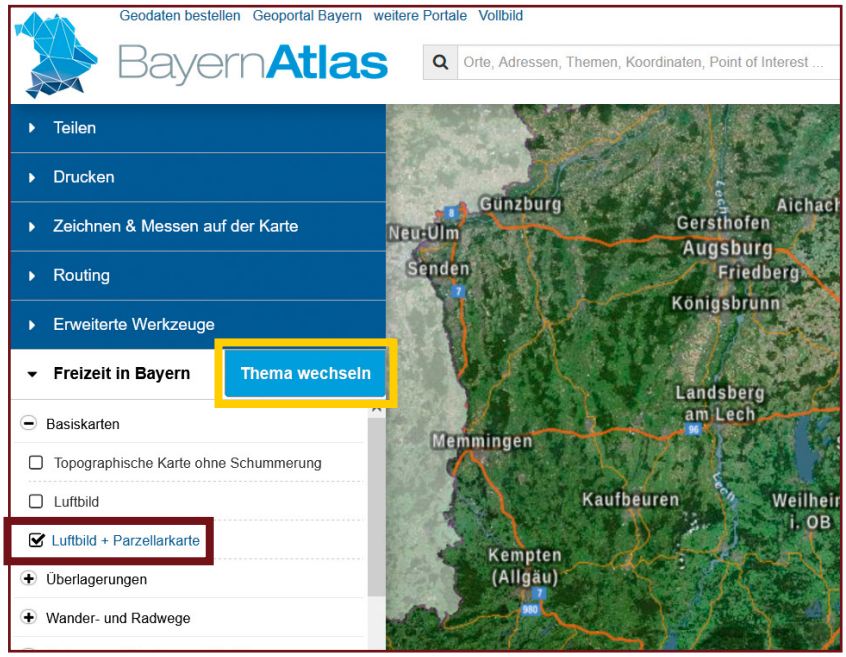
- **S_AG 1.1 Arbeitsblatt:** Wiesen am Ende des Winters
- eventuell **Endgeräte** zur Internetrecherche
- eventuell **Bestimmungsbücher** für die Exkursion

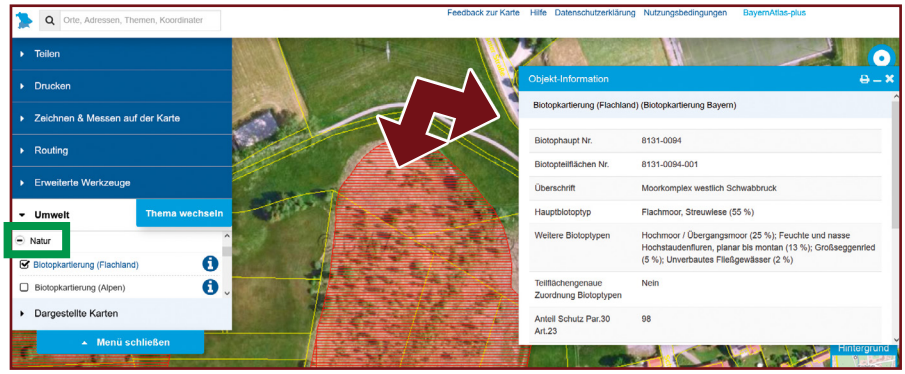
Grundlegende Informationen

Bereits in Jahrgangsstufe 5 behandeln die SuS das Ökosystem Grünland. Die Publikation «Grünland entdecken» (› ISB Bayern) enthält sehr viele Vorschläge für die Umsetzung des Themas mit dem Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung im Freiland. Die Module 8 («Mit dem Smartphone die Wiese erkunden») und 9 («Grünland selbst suchen und vergleichen») können ebenso in Jahrgangsstufe 8 durchgeführt werden, wobei nun der Einfluss des Menschen ins Zentrum der Betrachtung rückt. «Grünland entdecken» enthält dazu noch in den Modulen 12 und 13 Vergleiche verschiedener Bewirtschaftungstypen, die in Jahrgangsstufe 5 durch Material vorstrukturiert werden. Dieses Modul möchte aufzeigen, wie der Einfluss durch menschliche Bewirtschaftung von SuS der Jahrgangsstufe 8 über einen längeren Zeitraum hinweg selbstständig untersucht und dokumentiert werden kann.

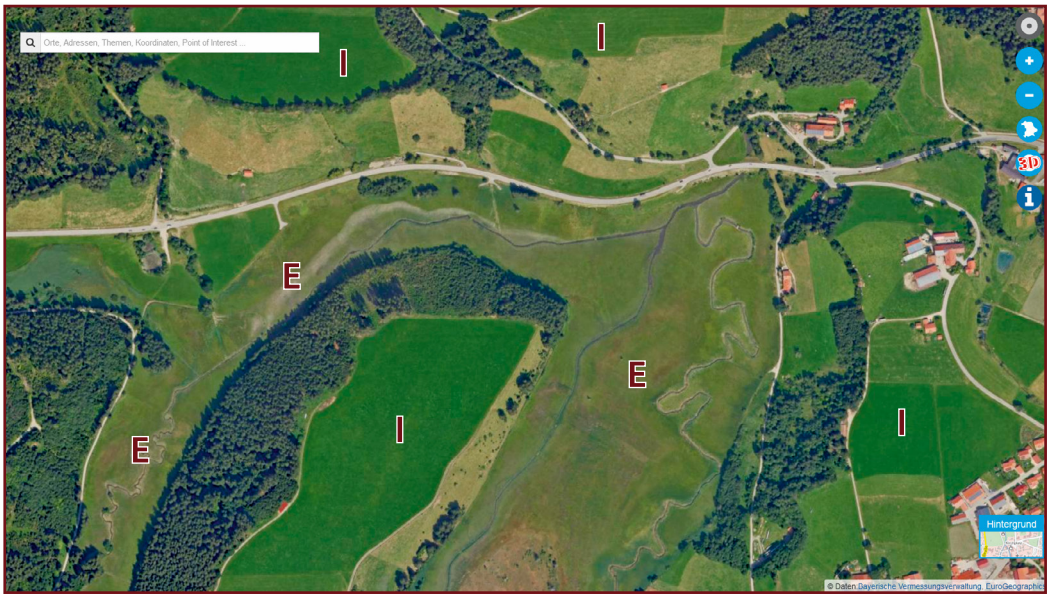
Tipps zum Auffinden extensiv bewirtschafteter Grünländer in Schulnähe:

- Ein schnelles Auffinden ermöglichen Luftbilder, wie sie etwa über den BayernAtlas (› https://geoportal.bayern.de/bayernatlas) zugänglich sind. Dazu wählt man im Menü des BayernAtlas auf der linken Seite unter «Basiskarten» die Option «Luftbild + Parzellarkarte» (**roter** Rahmen). Anschließend wechselt man das Thema (**gelber** Rahmen) zu «Umwelt» und hat dort links im Reiter «Natur» verschiedene Möglichkeiten, Informationen zu einzelnen Flächen abzurufen (**grüner** Rahmen). Wählt man «Biotopkartierung Stadt», «… Alpen» respektive «… Flachland»), dann sind biologisch wertvolle Parzellen schraffiert dargestellt. Durch Anklicken der Parzelle kann man vielfältige Informationen über die Habitate der Fläche einsehen (**rote** Pfeile).





- Streuwiesen und Halbtrockenrasen sind meist braun oder zumindest deutlich weniger intensiv grün gefärbt, als umliegendes Wirtschaftsgrünland. Die folgenden Karten zeigen zwei Beispiele aus dem Voralpenland (oben: westlich von Wildsteig, unten: östlich von Bad Bayersoien; Bildquelle: BayernAtlas, abgerufen am 13. Februar 2022):





I = Intensivgrünland; $I_{(g)}$ = frisch gemähtes Intensivgrünland

E = Extensiv genutzte Feuchtwiese

Durchführung

Einen möglichen Stundeneinstieg bieten die Bilder und Fragen zum Erscheinungsbild von Grünland im Frühling (S_AG 1.1). Hierbei können das Vorwissen der Klasse ermittelt und Fehlvorstellungen (grün = «natürlich», «artenreich», «gesund») thematisiert werden. Der Vergleich von extensiv genutztem Grünland mit dem Intensivgrünland wird dann konsequent in allen vorgeschlagenen Aktivitäten fortgeführt. Ziel der Aktion ist ein Herausarbeiten der Unterschiede zwischen nahe beieinander gelegenen Grünlandtypen, wobei idealerweise eine Fläche extensiv und die andere intensiv bewirtschaftet wird.

Mögliche Freilandaktivitäten für die Monate März bis Juli:

- Dokumentation der Flora

  Dies kann klassisch mit einem Bestimmungsbuch für heimische Blütenpflanzen erfolgen. Empfehlenswert ist auch der Einsatz einer App für Smartphones. Diese speichert Fotos der angetroffenen Pflanzen, übernimmt die Dokumentation von Fundort und Datum und bestimmt die meisten einheimischen Pflanzen artgenau oder zumindest auf dem Level einer Artengruppe. Die genannten Funktionen bietet etwa die kostenlose App Flora incognita (› floraincognita.com). Beide Methoden können auch ergänzend eingesetzt werden, denn die App soll das klassische Bestimmen ja nicht ersetzen. Typischerweise kann im Verlauf von Frühling und Sommer auf der extensiv bewirtschafteten Wiese eine deutlich höhere Artenvielfalt dokumentiert werden. Auch seltene und geschützte Pflanzen kommen hierbei vor. Auf einer typischen Feuchtwiese in Bayern sind etwa 30 Pflanzenarten zu finden, eine Glatthaferwiese enthält bis zu 45 Arten und auf Halbtrockenrasen kommen bis zu 80 Pflanzenarten nebeneinander vor (Sturm et al. 2018). Eine Übersicht über wichtige bayerische Grünlandtypen findet sich in der Handreichung «Grünland entdecken» ab Seite 27.

- Dokumentation der Fauna

  Bereits im Frühling können mit dem Erscheinen der ersten Blütenpflanzen die ersten Insekten (zum Beispiel Hummeln, Schwebfliegen) beim Sammeln von Nektar und Pollen beobachtet werden. Ab Mai nimmt die Vielfalt an Tagfaltern und Käfern enorm zu, im Juli und August findet man eine Vielzahl an Fliegen und Hautflüglern, besonders auf Doldenblütlern. Ziel der Aktion ist nicht eine artgenaue Bestimmung, sondern das Gegenüberstellen der Insektenvielfalt von extensiv und intensiv genutzten Flächen, um den Einfluss menschlicher Bewirtschaftung auf die Insektenvielfalt zu veranschaulichen. Im Intensivgrünland wird man dabei durchaus auf einige Insekten an Weißklee und Löwenzahn stoßen, in der Regel ist die Artenvielfalt in extensiv genutzten Flächen aber bedeutend höher. Als Abschluss der Aktion ist eine Fotoausstellung an der Schule (digital oder an Stellwänden) denkbar. Im Folgenden sind Beispielfotos von SuS und Lehrkräften abgebildet, die alle mit einem Smartphone gemacht wurden, und zwar im Schulgarten des Jakob-Brucker-Gymnasiums Kaufbeuren und im Kalkmagerrasen im geschützten Landschaftsbestandteil Siechenhalde in Schongau.

  L_AG 1.2 beschreibt die Methode des aktiven Fangs von Kleintieren mit Barber-Fallen. Diese ermöglichen, die Biomasse und die Artenzusammensetzung bodenlebender Kleintiere auf extensiv und intensiv bewirtschafteten Flächen zu vergleichen.



Abbildung 3.4.2-5
Dokumentation der Insektenfauna im Schulgarten (oben: Fliege, Hautflügler, Marienkäferlarve) und an einem Kalkmagerrasen (unten: Bläuling und Schwebfliege) mit dem Smartphone. (Fotos: Martin Eiblmaier).

- **Erkundung der Bewirtschaftung**
  Alle heutigen Wiesen und Weiden, ob intensiv oder extensiv genutzt, sind durch menschliche Nutzung entstanden. Eine Dokumentation der landwirtschaftlichen Aktivitäten im Jahresverlauf in Protokollform kann der Klasse die Entstehung und Erhaltung der beiden von ihnen verglichenen Habitate veranschaulichen.

  Viele der in S_AG1.3 vorgeschlagenen Aktivitäten können bei schulnahen Flächen direkt beobachtet und im Jahresverlauf protokolliert werden. Für eine vollständige Dokumentation ist zudem die Kontaktaufnahme mit den Landwirten möglich.

- **Recherche zur Entstehung und Pflege der Habitate**
  Extensive Wiesen und Weiden haben einen sehr hohen Wert für den Naturschutz. Aus wirtschaftlicher Sicht ist es aber für viele Landbesitzer nicht mehr lukrativ, diese traditionelle Art der Nutzung fortzuführen. In vorindustrieller Zeit war hingegen die landwirtschaftliche Nutzung auch karger Flächen in vielen Gegenden Bayerns alternativlos. Durch Nutzung als Dauerweide, durch Almwirtschaft oder durch Wanderschäferei prägte der Mensch jahrhundertelang die Entstehung und den Erhalt dieser heute selten gewordenen Ökosysteme. Als Abschluss der Einheit bietet es sich an, die Klasse die Entstehung der von ihnen dokumentierten extensiven Fläche recherchieren zu lassen. Leitfragen dazu finden sich ebenfalls in S_AG1.3.

Leistungserhebung

Alle Produkte aus den Aktionen (Dokumentation der Flora beziehungsweise Fauna, der Bewirtschaftung oder die Rechercheergebnisse zu Entstehung und Pflege der Habitate) lassen eine Benotung in Form von Referaten oder Präsentationen zu.

3.4.2.1 **S_AG 1.1 Arbeitsblatt:** Wiesen am Ende des Winters

Leitfragen zu den Bildern

- Wieso sind manche Wiesen am Ende des Winters grün, andere braun?
- Welche Wiese sieht deiner Meinung nach «gesünder» beziehungsweise «natürlicher» aus?
- Wie unterscheidet sich die Nutzung durch den Menschen?
- Wo erwartest du eine höhere Artenvielfalt?









3.4.2.2 L_AG 1.2: Mit Barber-Fallen bodenaktive Tiere fangen

Die Pflanzenvielfalt extensiv, nur zweimal gemähter Blumenwiesen gegenüber den intensiv gedüngten, durchschnittlich fünf- bis sechsmal gemähten und sehr blütenarmen Vielschnittwiesen ist optisch auffällig. Kaum zu sehen und wenig bekannt sind die signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Wiesenfauna.

Wesentlicher ökologischer Faktor für eine artenreiche Wiesenfauna ist die Häufigkeit der Befahrung der Fläche mit schweren Maschinen (vor allem Häufigkeit der Mahd, Abtransport des Mähgutes, Aufbringen von Gülle nach jedem Schnitt). Zudem hemmen die hohen Mineralstoffgehalte der Wiesenpflanzen im intensiv gedüngten Grünland die Entwicklung beispielsweise von Schmetterlingsraupen. Die Verwendung von Bodenfallen macht recht eindrucksvoll die quantitativen Unterschiede hinsichtlich der tierischen Biomasse sichtbar.

Die Barber-Falle ist ein im Boden vergrabenes Gefäß, dessen oberer Rand mit dem umgebenden Gelände abschließt. Gefangen werden insbesondere auf dem Boden lebende Gliedertiere, vor allem Insekten. Barber-Fallen sind automatische Fallen und selektieren nicht besonders gut. Solche Bodenfallen werden aufgrund des vergleichsweise geringen Bearbeitungsaufwands und der hohen Erfassungseffizienz bei einigen Tiergruppen als Standard-Erfassungsmethode sowohl in der ökologischen Grundlagenforschung als auch zum Monitoring (Umweltbeobachtung) routinemäßig eingesetzt. Die Fallen geben allerdings nur bei auf der Bodenoberfläche lebenden («epigäischen») Arten ein verlässliches Bild der Artenvielfalt eines Lebensraums. Bei vielen Arten ist der Nachweis an besondere Perioden mit hoher Laufaktivität, oft die Fortpflanzungsperiode, gebunden. Die Erfassung von Laufkäfern (Carabiden) beruht beinahe vollständig auf dieser Methode. Andere häufig untersuchte Tiergruppen sind zum Beispiel bodenlebende Kurzflügelkäfer und einige andere Käfergruppen sowie Jagdspinnen und Weberknechte.

Meist werden mehr große Arten als kleine gefangen, mehr Imagines als Larven und mehr Räuber als Pflanzenfresser. Eine Interpretation der Fangzahlen ist möglich, wenn die Bodenfallenuntersuchungen aus unterschiedlichen Flächen miteinander verglichen werden. Weil nicht alle Arten mit der gleichen Wahrscheinlichkeit in die Falle gehen, erlaubt die Methode es nicht, die absolute Häufigkeit (Individuen pro Fläche) einer Art zu bestimmen, auch die relative Abundanz (häufige und seltene Arten) ist nicht in allen Fällen ermittelbar.

Materialien

- 3–5 Plastikbecher pro Untersuchungsfläche;
  Bechergröße zirka 12 cm hoch und 10 cm Durchmesser im Bereich der Öffnung
- Blumenzwiebelpflanzer mit etwa gleichem Durchmesser wie die Plastikbecher
- Mehrere kleinere Behälter zum Sortieren und Dokumentieren der gefangenen Kleintiere
- Becherlupen zur Untersuchung gefangener Tiere

Durchführung

> Hinweis
> Vor Durchführung der Aktion unbedingt die Erlaubnis des Landbesitzers einholen!
> Nicht in Schutzgebieten durchführen!

Die Plastikbecher am Becherboden zum Beispiel mit spitzem Messer etwas perforieren. Diese Drainage verhindert, dass sich bei möglichen Niederschlägen die Becher mit Regenwasser füllen können. Eine Regendachkonstruktion (siehe Abbildung) hat eine vergleichbare Wirkung.

Mindestens drei Plastikbecher pro Untersuchungsfläche werden entlang eines Transekts (an drei Punkten an einer geraden Linie durch die Fläche) ebenerdig eingesetzt. Eine Markierung, zum Beispiel mit einem Stöckchen, zum besseren Wiederfinden der Fallen ist hilfreich. Das Einsetzen der Plastikbecher erfolgt mindestens 4–6 Stunden vor der Entleerung, am besten abends mit einer Leerung früh am Morgen. Alternativ kann das Einsetzen auch früh am Morgen erfolgen und die Leerung am Nachmittag.

Das Fanggut einer Untersuchungsfläche wird in einen großen, transparenten Plastikbehälter gefüllt. Die Schülergruppe trennt anschließend zügig die Tiere. Jeweils die gleiche Art kommt in einen eigenen kleineren Fangbehälter. Anschließend wird, soweit möglich, bestimmt. Die Gesamtzahl der Individuen kann bei großen Mengen geschätzt, die Anzahl der verschieden aussehenden Arten dagegen genau bestimmt werden.



Abbildung 3.4.2.2-1
Fangergebnis im artenarmen Vielschnittgrünland: Nur eine geringe Zahl von Laufkäfern, Kurzflügelkäfern und Jagdspinnen konnte in den fünf Barber-Fallen über Nacht gefangen werden
(Foto: Peter Sturm).



Abbildung 3.4.2.2-2
Barberfalle mit provisorischem Regendach
(Foto: Mnolf, GFDL 1.2).

3.4.2.3 S_AG 1.3 Arbeitsblatt: Vergleich von extensiv und intensiv genutztem Grünland

Wähle für deine Beobachtungen je eine extensiv und eine intensiv bewirtschaftete Grünlandfläche aus, die du im Verlauf des Schuljahres mehrfach besuchst, um den Einfluss des Menschen auf das Ökosystem zu dokumentieren.

- Wählt in eurer Klasse diejenigen Aspekte aus den folgenden Listen aus, die ihr beobachten und protokollieren beziehungsweise die ihr durch Befragung der Landwirte oder im Internet recherchieren wollt.
- Legt in Absprache mit eurer Lehrkraft fest, über welchen Zeitraum ihr die Flächen begleiten und wie oft ihr beobachten wollt.
- Gliedert eure Beobachtungen und führt sie in einem digitalen Dokument zusammen. Auch Fotos eurer Beobachtungen sollen in diesem Dokument enthalten sein.
- Am Ende des Projekts präsentiert ihr eure Ergebnisse vor der Klasse.

Beobachtungen zur Bewirtschaftung der Grünlandflächen

Recherchiere nach Absprache mit deiner Lehrkraft zum Beispiel folgende Punkte:

a) **Mahd:** Beschreibe, wann und wie oft gemäht wird und gib an, welche Maschinen dabei verwendet werden. Recherchiere, wozu das Mähgut verwendet wird (Silage, Heu, Biogasanlage).

b) **Beweidung:** Erfolgt sie dauerhaft oder wechseln die Tiere die Flächen? Gib die Tierart beziehungsweise die Haustierrasse sowie die Anzahl der Tiere/Hektar auf der Weide an.

c) **Düngen:** Recherchiere Form (Gülle, Mist, Kunstdünger) und Häufigkeit der Düngung.

d) Beschreibe weitere Formen der Bewirtschaftung (zum Beispiel Walzen, Entwässern, Nachsaat).

Recherche zur Entstehung der Grünlandflächen

Bearbeite nach Absprache mit deiner Lehrkraft zum Beispiel folgende Punkte:

a) Recherchiere, wie sich die Nutzung im Vergleich zu früheren Jahren verändert hat.

b) Erläutere, welche Einflüsse die ursprüngliche Bewirtschaftung durch den Menschen bereits früher auf die Artenzusammensetzung gehabt haben könnte.

c) Beschreibe Maßnahmen, die der Mensch heute unternehmen muss, um die Artenvielfalt zu erhalten, nachdem die traditionelle Nutzung aufgegeben wurde.

d) Beurteile das Kosten-Nutzen-Verhältnis des Erhalts der extensiven Flächen.

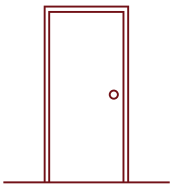
e) Recherchiere, wie der Landnutzer dabei durch staatliche Stellen unterstützt wird.

f) Beschreibe den ästhetischen Nutzen und die emotionale Wirkung von Standorten mit hoher Biodiversität auf dich persönlich.

SEP OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL Aug

3.4.3 AG 2: Veränderung der Agrarlandschaft – Beispiel Rebhuhn

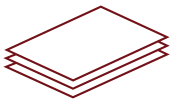
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

Grundlegende Informationen

Veränderungen von Ökosystemen durch den Menschen bedingen auch Veränderungen der anderen beiden Biodiversitätsebenen: die Artenzusammensetzung und unter anderem auch die genetische Struktur der Populationen. Dabei denkt man meist an bedrohte tropische Ökosysteme wie Korallenriffe und Regenwälder, obwohl die gleichen Entwicklungen in heimischen Agrarökosystemen beobachtet werden können. Oft kommen mehrere Eingriffe zusammen, die insgesamt zu einem rapiden Einbruch von Populationen und zu einem hohen Verlust an Biodiversität führen können:

- **Habitatverlust:** Eingriffe wie großflächige Baumaßnahmen führen zur Zerstörung des Lebensraums und dem Totalverlust der davon abhängigen Arten.
- **Habitatfragmentation:** Mehrere kleinflächige Eingriffe über längere Zeiträume lassen von einst weitläufigen Habitaten nur noch kleine und weit verstreute, inselartige Reste übrig. In diesen Fragmenten können gesunde Populationen kaum überleben. Auch der genetische Austausch mit Nachbarpopulationen nimmt stark ab. Dies trifft in Bayern in hohem Maße auf artenreiche Agrarlebensräume wie Feuchtwiesen oder Halbtrockenrasen zu.
- **Habitatdegradation:** Durch Nutzungsänderungen wird der Lebensraum für eine Art immer ungeeigneter, obwohl der Lebensraum selbst noch vorhanden wäre. Beispiele sind das Entfernen von Habitatstrukturen (Totholz, Hecken und so weiter) oder zunehmende Düngung der Flächen.

Am gut untersuchten Beispiel des Rebhuhns (*Perdix perdix*) sollen die SuS in diesem Modul die Veränderungen in einer heimischen Agrarlandschaft über mehrere Jahrzehnte simulieren und die Folgen für die Rebhuhn-Populationen abschätzen. Ziel ist es dabei, den Landschafts- und Nutzungswandel in Mitteleuropa seit 1950 nachzuerleben. Für diesen Zeitraum, der logischerweise weit über die konkrete Lebenserfahrung der SuS hinausgeht, sind einzelne beispielhafte Veränderungen schrittweise in der Modelllandschaft nachzuvollziehen.

Durchführung

Als Einstieg sollten das Rebhuhn und seine Lebensraumansprüche bearbeitet werden, zum Beispiel mit dem Info-Text (Material 1). In der Arbeitsphase simulieren die SuS einzeln oder in Partnerarbeit verschiedene menschliche Eingriffe in einer Modelllandschaft (Material 2) und ermitteln laufend die nach

MATERIALIEN

- **S_AG 2.1 Arbeitsblatt:** Veränderungen der Landschaft am Beispiel des Rebhuhns
- **S_AG 2.2 Material 1:** Info-Text – Das Rebhuhn
- **S_AG 2.3 Material 2:** Flurkarte der Gemeinden X, Y und Z
- **S_AG 2.4 Material 3:** Bestandsentwicklung des Rebhuhns (*Perdix perdix*)
- **S_AG 2.5 Material 4:** Das Rebhuhn in Deutschland
- **S_AG 2.6 Material 5:** Der Feldhase
- **L_AG 2.7 Lösungsvorschläge**

den einzelnen Eingriffen noch vorhandenen Rebhuhnreviere. Material 3 ermöglicht danach einen Vergleich der eigenen Simulation mit der tatsächlichen Bestandsentwicklung der Rebhühner in Bayern. Möglichkeiten zur individuellen Förderung im Sinne der Binnendifferenzierung bieten die optionalen Materialien 4 und 5. Material 4 ermöglicht die Übertragung der Erkenntnisse auf die Situation in ganz Deutschland. Material 5 lässt die SuS die Entwicklung der Feldhasen-Populationen (*Lepus europaeus*) erkunden, die ähnliche Habitatansprüche haben wie Rebhühner.

Die Lehrkraft sollte dabei den modellhaften Charakter des Moduls betonen: Die im Spiel durchgeführten Baumaßnahmen und landschaftlichen Veränderungen stehen stellvertretend für die vielfältigen Eingriffe in die Kulturlandschaft, haben sich aber nirgends genauso zugetragen. Zudem wurde die Modelllandschaft stark vereinfacht und auf die für die Simulation notwendigen Elemente reduziert (Wälder und Gewässer fehlen). Gleichzeitig kann das Modell auf viele Arten, die früher häufig waren und heute bedroht sind, wie Wiesenbrüter oder Feldhamster, übertragen werden.

3.4.3.1 S_AG 2.1 Arbeitsblatt: Veränderungen der Landschaft am Beispiel des Rebhuhns

Aufgaben

Anhand von Material 1 kannst du dich zuerst über das Rebhuhn (*Perdix perdix*), seine Lebensweise, seine Ernährung und seine Lebensraumansprüche informieren. Lies den Text aufmerksam durch, du wirst die Informationen brauchen.

Material 2 zeigt eine Landschaft, wie sie um 1950 an vielen Stellen in Mitteleuropa anzutreffen war. Kleinteilige Äcker bestimmen das Landschaftsbild, oft begrenzen Hecken die Felder. Jedes einzelne Feld im Bild soll in unserer Simulation das Revier eines Rebhuhnpaares darstellen. Felder, die an eine Hecke grenzen, bieten Platz für zwei Paare und zählen als zwei Reviere.

1. Simuliere die Entwicklung der Landschaft, indem du mit einem dicken Stift alle Veränderungen durch den Menschen (siehe unten, Spielregeln 1 und 2) in die Vorlage einzeichnest. Zähle nach jedem Jahrzehnt die Anzahl der Rebhuhn-Reviere und trage sie in die folgende Tabelle ein. **Es ist am einfachsten, wenn du die in einem Jahrzehnt zerstörten Reviere zählst und diese Zahl von den Werten des vorherigen Jahrzehnts abziehst.** Du kannst nach jedem Jahrzehnt ein Foto der Kartenvorlage (Material 2) machen und die Entwicklung am Ende in einem Stop-Motion-Film darstellen.

JAHR	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020
Reviere einfach	**116**							
Reviere mit Hecke	52 × 2 = **104**	× 2 =	× 2 =	× 2 =	× 2 =	× 2 =	× 2 =	× 2 =
SUMME	**220**							

2. Stelle die Entwicklung der Anzahl der Rebhuhnpaare von 1950 bis 2020 in einem geeigneten Diagramm dar. Vergleiche dein Diagramm mit Versionen deiner Klassenkameraden und mit der Bestandsentwicklung des Rebhuhns in Bayern (Material 3).

3. Ein Aussterben des Rebhuhns in Bayern soll verhindert werden. Diskutiere Maßnahmen zum Rebhuhnschutz und beziehe dich dabei auf dein Landschaftsbild im Jahr 2020, den Info-Text «Das Rebhuhn» und Abbildung 3.4.3.2-1 aus Material 1.

4. Die hier verwendete Simulation für den Rückgang der Rebhuhnpaare in Bayern ist eine starke Vereinfachung. Vergleiche unser Landschaftsmodell (Material 2) mit der realen Landschaft in der Umgebung deines Wohnorts und beschreibe drei dieser Vereinfachungen.

Die Spielregeln 1

Folgende Veränderungen passieren stetig über längere Zeiträume – du musst sie in jedem Jahrzehnt in deine Vorlage einzeichnen:

a) **Die Orte wachsen:** Ort X und Ort Y werden um ein Wohngebiet aus 3 Häusern erweitert. Ort Z wächst um ein Haus. Zeichne die Häuser auf der Vorlage ein, mit ähnlichen Abständen zur bisherigen Bebauung. Von Häusern bebaute Felder sind kein Rebhuhn-Lebensraum mehr.

b) **Intensivierung der Landwirtschaft:** Durch den Einsatz von Maschinen und Kunstdünger ist es rentabler, große, einheitliche Felder zu bewirtschaften. Meist handelt es sich um Mais oder Intensivgrünland für die Viehhaltung. Fasse drei benachbarte Felder zu einer intensiv bewirtschafteten Fläche zusammen. Solche mit dickem Stift umrandete Flächen sind kein geeigneter Rebhuhn-Lebensraum mehr.

c) **Hecken stören die großen Landmaschinen:** Streiche eine Hecke auf der Vorlage durch. Dadurch zählen benachbarte Felder nicht mehr doppelt!

Die Spielregeln 2

Folgende Veränderungen passierten zu den angegebenen Zeiträumen. Du zeichnest sie jeweils **nur im angegebenen Jahrzehnt** in deine Vorlage:

1950–1960: Die drei Dörfer werden durch eine **Bundesstraße** verbunden. Ziehe eine 5 mm dicke und leicht gewundene Linie von Ost nach West und von Dorf zu Dorf. Alle Felder, durch die die neue Bundesstraße führt, sind kein geeigneter Rebhuhn-Lebensraum mehr.

1960–1970: Entlang der neuen Bundesstraße entstehen **zwei Gewerbegebiete** (12 mm × 8 mm) und eine **Kiesgrube** (12 mm × 10 mm). Binde diese Gebiete zudem mit einer Nebenstraße an die Bundesstraße an.

1970–1980: Es wird eine **Autobahn** von Nord nach Süd gebaut. Diese ist vierspurig und auf der Vorlage 10 mm breit. Parallel dazu verlaufen noch Versorgungsstraßen (1 mm breit), damit Traktoren weiterhin alle Felder erreichen können. Zeichne die Autobahn vom oberen bis zum unteren Rand mit mindestens 15 mm Abstand zu allen Dörfern. Einzelne Höfe müssen eventuell für die Autobahn Platz machen. Skizziere einen Anschluss mit Ausfahrten an die Bundesstraße.

1980–1990: Entlang der Autobahn entstehen ein weiteres **Gewerbegebiet** (12 mm × 24 mm), ein **Rastplatz** (12 mm × 8 mm) und die nötigen Auffahrten.

1990–2000: Dörfer Y und Z leiden unter der Lärmbelästigung durch die Bundesstraße im Dorf. Für beide wird eine **Umgehungsstraße** genehmigt. Zeichne diese in der Breite der Bundesstraße um die Dörfer herum (Abstand mindestens 5 mm).

2000–2010: Die Energiewende wurde beschlossen, dafür wird eine **neue Stromtrasse** benötigt, um Strom aus Windkraftanlagen im Norden nach Süden zu leiten. Sie soll entlang der Autobahn verlaufen und die bereits entstandenen Gewerbegebiete umgehen. Zeichne die Stromtrasse auf einer von dir gewählten Seite der Autobahn ein (2 mm dick). Zumindest in der Bauphase von 10 Jahren werden die Rebhühner aus dem Trassengebieten vertrieben. Ob sie danach zurückkehren werden, ist nicht bekannt.

2010–2020: **Biosprit** boomt, deswegen werden in diesem Jahrzehnt nicht wie nach Regel 1b drei Felder intensiviert, sondern acht. Diese müssen nicht benachbart sein.

3.4.3.2 **S_AG 2.2 – Material 1:** Info-Text – Das Rebhuhn



Abbildung 3.4.3.2-1
Rebhuhn mit Jungen (Foto: Josef Limberger/ piclease)

Das Rebhuhn

Das Rebhuhn (*Perdix perdix*) ist ein Hühnervogel und etwa halb so groß wie das Haushuhn. Der Kopf ist rostrot und die Brust grau gefärbt, die Flügel sind in verschiedenen Brauntönen gebändert. Es ist ein schneller Läufer, fliegt aber auch kurze Strecken. Als Standvögel bleiben Rebhühner auch im Winter in ihren Revieren. Sie fressen vor allem Samen und Knospen, Jungvögel ernähren sich von kleinen wirbellosen Tieren. Gegen Ende April legen Rebhühner etwa 10–20 Eier in ein Bodennest und bebrüten diese etwa 25 Tage. Als Nestflüchter sind die geschlüpften Rebhühner sofort mobil und bleiben im Familienverband auch bis in den Winter zusammen.

Die ursprünglichen Lebensräume des Rebhuhns sind die halboffenen und offenen Grünländer Eurasiens. In Mitteleuropa besiedelt das Rebhuhn seit der Sesshaftwerdung der Menschen auch deren Agrarlandschaften mit Hecken, Brachflächen, Weiden und Wiesen zwischen den bewirtschafteten Äckern. Der Verlust dieser strukturreichen Landschaft durch die Intensivierung der Landwirtschaft lässt das Rebhuhn bei uns immer seltener werden: Lebten vor 100 Jahren noch mehrere Millionen Rebhühner in Deutschland, gehen aktuelle Zahlen für Bayern von weniger als 20.000 Tieren aus. Neben den großflächigen Landschaftsveränderungen wird auch der Verlust an Insekten als Ursache für den Rückgang der Rebhühner vermutet: Ohne diese für die Jungtiere so wichtige Nahrungsquelle ist die Aufzucht der Küken nur selten erfolgreich.

Die Angaben stammen aus:
Bezzel, E. (2006): BLV Handbuch Vögel. – München: BLV Buchverlag.

Management von Rebhuhn-Lebensräumen durch Habitat-Verbesserungsmaßnahmen und Beutegreifer-Kontrolle

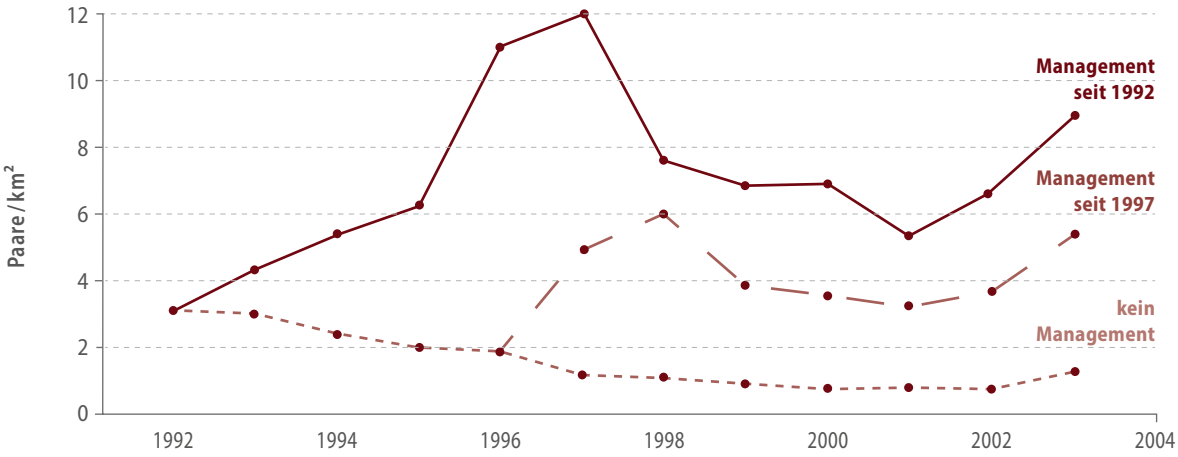


Abbildung 3.4.3.2-2
Durchschnittliche jährliche Frühjahrsdichte (Rebhuhnpaare je km²) des Rebhuhns an fünf Untersuchungsorten in der Grafschaft Norfolk in England, an denen das Rebhuhn-Management 1992 begann (durchgezogene Linie) und an fünf nicht gemanagten Untersuchungsorten im gleichen Gebiet (kurz gestrichelte Linie). 1997 wurde an zwei vorher nicht gemanagten Untersuchungsorten das Management gestartet (lang gestrichelte Linie).

Aebischer, N. J. & Ewald, J. A. (2004):
Managing the UK Grey Partridge *Perdix perdix* recovery: population change, reproduction, habitat and shooting. Ibis 146: 181–191. https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2004.00345.x

3.4.3.3 **S_AG 2.3 – Material 2:** Flurkarte der Gemeinden X, Y und Z

Legende

Haus

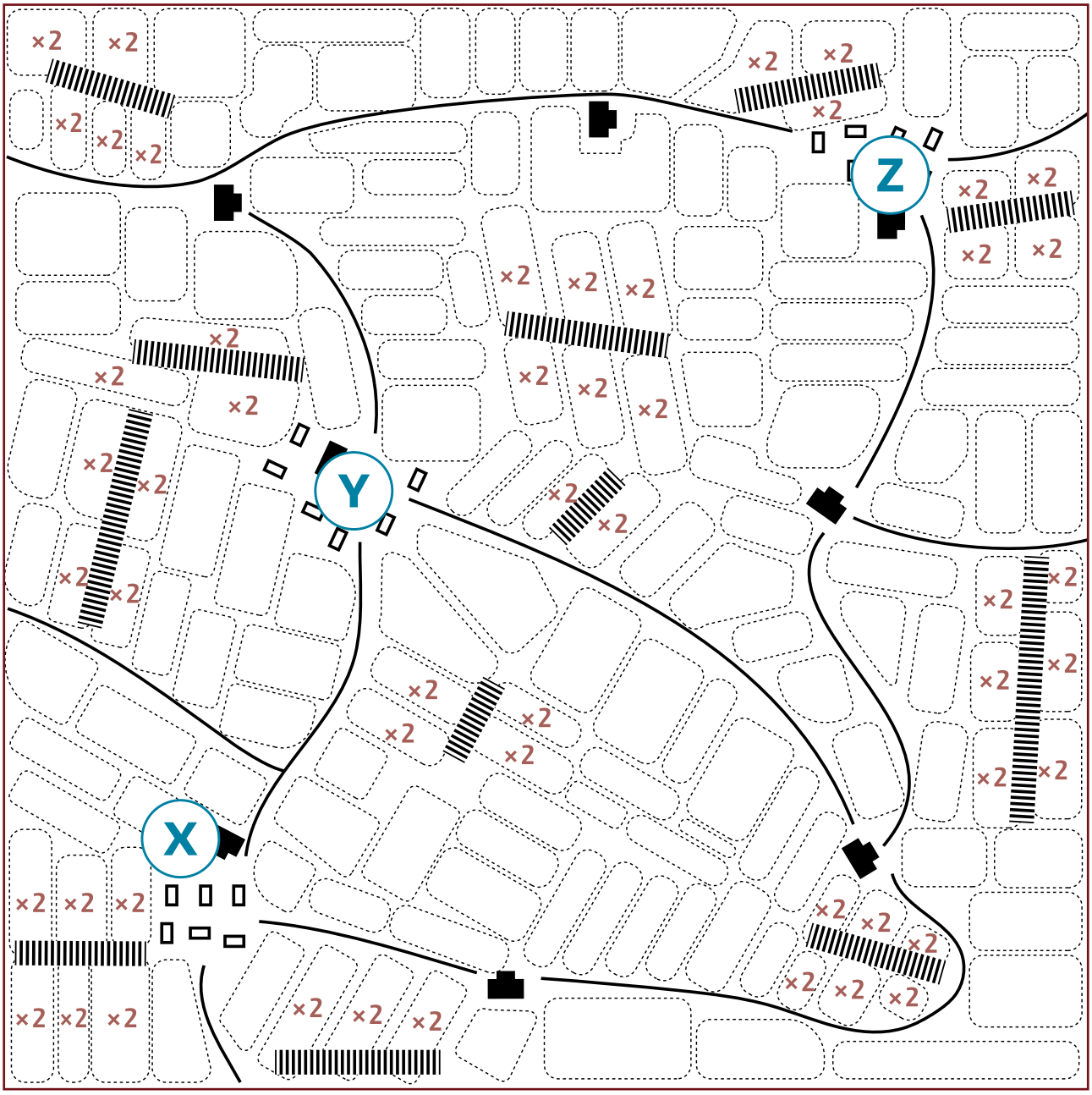
Gehöft

Straße

Felder

Hecke

Neu eingeführte Symbole:



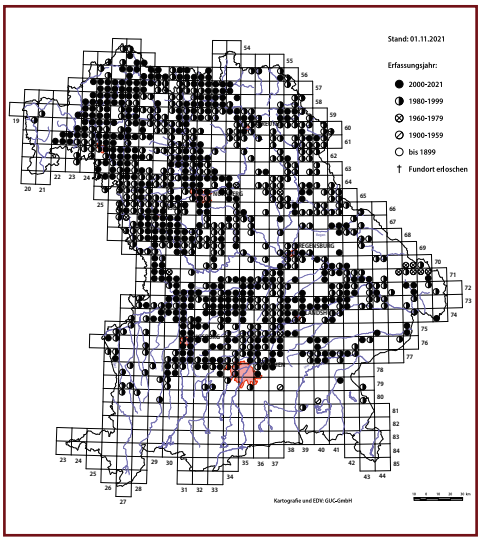
3.4.3.4 S_AG 2.4 – Material 3: Bestandsentwicklung des Rebhuhns (*Perdix perdix*)

Verbreitung in Bayern

Quelle: Rödl et al. (2012): Atlas der Brutvögel in Bayern. – Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, S. 59.

Bestand in Bayern 2005–2009:
Etwa 4.600–8.000 Brutpaare

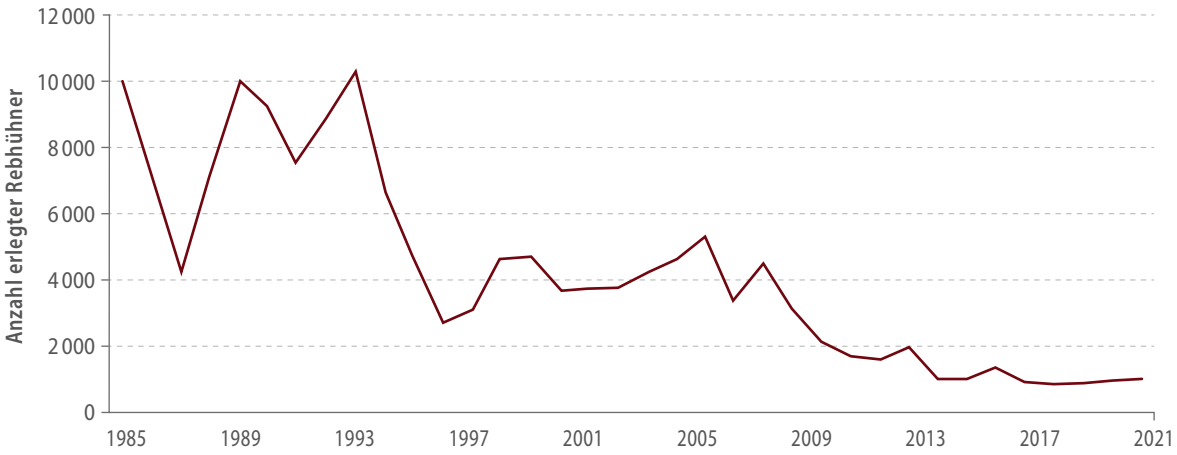
«Das Rebhuhn erlitt in ganz Mitteleuropa sehr große Bestandsabnahmen schon vor 1996 (…). Die aktuellen Schätzungen zeigen, dass dieser Trend noch immer nicht gestoppt werden konnte (…). Die langfristige Bestandsentwicklung in Bayern deckt sich gut mit der bundes- und EU-weiten Bestandsabnahme zwischen 1980 und 2006 (…). Lebensraumzerstörung, die Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung und der Freizeitdruck zählen sicherlich zu den Hauptursachen für den Rückgang.»



Bayerisches Landesamt für Umwelt (2021): Artenschutzkartierung Bayern

Jagd auf Rebhühner

Die Anzahl der durch Jagd erlegten Rebhühner kann ebenfalls als Indikator für die Bestandsentwicklung der Art in Deutschland dienen. Folgende Daten stammen vom Wildtierportal Bayern (› www.wildtierportal.bayern.de):

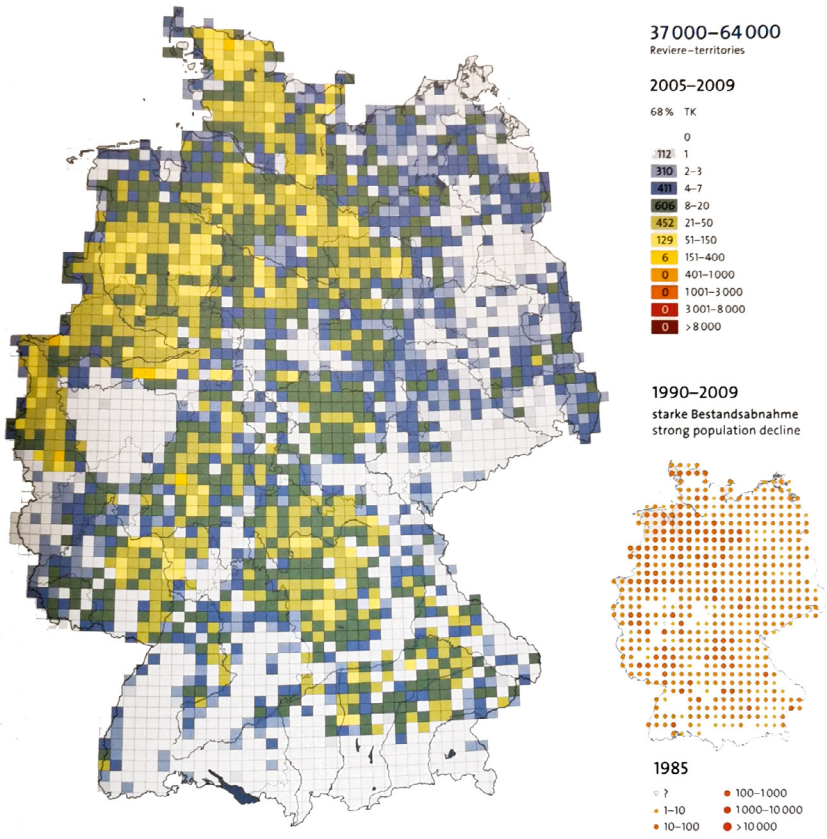


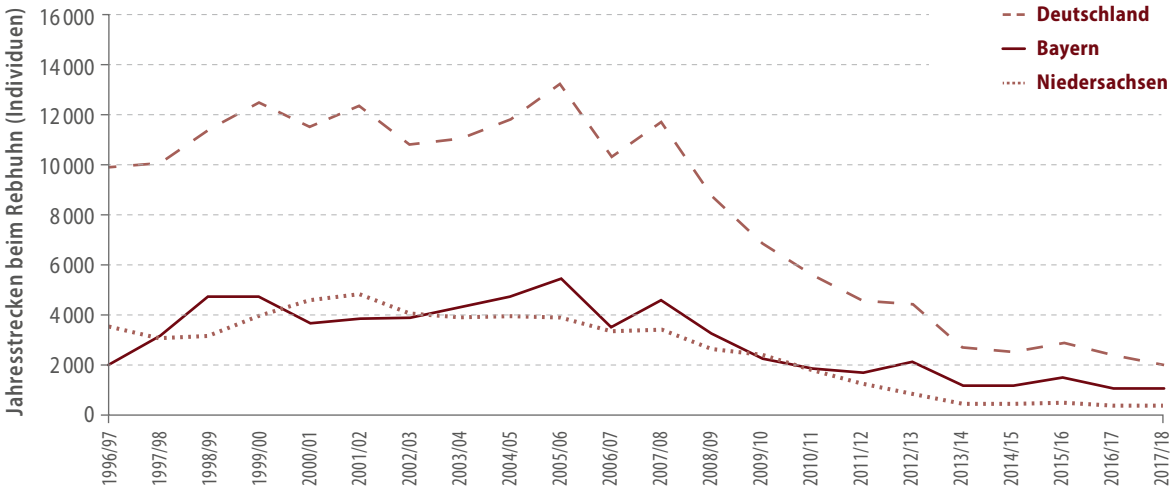
Zum Vergleich: Im **Jahr 1940** wurden in Deutschland noch über **2.000.000 Rebhühner** erlegt.

3.4.3.5 S_AG 2.5 – Material 4: Das Rebhuhn in Deutschland

Untersuche anhand der dargestellten Karten und der Bestandsdaten, ob sich der in Bayern beobachtete Trend auch auf andere Bundesländer beziehungsweise auf ganz Deutschland übertragen lässt.

Beschreibe zudem mindestens zwei Besonderheiten, die dir bei der Betrachtung der Karte und der Bestandsdaten (› https://wild-monitoring.de) auffallen. Erstelle jeweils eine Hypothese dazu.





Thünen-Institut (2022):
WILD © Deutscher Jagdverband e. V./
Datenspeicher Jagd Eberswalde

3.4.3.6 S_AG 2.6 – Material 5: Der Feldhase (*Lepus europaeus*) – auch ein Bewohner offener Agrarlandschaften?

Der Feldhase (*Lepus europaeus*)

Auch ein Bewohner offener Agrarlandschaften?

Vergleiche die Verbreitung von Rebhuhn und Feldhase in Europa anhand der Karten.

Recherchiere die Bestandsentwicklung des Feldhasen im Wildtier-Informationssystem der Länder Deutschlands (WILD, › https://wild-monitoring.de/cadenza/) und vergleiche auch hier mit dem Rebhuhn.

Formuliere Hypothesen, die deine Beobachtungen und Rechercheergebnisse erklären könnten.

Feldhase und Rebhuhn als Charakterarten der Agrarlandschaft

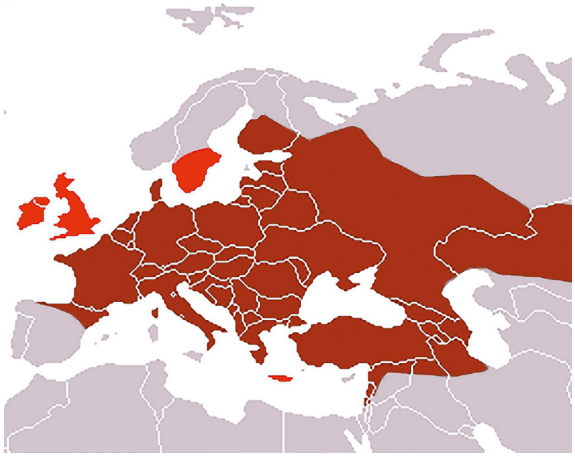


Feldhase
© Hans-Joachim Fünfstück/piclease



Rebhuhn
© Josef Limberger/piclease

Aktuelle Verbreitung in Europa



Verbreitungskarte Feldhase
© Wikimedia Commons (IUCN Red List of Threatened Species, species assessors and the authors of the spatial data, European Hare area, CC by-sa 3.0)



Verbreitungskarte Rebhuhn
© IUCN Red List of Threatened Species, species assessors and the authors of the spatial data, Verbreitungskarte Rebhuhn, CC by-sa 3.0

3.4.3.7 L_AG 2.7 – Lösungsvorschlag zu Material 2

Aufgabe 1: Individuelle SuS-Lösungen, hier das Beispiel einer Schülerin:

Legende

Haus

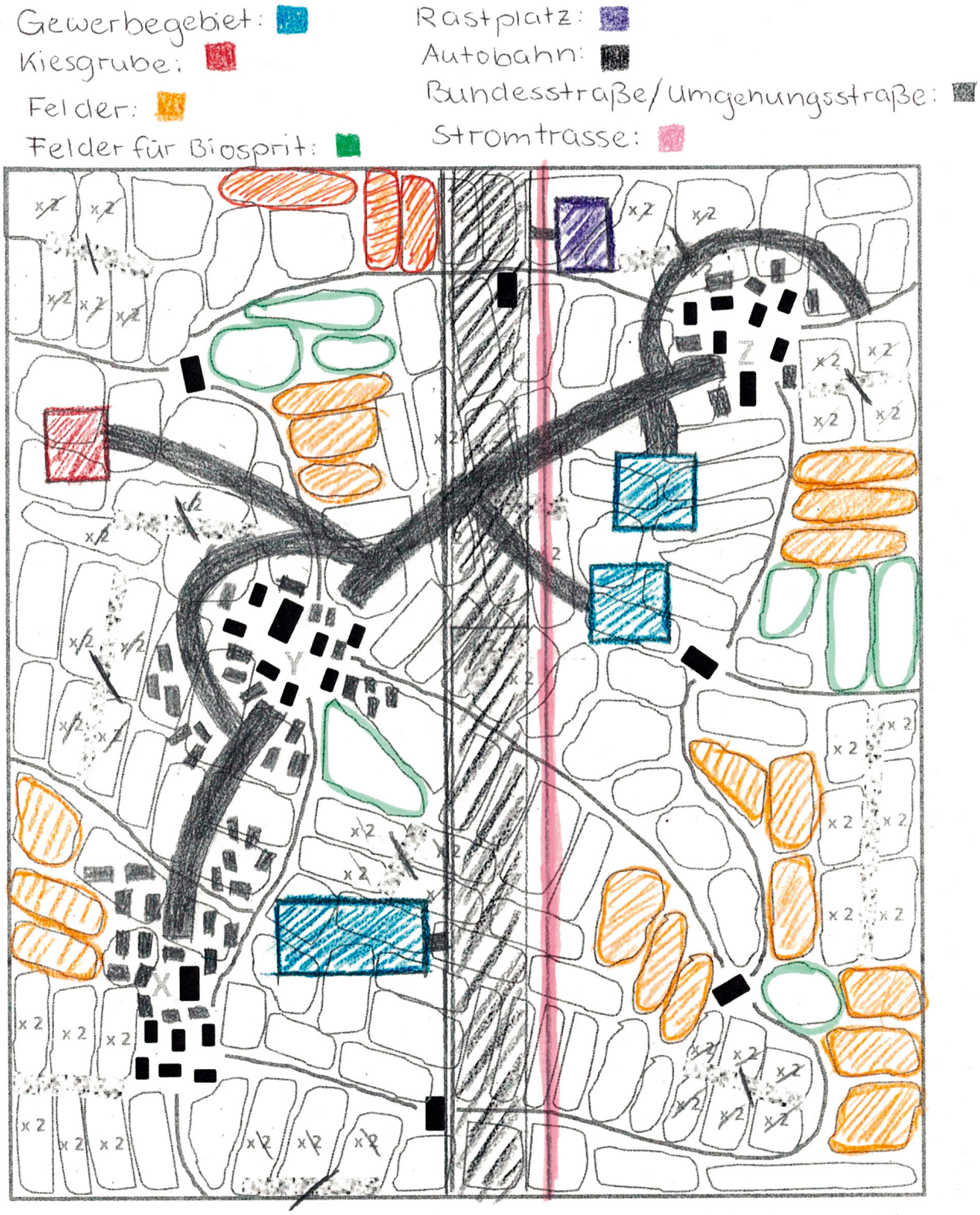
Gehöft

Straße

Felder

Hecke

Neu eingeführte Symbole:



Zu Material 4

Sehr auffällig ist die Höhenbeschränkung des Rebhuhns. Im Hochgebirge (Alpen) und in den Mittelgebirgen (zum Beispiel Erzgebirge, Schwarzwald) befinden sich keine Vorkommen. Ebenso auffällig sind das Fehlen in den beiden großen Ballungsräumen (Ruhrgebiet, Berlin). Gleichzeitig können stark landwirtschaftlich geprägte Landschaften, wie etwa das Isar-Inn-Hügelland in Bayern oder große Teile Niedersachsens, anhand von höherer Rebhuhndichte identifiziert werden.

Zu Material 5

› Zielaussagen

Der Feldhase bewohnt in Europa ein fast identisches Areal wie das Rebhuhn.
Auch der Datenverlauf bei der Bestandsentwicklung ist sehr ähnlich.

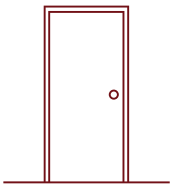
› Hypothese

Beide besitzen vergleichbare Lebensraumansprüche und Bedrohungen.

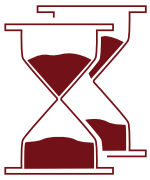
SEP OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL Aug

3.4.4 AG 3: Bauer sucht Biodiversität: Planspiel auf dem Biodiversitäts-Hof

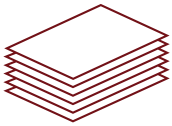
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

Grundlegende Informationen

Im Gegensatz zur konventionellen Landwirtschaft ist die biologische oder ökologische Landwirtschaft rechtlich verpflichtet, auf bestimmte Maßnahmen zu verzichten. So dürfen im Bio-Landbau keine synthetisch hergestellten Pflanzenschutzmittel, Mineraldünger und auch keine Gentechnik verwendet werden. Auch das zugefütterte Kraftfutter muss Bioqualität aufweisen. Nur so erhält der Hof eines der Bio-Gütesiegel.

Trotzdem ist die Biodiversität auf biologisch bewirtschafteten Flächen nicht automatisch höher, weil auch im Bioanbau beispielsweise im Grünland früh und sehr oft gemäht wird und zudem Gülle – ein «Naturprodukt» – ausgebracht wird. Durch Schaffung von Strukturen, extensive Bewirtschaftung und Ruheräume für Pflanzen und Tiere kann die Artenvielfalt sowohl im konventionellen als auch im biologischen Anbau gesichert und sogar gesteigert werden. Dabei sollen die beiden Bewirtschaftungsformen nicht als Schwarz und Weiß gegenübergestellt und so gegeneinander ausgespielt werden. Eine hervorragende Idee bietet dabei das Biodiversitätslabel (zum Beispiel von ABCERT). Ziel dieses neuen Zertifizierungsverfahrens ist es, die Biodiversität auf landwirtschaftlichen Flächen zu fördern, ohne dabei die landwirtschaftliche Nutzung in größerem Maßstab zu behindern. Gerade der ansteigende ökonomische Druck sowie die steigenden Preise für Boden und Pacht sorgen bei vielen Landwirtinnen und Landwirten für schlaflose Nächte. Wie aber lassen sich Naturschutz, Biodiversität und gewinnorientierte Landwirtschaft miteinander verbinden?

Den SuS werden 12 Maßnahmen zur Auswahl gestellt (siehe Arbeitsblatt S_AG 3.2). Für den Erfolg des Moduls ist es wichtig, dass die LuL in der zweiten Runde Informationen aus der folgenden Tabelle nach Bedarf gezielt und gerichtet an die SuS-Arbeitsgruppen weitergeben. Dabei nimmt die Lehrkraft die Rolle eines Biodiversitätsberaters ein, welchen es auch bei dem wirklichen Zertifizierungsverfahren gibt. Da die Agrargebiete in Bayern sehr unterschiedlich sind, muss die Lehrkraft bestimmte Maßnahmen je nach Schulstandort anders werten. Entsprechende Informationen sind in der Tabelle vermerkt.

Aufgaben

- S_AG3.2 Arbeitsblatt: Planspiel
- Schaufensterbummel und Prämierung

MATERIALIEN

- **L_AG 3.1 Kopiervorlage:** Kärtchen für die Gruppeneinteilung
- **S_AG 3.2 Arbeitsblatt:** Planspiel
- **S_AG 3.3 Kopiervorlage:** Zu den Maßnahmensymbolen
- **L_AG 3.4 Kopiervorlage:** Flurstückskarte
- **L_AG 3.5 Kopiervorlage:** Biodiversitätssiegel

MAßNAHME		Tipps von der Biodiversitätsberatung (Lösungshinweise)
1	**Hecken pflanzen**	Optimal am Rand von Äckern (als Abschirmung) oder Wegen, nicht an öffentlichen Straßen (Vogelschlag, Verkehrsopfer wie Laufkäfer)
2	**Teiche und Flutmulden**	Entlang des Baches (Ostseite), Amphibien überwintern gern in Wäldern, deshalb keine Straße zwischen Sommer- und Winterquartier
3	**Futterhäuschen für Winterfütterung**	Bringt wenig für die Biodiversität, wenn, dann am Hof
4	**Nistkästen für Höhlenbrüter**	Nur in der Streuobstwiese beziehungsweise im Wald
5	**Kalkscherbenacker**	Kalkscherbenäcker bringen im Grünland wenig, wäre nur im Jura sinnvoll
6	**Blumenreiche Wiesen**	Sinnvoll als Feuchtwiese am Bach oder als blumenreiche Wiesen mosaikartig verteilt
7	**Wildbienen-Nisthilfen**	Bringt wenig, wenn, dann am Hof oder in einer neuangelegten Streuobstwiese
8	**Künstliche Sitzwarten als Ansitze für kleine Wiesenbrüter**	Entlang des Baches, kombiniert mit artenreichen Wiesen
9	**Blühstreifen mit Ackerunkräutern**	Im Grünland nicht geeignet
10	**Streuobstwiese**	Besonders in Hofnähe, nicht am Bach, Wald
11	**Trockenmauer**	Im Alpenvorland eher ungeeignet
12	**Altgrasstreifen**	Besonders hoffern geeignet am Waldrand, an Äckern, an Gewässern, am Rand von blumenreichen Wiesen

Durchführung

Durch Ziehen von Kärtchen (siehe Anhang) bilden sich sechs Gruppen mit jeweils vier bis fünf SuS; die Gruppen heißen:

- Bläuling (blau)
- Schwalbenschwanz (rot)
- Schafstelze (gelb)
- Heupferd (grün)
- Braunkehlchen (braun)
- Maulwurf (schwarz)

Das Ziel des Spiels ist es, dass die Flächen von Arturs «Biodiversitäts-Hof» am Ende möglichst viele Tier- und Pflanzenarten beheimaten.

1. Runde

In der ersten Runde bearbeiten SuS das Arbeitsblatt S_AG 3.2.

2. Runde

Tipps von der Biodiversitätsberaterin/vom Biodiversitätsberater

Jede Gruppe erhält zwei Tipps von der Biodiversitätsberaterin oder vom Biodiversitätsberater (Lehrkraft) nach der 1. Runde. Danach wird der Plan überarbeitet und die Symbole aufgeklebt.

3. Schaufensterbummel und Prämierung

Bei einem Schaufensterbummel erläutert jeweils ein Gruppensprecher dem Rest der Klasse den Biodiversitätsplan der Gruppe. Abschließend vergibt jede Gruppe einen Klebepunkt an den Vorschlag (außer die eigene Gruppe), welche ihrer Meinung nach am meisten für die Förderung der Biodiversität leistet. Diese Gruppe erhält das Biodiversitätssiegel (siehe Anhang)

Leistungserhebung

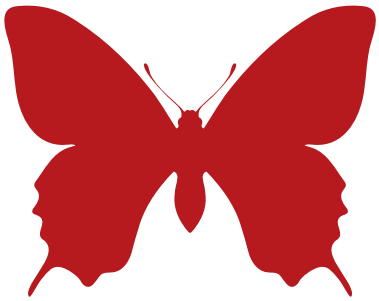
Das Referat der Gruppensprechenden kann benotet werden.

3.4.4.1 L_AG 3.1 **Kopiervorlage:** Kärtchen zur Gruppeneinteilung

ZUM AUSSCHNEIDEN



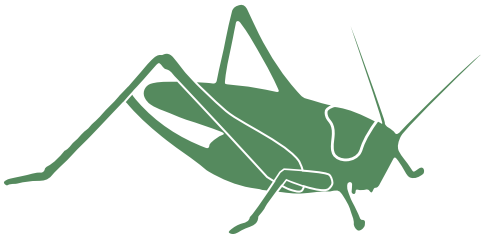
BLÄULING



SCHWALBENSCHWANZ



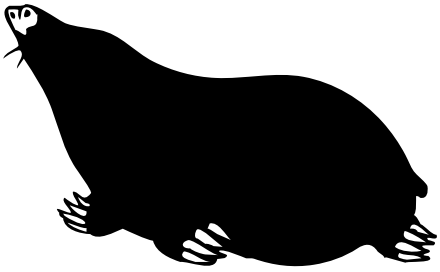
SCHAFSTELZE



HEUPFERD



BRAUNKEHLCHEN



MAULWURF

3.4.4.2 S_AG 3.2 Arbeitsblatt: Planspiel

Aufgabe und Hofbeschreibung

Der junge Landwirt Artur Vielfalt ist 29 Jahre alt und hat gerade seine Ausbildung als frisch gebackener Landwirtschaftsmeister abgeschlossen. Die Hofübernahme von seinen Eltern ist bald geplant. Seine Frau kommt ebenfalls aus der Landwirtschaft. Sie möchte mit ihm den Betrieb im Vollerwerb führen, das heißt die Einkünfte müssen für die ganze Familie reichen, zu denen auch die beiden Töchter Flora (3) und Melissa (5) gehören.

Der Hof befindet sich im Alpenvorland und umfasst 50 ha Grünland und zwei Waldparzellen (siehe Flurkarte, gesprenkelte Flächen). Im Stall stehen 50 Milchkühe. Die Kühe werden überwiegend mit Silage gefüttert. Dazu werden die Wiesen vier- bis fünfmal gemäht und danach jeweils mit Gülle gedüngt. Zur Steigerung der Milchleistung wird Sojaschrot – als Kraftfutter – zugefüttert. Artur Vielfalt möchte nun mit seinen Kumpels aus der Landwirtschaftsschule den Umbau seines elterlichen Bauernhofs in einen nachhaltigen Biodiversitäts-Hof planen.

1. Runde

a) Wählt aus der **Tabelle 1** sechs für die hofeigenen Flurstücke (gesprenkelte Flächen) geeignete Maßnahmen aus. Berücksichtigt dabei die klimatischen Bedingungen des Alpenvorlandes
   - Ist die Maßnahme passend für das Grünland beziehungsweise für angrenzende Äcker und Wälder?
   - Ist der Standort für die Maßnahmen überhaupt sinnvoll?
   - Gibt es Subventionen, zum Beispiel von der EU, vom Freistaat Bayern (beispielsweise das Bayerische Vertragsnaturschutzprogramm)?

   Recherchiert zu den von euch ausgewählten Maßnahmen im Internet, wenn euch etwas unklar ist.

b) Verteilt die Symbole aus der Tabelle auf die geeigneten Flächen der Flurkarte. Es dürfen nicht mehr als 20 % der hofeigenen Flächen dafür benutzt werden. Berücksichtigt bei der Auswahl folgende Kriterien:
   - Lange Anfahrtswege sind zu vermeiden
   - Die sich angesiedelten Tiere sollten nicht (zum Beispiel durch Straßen) gefährdet werden

   Zusatzaufgabe: Welche Maßnahme ist für die Tierart eures Gruppennamens geeignet?

2. Runde
Tipps von der Biodiversitätsberatung

Nachdem ihr zwei Tipps von der Biodiversitätsberatung (eure Lehrkraft) erhalten habt, überarbeitet euren Plan nochmals. Klebt anschließend die Symbole auf.

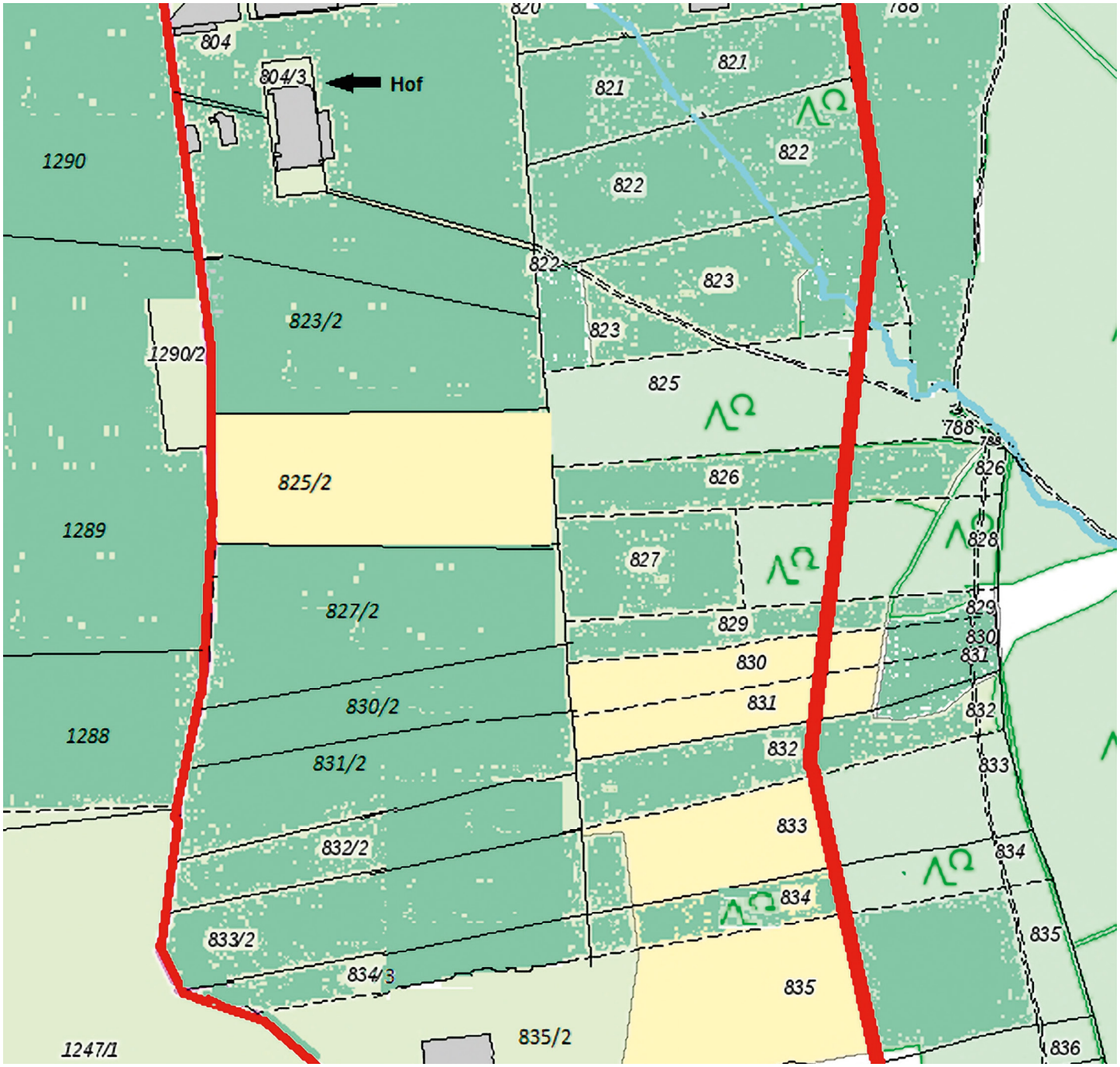
	MAßNAHME	Mögliche Vorteile für die Biodiversität	Symbole
1	**Hecken pflanzen**	in Hecken brütende Vögel, Feldhasen, Laufkäfer, Wildbienen, kleine Raubsäuger	H
2	**Teiche und Flutmulden** Mindestens 1 m tief, >100 m²	Amphibien im Sommerhalbjahr (Überwinterung im Wald) Wasserinsekten, Vögel wie Rohrsänger, Reiher, Storch	T
3	**Futterhäuschen für Winterfütterung**	vor allem Standvögel wie Meise, Sperling und Fink	FH
4	**Nistkästen für Höhlenbrüter**	Gartenrotschwanz, Meise, Sperling, Specht, Eule, Fledermaus und Bilch	NK
5	**Kalkscherbenacker** Keine Pestizide	seltene Ackerunkräuter auf Kalk	KA
6	**Blumenreiche Wiesen** Späte Mahd, maximal 2×	Schmetterlinge, Heuschrecken und andere Insekten respektive Wirbellose und somit auch Wiesenbrüter, Störche	BW
7	**Wildbienen-Nisthilfen**	solitäre Wildbienen und Wespen (Zunahme)	WB
8	**Künstliche Sitzwarten als Ansitze für kleine Wiesenbrüter**	Wiesenbrüter (Erhöhung der Anzahl an Brutpaaren, da diese die Sitzwarten als Ansitz bei der Insektenjagd nutzen)	P
9	**Blühstreifen mit Ackerunkräutern**	Ackerunkräuter (Lebensraum für bedrohte Ackerunkräuter, Nektarspender, Farbtupfer in der Landschaft, Schutz vor Spritzmitteln)	BS
10	**Streuobstwiese**	Fledermäuse, Bienen, Kleinsäuger wie Gartenschläfer (Lebensraum)	SO
11	**Trockenmauer**	Kleinsäuger, Reptilien und zahlreiche Wirbellose (Lebensraum und Rückzugsort)	TM
12	**Altgrasstreifen**	Insekten und andere Wirbellose (Überwinterungsort), Rebhühner, Feldhasen und Zugvögel (Schutzort)	AG

3.4.4.3 **S_AG 3.3:** Kopiervorlage zu den Maßnahmensymbolen

ZUM AUSSCHNEIDEN UND AUFKLEBEN

H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
FH	FH	FH	FH	FH	FH	FH	FH	FH	FH
NK	NK	NK	NK	NK	NK	NK	NK	NK	NK
KA	KA	KA	KA	KA	KA	KA	KA	KA	KA
BW	BW	BW	BW	BW	BW	BW	BW	BW	BW
WB	WB	WB	WB	WB	WB	WB	WB	WB	WB
P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS
SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO
TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM
AG	AG	AG	AG	AG	AG	AG	AG	AG	AG

3.4.4.4 L_AG 3.4 Kopiervorlage: Flurstückskarte





erhält die _____-Gruppe mit:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

SEP OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL Aug

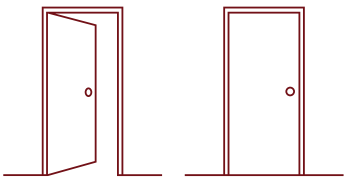
3.4.5 AG 4: Tierische und pflanzliche Siedler: Neobiota

Grundlegende Informationen

Unter Neophyten beziehungsweise Neozoen (zusammengefasst: Neobiota) verstehen viele Wissenschaftler:innen Pflanzen- respektive Tierarten, die nach der Entdeckung Amerikas durch Christoph Kolumbus im Jahr 1492 Lebensräume auf anderen Kontinenten besiedelt haben. Wenn sie mit hohem Tempo neue Lebensräume besiedeln und dabei angestammte Arten verdrängen, spricht man von sogenannten invasiven Neobiota. Bei Neubesiedlungen handelt es sich zum einen um einen völlig natürlichen Vorgang der Biogeografie, der schon immer Teil des Evolutionsprozesses war, wenn sich etwa manche Arten bei Klimaveränderungen in kältere beziehungsweise wärmere Regionen ausbreiten oder wenn abgelegene Inseln besiedelt werden. Ein extremes Beispiel für die Eroberung ganzer Kontinente durch «Neubürger» ist der Great American Interchange («Großer Amerikanischer Faunenaustausch»), als sich vor zirka 3 Millionen Jahren durch geologische Prozesse die permanente Landbrücke zwischen Nord- und Südamerika bildete. Ganze Tierfamilien (Hunde, Katzen, Bären, Hörnchen und viele mehr), die zuvor dort nicht existent waren, breiteten sich nach Südamerika aus. In Nordamerika erschienen zeitgleich viele der einzigartigen Tiergruppen Südamerikas, wie die Gürteltiere oder Riesenfaultiere. Diese Wanderbewegungen resultierten aber auch in einem Massenaussterben der Arten, die mit den Neuankömmlingen nicht mehr konkurrieren konnten – ganz ohne menschliches Zutun.

Tatsächlich hat der Mensch den globalen Artenaustausch jedoch massiv begünstigt. Das begann bereits in der Antike, beschleunigte sich stark mit der Entdeckung der Neuen Welt und Ozeaniens und intensivierte sich nochmals im Zuge der Industrialisierung und der Globalisierung. Dabei wurden anfangs meist bewusst Arten eingeführt, um Nutzpflanzen anzubauen und Schädlinge zu bekämpfen oder aus ästhetischen Gründen – mit gravierenden Folgen, vor allem für Inseln mit einem hohen Anteil einzigartiger und weltweit nur dort lebender (sogenannter endemischer) Arten, wie etwa Neuseeland oder Hawaii. Viele Neobiota kamen aber auch unbewusst als Begleiter der Menschen, wie Ratten, Pflanzensamen in Erde, Bauschutt und sogar an Wanderschuhen und Autoreifen. Marine Organismen reisen als blinde Passagiere im Ballastwasser großer Schiffe mit. Nicht alle Neobiota sind invasiv, das heißt, sie verbreiten sich im neuen Ökosystem unter Verdrängung einheimischer Arten. Und nur wenige der invasiven Arten lassen sich wieder gänzlich entfernen, sobald sie einmal etabliert sind. Dieses Modul soll die SuS für die Thematik sensibilisieren und bewusste Entscheidungen, zum Beispiel bei der Gartengestaltung oder auf Reisen, ermöglichen.

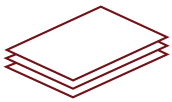
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:	■□□
Erkenntnisgewinn:	■□□
Kommunikation:	■■□
Bewertung:	■□□

MATERIALIEN

- **Präsentation:**
  › https://moodle-files.alp.dillingen.de/oekologie/08/ag4-001.pptx
- **S_AG 4.1 Foto-Quiz:** Neubürger oder schon lange da?
- **L_AG 4.1 Lösung zum Foto-Quiz:** Neubürger oder schon lange da?
- **S_AG 4.2 Arbeitsblatt:** Recherchiere einen bayerischen Neubürger
- **S_AG 4.3 Arbeitsblatt:** Bedrohtes Langohr mit praktischem Beutel für die Eier
- Eventuell **Endgeräte zur Internetrecherche**
- Eventuell **Bestimmungsbücher für die Exkursion**

Durchführung



Powerpoint-Präsentation: https://moodle-files.alp.dillingen.de/oekologie/08/ag4-001.pptx

Powerpoint-Präsentation: › https://moodle-files.alp.dillingen.de/oekologie/08/ag4-001.pptx

Einen möglichen Stundeneinstieg bietet das Foto-Quiz zu Neobiota in Bayern (S_AG 4.1). Hier werden einige Neubürger vorgestellt, gleichzeitig liefern die Bilder von bayerischen Ureinwohnern vielfältige Gesprächsanlässe. Die SuS werden dazu wenig Vorwissen mitbringen, die Erläuterungen der Lehrkraft dienen hier dem Wissenserwerb.

Für die Bearbeitung des Themas im Klassenzimmer bietet sich im Anschluss eine Internetrecherche an: Wie kamen einzelne Neobiota nach Bayern? Welche Rolle spielte der Mensch dabei? Die Auswahl der Arten kann sich dabei an tagesaktuellen Themen (Asiatischer Laubholzbockkäfer [*Anoplophora glabripennis*]), im Schulumfeld verbreiteten Arten (mit hoher Wahrscheinlichkeit zum Beispiel das Drüsige Springkraut [*Impatiens glandulifera*]) oder an der Historie (zum Beispiel Kartoffelkäfer [*Leptinotarsa decemlineata*]) orientieren. Abschließend erstellen die Lernenden eine Kosten-Nutzen-Analyse für eine Bekämpfung der von ihnen gewählten Art (S_AG 4.2) mit Hilfe vorgegebener Argumente.

Vorschläge für die Bearbeitung des Themas im Freiland:

1. Suche nach Neubürgern in Schulnähe und dokumentiere diese: Besonders einfach ist in den Sommermonaten das Drüsige Springkraut zu finden, das bayernweit entlang von Fließgewässern, Forstwegen und überall, wo Bauschutt abgelagert wurde, in großen Beständen wächst. Auch der Schmetterlingsstrauch (*Buddleja davidii*), der sich, aus Gärten kommend, in Städten unter anderem an Ruderalwuchsorten, Bahnstrecken und Schotterflächen gut etabliert hat, wäre ein lohnendes Untersuchungsobjekt.

2. Entfernung von Neophyten mit einer Schulklasse: Lokal werden immer wieder Aktionen zur Bekämpfung von Neophyten durchgeführt. Dies mit einer Klasse zu unterstützen, kann zu vielfältigem Erkenntnisgewinn führen. Dies umfasst unter anderem die Mühseligkeit, die Notwendigkeit und die Sinnhaftigkeit des Unterfangens. Eine langfristige großräumige Wirkung kann bei invasiven Arten so gut wie ausgeschlossen werden, aber das Verständnis der Verflechtung von menschlichem Handeln und Ökosystem wird durch die konkrete Erfahrung sehr deutlich. Drüsiges Springkraut (*Impatiens glandulifera*) oder Japanischer Staudenknöterich (*Fallopia japonica*) eignen sich gut für diese schweißtreibende Arbeit. Keinesfalls darf der Riesen-Bärenklau (= Herkulesstaude [*Heracleum mantegazzianum*]) von Schülern berührt werden – Gesundheitsgefahr!

3. Das Modul 2 «Eine Blumenwiese anlegen» aus der Handreichung «Grünland entdecken» enthält viele praktische Hinweise, wie man mit regionalem Saatgut eine artenreiche Wiese in der Schulumgebung gestaltet – frei von Neophyten.

Als Abschluss der Einheit können optional die Texte zu drei Neozoen Australiens (S_AG 4.3) arbeitsteilig verwendet werden, um zu zeigen, dass Neobiota nicht nur einheimische Ökosysteme verändern. Die Konsequenzen durch Einwanderer aus Europa/Amerika für Australiens Ökosysteme sind tatsächlich viel drastischer.

Umfassende und fachlich korrekte Informationen zu diesem zum Teil sehr emotional geführten Thema finden sich im Management-Handbuch zum Umgang mit gebietsfremden Arten in Deutschland, erschienen in der Schriftenreihe «Naturschutz und Biologische Vielfalt» des Bundesamtes für Naturschutz (BfN 2015). Teilweise sind die Informationen auch online auf einer Homepage des Bundesamtes für Naturschutz abrufbar: › **https://neobiota.bfn.de**

Für die Recherche der SuS ist das «Handbuch» mit zahlreichen Pflanzenportraits sehr informativ (› **https://neobiota.bfn.de/handbuch.html**).

Aufgaben

Siehe Arbeitsblätter

Leistungserhebung

Die Rechercheergebnisse zu einzelnen Neozoen/Neophyten können in Form eines Unterrichtsbeitrags/Referates bewertet werden.

3.4.5.1 **S_AG 4.1 Foto-Quiz:** Neubürger oder schon lange da?

Wie sieht es mit Neophyten und Neozoen in Bayern aus?
Bei den folgenden Bildern musst du zwischen drei Antwortmöglichkeiten wählen:

- Dieses Tier/diese Pflanze gehört schon lange zur heimischen Natur.
- Dieses Tier/diese Pflanze wandert(e) ohne menschliches Zutun in jüngster Zeit nach Bayern ein beziehungsweise wird sich im Zuge des Klimawandels wahrscheinlich weiter in Bayern ausbreiten.
- Dieses Tier/diese Pflanze hat der Mensch bewusst oder unbewusst von einem fernen Ort nach Bayern gebracht.





















3.4.5.2 L_AG 4.1 Foto-Quiz: Neubürger oder schon lange da? [LÖSUNG]

A: Dieses Tier hat der Mensch bewusst von einem fernen Ort nach Bayern gebracht.
Die **Nutria** stammt ursprünglich aus Südamerika und wurde wegen ihres Fells in Europa eingeführt. Sie wird oft mit dem heimischen Biber verwechselt.

B: Dieses Tier und diese Pflanze gehören schon lange zur heimischen Natur.
Der **Wollschweber**, eine Fliege, und das **Helm-Knabenkraut**, eine Orchidee, gehören zur einheimischen Flora und Fauna.

C: Dieses Tier wandert(e) ohne menschliches Zutun in jüngster Zeit nach Bayern ein beziehungsweise wird sich im Zuge des Klimawandels wahrscheinlich weiter in Bayern ausbreiten.
Der **Bienenfresser** ist im Mittelmeerraum weit verbreitet, brütet aber mittlerweile auch in den warmen und trockenen Regionen Deutschlands.

D: Dieses Tier gehört schon lange zur heimischen Natur.
Der **Alpenbock** ist einer der größten einheimischen Bockkäfer und im Bestand stark gefährdet. Ein Verwandter, der Asiatische Laubholzbockkäfer kommt seit 2015 in Deutschland vor. Er wurde wahrscheinlich über Holztransporte eingeschleppt.

E: Diese Pflanze hat der Mensch bewusst von einem fernen Ort nach Bayern gebracht.
Der **Persische Klee** ist eine Futterpflanze aus Westasien. Er wird seit einigen Jahrzehnten in Bayern angebaut und ist inzwischen oft verwildert an Wegrändern zu finden. Auch in künstlich angelegten Blühstreifen wird er oft verwendet.

F: Dieses Tier hat der Mensch (wohl unbewusst) von einem fernen Ort nach Bayern gebracht.
Die **Rhododendron-Zikade** wurde mit als Zierpflanzen genutzten Rhododendren von Nordamerika nach Europa eingeschleppt. Sie ist inzwischen in Gärten und Parkanlagen in Bayern häufig.

G: Dieses Tier wandert(e) ohne menschliches Zutun in jüngster Zeit nach Bayern ein beziehungsweise wird sich im Zuge des Klimawandels wahrscheinlich weiter in Bayern ausbreiten.
Der **Kurzschwänzige Bläuling** wurde im 20. Jahrhundert immer wieder in Bayern dokumentiert. Seit wenigen Jahren breitet sich dieser in Südeuropa häufige Tagfalter immer weiter nach Norden aus und ist inzwischen in Bayern etabliert.

H: Diese Pflanze hat der Mensch bewusst von einem fernen Ort nach Bayern gebracht.
Die **Rainfarn-Phazelie** kommt ursprünglich aus dem Südwesten der USA und Mexiko. Die Pflanze wird bei uns in künstlich angelegten Blühstreifen als Bienenweide verwendet.

I: Diese Pflanze hat der Mensch bewusst von einem fernen Ort nach Bayern gebracht.
Der **Schmetterlingsflieder** stammt aus China. Die bei Menschen (und auch bei manchen einheimischen Schmetterlingen wie diesem Kleinen Fuchs) beliebte Zierpflanze wächst als Gartenflüchtling besonders gut auf offenen Böden und entlang von Bahngleisen.

J: Diese Pflanze hat der Mensch bewusst von einem fernen Ort nach Bayern gebracht.
Das **Drüsige Springkraut** stammt ursprünglich aus Indien und dem Himalaja und wurde als Zierpflanze nach Europa gebracht. Es wächst in Bayern vielerorts an Gewässern, Wegen, Brachflächen und Schutthaufen.

3.4.5.3 **S_AG 4.2 Arbeitsblatt:** Recherchiere einen bayerischen Neubürger

Aufgaben

1. Wähle aus der folgenden Liste eine Tier- oder Pflanzenart aus:
   - Riesen-Bärenklau (= Herkulesstaude, *Heracleum mantegazzianum*)
   - Japanischer Staudenknöterich (*Fallopia japonica*)
   - Bisam(-ratte) (*Ondatra zibethicus*)
   - Vielblättrige Lupine (*Lupinus polyphyllus*)
   - Waschbär (*Procyon lotor*)
   - Einjähriges Berufkraut (*Erigeron annuus*)
   - Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*)
   - Beifuß-Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*)
   - Asiatischer Laubholzbockkäfer (*Anoplophora glabripennis*)

2. Recherchiere im Internet (zum Beispiel auf der Seite des Bundesamtes für Naturschutz, › https://neobiota.bfn.de), wie die von dir gewählte Art nach Deutschland gekommen ist. Erläutere die Rolle, die der Mensch dabei spielte.

3. Beschreibe die Auswirkungen, die der Neubürger auf heimische Ökosysteme und auf den Menschen hat.

4. In deiner Gemeinde wird diskutiert, ob dieser Neophyt/dieses Neozoon durch aktive Maßnahmen wieder entfernt werden soll. Wähle aus den folgenden Argumenten die für diese Art zutreffenden aus und triff eine Entscheidung, die du dem Gemeinderat mitteilen würdest.

Diese Art gehört zwar ursprünglich nicht nach Bayern, richtet aber keinen Schaden an.

Eine Bekämpfung durch Bejagung/Ausreißen/Pestizide ergibt Sinn.

Eine Bekämpfung durch Bejagung ist ethisch (nicht) vertretbar.

Eine Bekämpfung durch Pestizide schädigt auch viele heimische Arten.

Das Freisetzen von natürlichen Fressfeinden oder Krankheitserregern aus dem Heimatland des Neubürgers würde die Population regulieren.

Das Freisetzen von natürlichen Fressfeinden oder Krankheitserregern aus dem Heimatland des Neubürgers birgt zu viele unbekannte Risiken.

Der Neubürger ist invasiv und etabliert. Eine Bekämpfung durch Bejagung/Ausreißen/ Pestizide verursacht nur hohe Kosten, ohne die Bestände nachhaltig zu verringern.

… eventuell bist du bei deiner Recherche auf weitere gute Argumente gestoßen …

5. Stelle deiner Klasse die Rechercheergebnisse zu deiner Art und deine Beurteilung aus Aufgabe 4 vor.

3.4.5.4 S_AG 4.3 Arbeitsblatt: Bedrohtes Langohr mit praktischem Beutel für die Eier: Warum der Oster-Bilby in Australien den Osterhasen ersetzte



Abbildung 3.4.5.4
Der Bilby ist Australiens heimischer «Osterhase» (Foto: istock).

«Hasen und Kaninchen erfreuen sich in Australien – anders als in ihrer europäischen Heimat – keiner allzu großen Beliebtheit. Die Wut der Australier auf die gefräßigen Langohren war sogar so groß, dass man sich Anfang der 1990er-Jahre entschloss, den Osterhasen abzusetzen. Als neues Ostersymbol wurde eine einheimische Beuteltierart, der Bilby oder Große Kaninchennasenbeutler (*Macrotis lagotis*), inthronisiert. Mit dem Tausch wollte man gleichzeitig eine Lanze für diese in Australien vom Aussterben bedrohte Tierart brechen. Gute Gründe also, warum das Beuteltier mit den großen Ohren und dem weichen Fell dafür verantwortlich ist, dass auch australische Kinder ihre Ostereier pünktlich zum Osterfest erhalten.»

aus:
Ludwig, M. (2010): Invasion – Wie fremde Tiere und Pflanzen unsere Welt erobern. – Ulmer, Stuttgart.

Aufgaben

1. Stelle eine Hypothese auf, warum Hasen und Kaninchen in Australien so unbeliebt sind.

2. Bildet Dreiergruppen und lest jeweils einen der drei Info-Texte Kaninchen/Aga-Kröte/Dromedar.

3. Stellt euch in der Gruppe gegenseitig eure Tiere vor und erläutert, welche Auswirkungen (Nutzen und Schaden) die Einbürgerung dieses Tieres in Australien hatte.

INFO-TEXT 1: **Kaninchen**

Mitte des 19. Jahrhunderts wurden Europäische Kaninchen in Australien ausgesetzt, da diese bei den Siedlern als Jagdwild beliebt waren. Kaninchen hatten in Australien so gut wie keine Fressfeinde und innerhalb weniger Jahre bevölkerten Millionen, in wenigen Jahrzehnten Milliarden Kaninchen Australiens Grasländer. Die Auswirkungen auf die lokalen Ökosysteme waren enorm: Einheimische Pflanzen wurden kahlgefressen, der offene Boden wurde der Erosion ausgesetzt und verödete. Dies bedroht auch heute noch einheimische Arten und verursacht extrem hohe finanzielle Verluste bei Landwirten. Die Eindämmungsmaßnahmen waren zu Beginn fast verzweifelt. Mehrere Zäune, sogenannte «rabbit-proof fences», wurden in Nord-Süd-Richtung quer durch den australischen Kontinent gebaut, konnten auf einer Gesamtlänge von über 3.000 km die Kaninchen aber nicht stoppen. Seit den 1950er-Jahren und bis heute werden immer neue Viren von den australischen Behörden freigesetzt, die für Kaninchen tödlich sind. Diese Maßnahmen reduzierten die Kaninchenpopulation mehrmals um Hunderte Millionen Tiere, bevor sich Resistenzen bildeten und die Bestände wieder stiegen.

INFO-TEXT 2: **Aga-Kröte**

1935 wurde die ursprünglich in Süd- und Mittelamerika heimische Aga-Kröte mit offizieller Unterstützung von Forschungsinstituten durch Zuckerrohrbauern in Nordostaustralien ausgesetzt. Man erhoffte sich, dass die Kröte den einheimischen Blatthornkäfer *Dermolepida albohirtum*, der als Larve und erwachsenes Tier Zuckerrohr befällt, deutlich im Bestand reduziert. Die Aga-Kröte nahm den Käfer jedoch überhaupt nicht als Beutetier an, stattdessen ernährte sie sich von allen anderen einheimischen Kleintieren, die sie erwischen und verschlingen konnte. Auch australische Vögel, Schlangen, Krokodile und Haustiere sind durch die inzwischen vielen Millionen Aga-Kröten gefährdet, da diese Amphibien ein stark giftiges Hautsekret besitzen, das Fressfeinde in der Regel tötet. Alle Versuche, die Krötenpopulation zu verkleinern (Jagd, Zäune, Lichtfallen, gentechnische Methoden) waren bis jetzt nur begrenzt wirksam. Zwei Beobachtungen geben Hoffnung: Einige australische Tiere haben gelernt, die Kröten zu fressen, ohne mit den Giftdrüsen in Kontakt zu geraten, zwei Schlangenarten haben sich im Zuge der Evolution so verändert, dass sie das Krötengift verdauen können.

INFO-TEXT 3: **Dromedar**

Dromedare wurden im 19. Jahrhundert nach Australien gebracht, um das Landesinnere zu erschließen. Dort herrschen vor allem trockene Ökosysteme wie Grasländer und Wüsten vor und Dromedare erschienen als ideale Reit- und Lasttiere, die auch noch während des Baus von Schienen, Straßen und Telefonleitungen durch die Wüste eingesetzt wurden. Zug und Auto lösten das Dromedar zu Beginn des 20. Jahrhunderts ab, die freigelassenen Tiere vermehrten sich, bis schätzungsweise eine Million Dromedare in Australien lebten. Vor allem in Trockenzeiten richten sie erhebliche Schäden bei einheimischen Pflanzen und auf Feldern an, bei akutem Wassermangel dringen Herden von Dromedaren sogar in Dörfer und Häuser ein, um trinken zu können. Massive Bejagung seit etwa 2010 hat die Dromedar-Bestände deutlich reduziert, über den zukünftigen Umgang mit den eingeführten Tieren ist man in Australien gespalten.

Sep Okt Nov Dez Jan **FEB MÄR APR MAI JUN JUL** Aug

3.4.6 AG 5: Krähenvögel und Mensch – eine wechselvolle Beziehung

Grundlegende Informationen

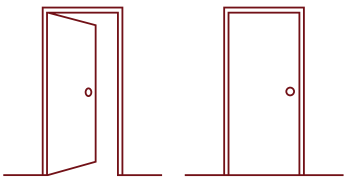
Die überwiegend dunkel gefärbten, laut krächzenden Krähenvögel gelten seit jeher als Vorboten für Unheil und Tod, gleichzeitig aber auch als hochintelligente und soziale Tiere. Das Verhältnis zwischen Krähenvögeln und Menschen ist sehr wechselvoll und konfliktreich. Gerade deshalb eignet es sich für die 8. Jahrgangsstufe, wo die SuS Eingriffe des Menschen in die Natur beschreiben und daraus begründete Entscheidungen treffen sollen. In der Agrarlandschaft begegnen uns vor allem Elster (*Pica pica*), Rabenkrähe (*Corvus corone*) und Saatkrähe (*Corvus frugilegus*), die auch in der ausgeräumten, intensiv genutzten Gebieten zu finden sind.



Foto: H.-J. Fünstück/piclease

Die Saatkrähe war in Bayern auf dem Lande wohl schon immer Brutvogel. Zusätzlich überwintern bei uns Tausende von Saatkrähen in großen Schwärmen aus Nord- und Osteuropa. Die Art bevorzugt Gebiete, welche sowohl Äcker als auch Wiesen aufweist. Für die Bauern galt sie als Schädling, weil sie auch Feldfrüchte und Ansaaten frisst. Deshalb wurde die Saatkrähe bis 1977 stark bejagt, vergrämt und zur Abschreckung tot an die Scheunen genagelt. Selbst ihre Nester wurden mit Feuerwehrschläuchen aus den Brutbäumen gespritzt. Gleichzeitig sank das Nahrungsangebot, gerade an Wirbellosen und Mäusen, durch die aufkommende moderne Landwirtschaft und die meisten Brutkolonien erloschen. Die Saatkrähe betrieb «Landflucht» – und so entstanden die ersten kleinen Brutkolonien und Schlafplätze in den Parks der Innenstädte. Dort fiel der Jagddruck weg und zudem fanden die Saatkrähen dort ein üppiges Nahrungsangebot. Inzwischen verursacht die Saatkrähe durch ihre zum Teil großen Brutkolonien in einigen Städten massive Störungen durch Lärm und Kot. Deshalb versucht der Mensch, die Saatkrähen an ihren Brutkolonien und Schlafplätzen zu vergrämen, was aber meist dazu führt, dass die Saatkrähen Tochterkolonien bilden , die dann nicht mehr in großen Parks

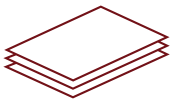
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

MATERIALIEN

Für eine Exkursion

- **Bestimmungsbücher** (oder **Material M1** in **L_AG 5)**
- **Ferngläser** oder ein **Spektiv**

Für das Klassenzimmer

- **S_AG 5.1:** Arbeitsblatt und Exkursionsanleitung
- **S_AG 5.2:** Materialien zur Saatkrähe

sondern mitten in den Siedlungsbereichen liegen und meist die Probleme mit Anwohnern deutlich vergrößern. Die Saatkrähe ist eine besonders geschützte Tierart und unterliegt nicht dem Jagdrecht, deshalb sind Maßnahmen zur Entfernung von Saatkrähen genehmigungsbedürftig und oft umstritten.

Hier entsteht ein Spannungsfeld zwischen Artenschutz und menschlichen Bedürfnissen. So zeigt die Saatkrähe den Einfluss des Menschen sehr anschaulich. Mit den Materialien des Moduls können sich die SuS über die Eignung und Notwendigkeit diverser regulatorischer Maßnahmen auseinandersetzen. Da die Saatkrähe nicht überall in Bayern anzutreffen ist, sind diese Materialien so gestaltet, dass man sie auch ohne die vorhergehende Exkursion im Klassenzimmer bearbeiten kann. Alternativ können auch Dohlenkolonien besucht werden. Zudem soll dieses Modul den SuS die Möglichkeit geben, durch das Bestimmen der Vögel ihre Artenkenntnisse zu erweitern und durch genaues Beobachten auch Kompetenzen aus dem Lehrplanabschnitt «Verhalten» zu vertiefen.

Durchführung

Saatkrähen-Kolonien sind nicht überall zu finden. Die Verbreitungskarte aus **Material M4** zeigt, wo sich eine Exkursion anbietet. Falls vor Ort regelmäßig Dohlen oder Rabenkrähen angetroffen werden, kann die Fragestellung an diese Arten angepasst werden. Die Abschnitte, die den Konflikt zwischen Mensch und Tier betreffen, lassen sich allerdings am besten mit dem Beispiel Saatkrähe bearbeiten.

Aufgaben

Siehe **Arbeitsblatt S_AG 5.1**

Hinweise für die Lehrkraft zu Aufgabe 5
Folgender Text von der Webseite des Landesamtes für Umwelt (› **www.lfu.bayern.de/natur/vogelschutzwarte/saatkraehenmanagement/index.htm**) verweist auf das «Konzept zum Umgang mit Saatkrähenkolonien in Bayern»:
«[Dieses] zeigt, dass jeder Fall gesondert betrachtet werden muss und die Erfolgsaussichten bei einem abgestimmten und langfristig geplanten Vorgehen größer sind. (…) Eine allgemeine, pauschale Lösung zur Behebung von Konflikten ist leider nicht möglich. In vielen Fällen erscheint es als das geringere Übel, vorübergehende Beeinträchtigungen durch Lärm zu ertragen, als sich der Gefahr auszusetzen, die Probleme nur zu verlagern oder sogar zu vergrößern.»

Wie bei anderen Wildtierarten zeigt auch das Beispiel Saatkrähe deutlich, dass der Mensch sich manchmal mit für ihn unangenehmen Aspekten ihrer Lebensweise arrangieren muss, solange er die Art als schützenswerten Bestandteil der heimischen Fauna erhalten will.

Leistungserhebung

Keine

3.4.6.1 **S_AG 5.1:** Arbeitsblatt und Exkursionsanleitung

A) Exkursion «Rabenvögel im Schulumfeld»

1. **Artbestimmung**
   Bestimme mit Hilfe eines Bestimmungsbuches oder mit Material M1 die genaue Art der von dir angetroffenen Rabenvögel.

2. **Verhalten von Rabenvögeln**
   Falls koloniebrütende Rabenvögel in Schulnähe leben, handelt es sich wahrscheinlich um Saatkrähen. Diese zeigen im Jahresverlauf wiederkehrende typische Verhaltensweisen (Material M2).
   Beobachte die Vögel wenn möglich mit einem Fernglas.
   Protokolliere Anzahl und Dauer der Verhaltensweisen, die du beobachten konntest.
   Falls du andere Rabenvögel antriffst, kannst du deren Verhalten ebenfalls beobachten und protokollieren.
   Beschreibe Gemeinsamkeiten/Unterschiede zu den in Material M2 genannten Verhaltensweisen der Saatkrähe.

B) Konflikte zwischen Saatkrähen (*Corvus frugilegus*) und dem Menschen

1. **Mensch und Saatkrähe**
   Beobachte die Saatkrähen wenn möglich mit einem Fernglas.
   Stelle Hypothesen auf, weshalb die Saatkrähe seit Jahrzehnten vom Menschen verfolgt wird. Nutze Material M3 als zusätzliche Informationsquelle (beziehungsweise als einzige, falls in deinem Ort keine Saatkrähen vorkommen).

2. **Saatkrähen in Bayern**
   Bis ins Jahr 1977 durfte die Saatkrähe in Bayern bejagt werden. Beschreibe die Verteilung und die Entwicklung der Saatkrähen-Populationen in Bayern unter Verwendung von Material M4.
   Beurteile, welche Rolle deine Region dabei spielt.

3. **Vergrämung von Saatkrähen**
   Obwohl die Saatkrähe geschützt ist, darf sie unter bestimmten Umständen und unter behördlicher Aufsicht aus einem Gebiet gezielt vertrieben («vergrämt») werden.
   Beschreibe die in Material M5 geschilderten Auswirkungen der Vergrämungsaktionen in Meitingen (Landkreis Augsburg). Beurteile den Erfolg der Vergrämung.

3.4.6.2 **S_AG 5.2:** Materialien zur Saatkrähe

Material M1



Abbildung 3.4.6.2-1
Dohle
Corvus monedula



Abbildung 3.4.6.2-2
Nebelkrähe
Corvus cornix



Abbildung 3.4.6.2-3
Rabenkrähe
Corvus corone



Abbildung 3.4.6.2-4
Saatkrähe
Corvus frugilegus



Abbildung 3.4.6.2-5
Kolkrabe
Corvus corax

Alle Bilder: Esther Lindner

Material M2

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heimzug												
Balz												
Nestbau												
Bebrütungszeit												
Nestlingszeit												
Familienverband												
Wegzug												
Jugendmauser												
Vollmauser												

Tabelle 3.4.6.2-M2
Jahreszyklus der Saatkrähe
(Quelle: LFU [2002]: Saatkrähen)

LEGENDE

- Zyklushauptphasen
- Zyklusnebenphasen

Material M3

Konflikte

LANDWIRTSCHAFT

Vermeintliche Schäden in der Landwirtschaft kann man nicht allgemein der Saatkrähe anlasten. Krähen sind Wiesenvögel. Sie fressen fast alles, überwiegend aber Insekten, Würmer und Schnecken. Wo Wiesen nicht mehr vorhanden sind, weichen sie gerne auf frisch gedüngte Äcker aus. Sie fressen mitunter auch aufkeimende Saat. Für einen einzelnen Landwirt können in solchen Fällen tatsächlich Schäden entstehen. Auf das gesamte Streifgebiet der Saatkrähe umgerechnet, sind die Verluste jedoch nur geringfügig (zum Beispiel in einem untersuchten Fall in Nordbaden bei Weizen 0,6 % und bei Gerste nur 0,07 %; HOLZINGER 1987). Schäden an jagdbaren Tieren oder gar Hausgeflügel können durch Saatkrähen nicht verursacht werden.

NAHRUNG

Auch bei der Nahrungssuche sind Saatkrähen gesellig. Wie alle Rabenvögel ist auch die Saatkrähe ein Allesfresser; sie frisst hauptsächlich Würmer, Schnecken, Insekten, Tausendfüßler und Spinnen sowie Pflanzenteile (Blätter, Früchte, Keimlinge), aber auch Mäuse werden gerne erbeutet, in erster Linie die Feldmaus. Damit erfüllt die Saatkrähe eine wichtige ökologische Funktion. Sie war vor der Einführung der chemischen Schädlingsbekämpfung in der Landwirtschaft ein willkommener Gast auf Wiesen und Äckern.

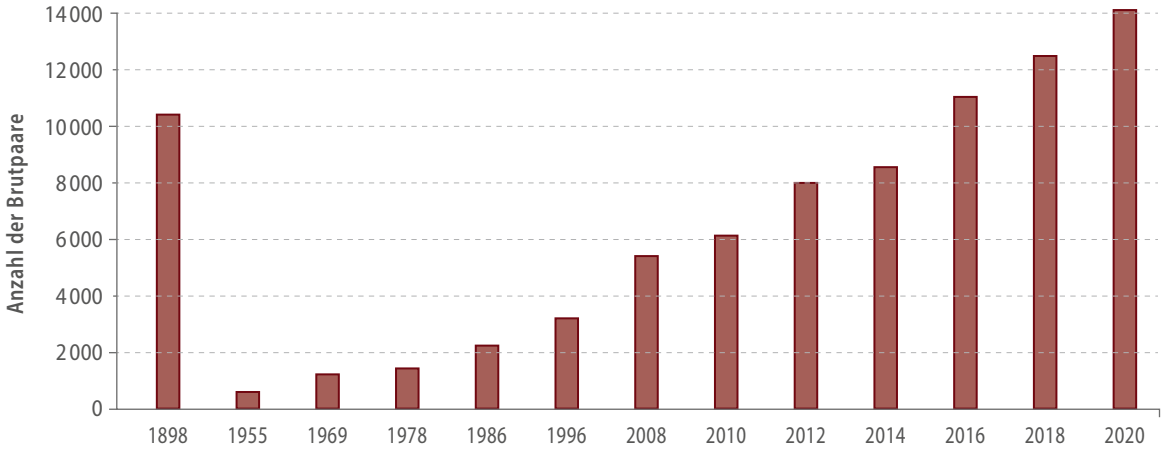
LÄRMBELÄSTIGUNG UND VERSCHMUTZUNG

Saatkrähen sind gelehrig. Sie merken, dass im Siedlungsbereich nicht gejagt wird und passen sich an das vorhandene Nahrungsangebot an (zum Beispiel auf kurzgemähten Wiesen in Parkanlagen). Sie bevorzugen demnach Brutplätze in der Nähe des Menschen. Lärmbelästigung und Verschmutzungen während der Brutphase können zum Beispiel in der Nähe von Schulen oder Krankenhäusern in einzelnen Fällen problematisch werden. Auffällig laut sind Saatkrähen aber nur in einer kurzen Zeit am Anfang und am Ende der Brutperiode

Grafik 3.4.6.2-M3
Quelle: LFU (2002): Saatkrähen

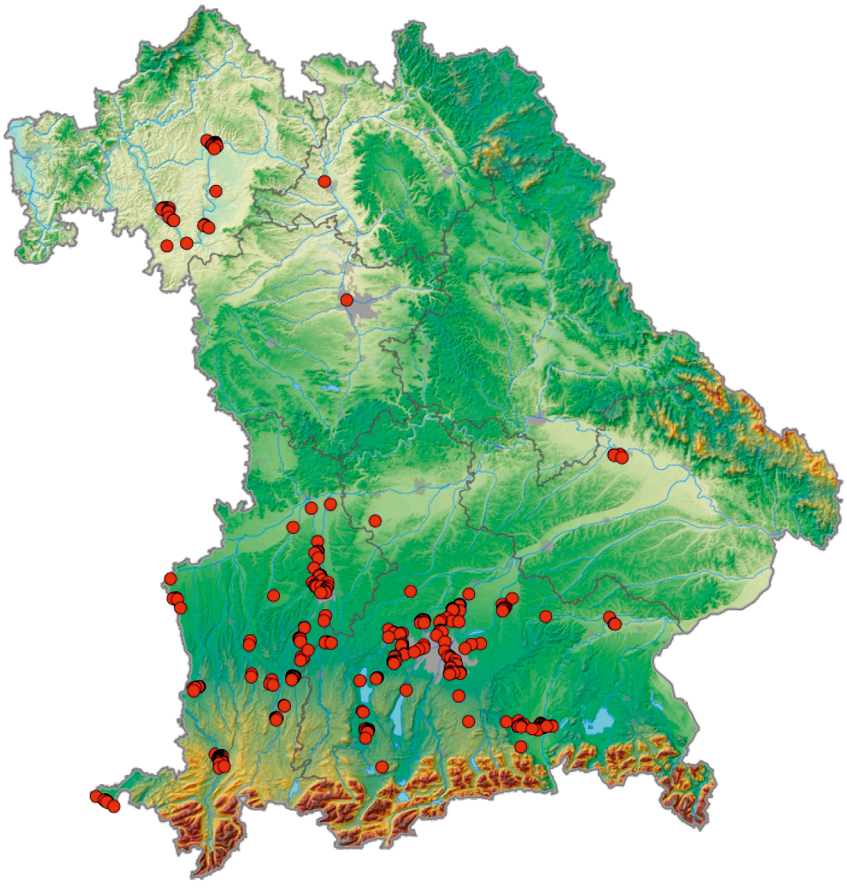
Material M4

Bestandsentwicklung der Saatkrähe in Bayern



Grafik 3.4.6.2-M4-1
Quelle: LFU (2011): Konzept zum Umgang mit Saatkrähenkolonien in Bayern – neuere Daten aus www.lfu.bayern.de/natur/vogelschutzwarte/saatkraehenmanagement/index.htm

Verbreitung von Brutkolonien der Saatkrähe in Bayern im Jahr 2020



Grafik 3.4.6.2-M4-2
Quelle:
www.lfu.bayern.de/natur/vogelschutzwarte/saatkraehenmanagement/index.htm

Material M5

MEITINGEN
Landkreis Augsburg

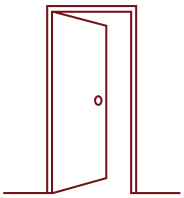
Die Krähenkolonie im Schlosspark von Meitingen ist seit mindestens 1986 bekannt. Damals brüteten dort 10 Brutpaare (BP). Im Zuge der allgemeinen Bestandserholung und der Auflösung einer benachbarten Kolonie am Sander See (östlich des Lechs) wuchs diese Kolonie auf 255 BP im Jahr 2009 an. In der Kolonie finden seit 2003 Lenkungsmaßnahmen (Herunterspritzen der Nester, Ausbringung von Klangattrappen, neuerdings Störung der Kolonie durch einen Beizvogel) statt. Seitdem diese Maßnahmen durchgeführt werden, hat sich die Anzahl der Kolonien in und um Meitingen auf wenigstens sieben (2010) erhöht, hinzu kommen drei Einzelpaare und der Verdacht, dass 50 Brutpaare aus Meitingen in die Kolonie in Gersthofen umgezogen sind, da es dort 2010 einen entsprechenden sprunghaften Anstieg der Kolonie gab.

In der Kolonie im Schlosspark Meitingen läuft seit 2009 ein auf drei Jahre angelegter Umsiedlungsversuch. Vermutlich wurde der Ersatzstandort, der bereits eine Kolonie mit etwa 30 Nestern beherbergte, durch Störmaßnahmen sabotiert, sodass sich dort keine Krähen mehr ansiedelten und die weiteren Vergrämungsmaßnahmen ohne konkreten Ersatzstandort erfolgten. Als wichtigste Maßnahme wurde im März 2010 die Vergrämung mit einem falknerisch trainierten Wüstenbussard durchgeführt; Ziel war es, die Krähen in der Vorbrutzeit, der Phase der Nestgründung, aus der von dem dortigen Altersheim zugewandten Hälfte des Parks zu vertreiben. Dieses Ziel wurde erreicht und am 24.03. und 17.04.2010 wurden dort nur 89 BP gegenüber 255 im Jahr 2009 gezählt. Aufgrund der jahrelang bis in die Brutzeit hinein erfolgten Vergrämungsmaßnahmen waren jedoch bereits vorher schon Splitterkolonien gegründet worden: 2008 brüteten neben den damals 230 BP im Schlosspark weitere 50 BP in drei Kolonien, 2009 neben den 255 BP im Schlosspark 84 BP in fünf Kolonien und 2010 89 BP plus 100 BP an acht Standorten. Von etwa 340 BP 2009 waren 2010 also insgesamt nur noch etwa 190 nachweisbar. Zählt man die 50 von Gersthofen hinzu, fehlen noch etwa 100 BP. Diese haben sich möglicherweise in Bäumenheim (Landkreis Donauries) angesiedelt, wo ebenfalls eine deutliche Steigerung der dortigen Kolonie beobachtet wurde (zirka 300 BP 2010).

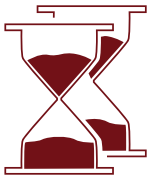


3.4.7 AG 6: Ökosystem Kuhfladen

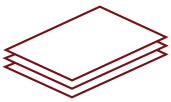
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

Grundlegende Informationen

Jedes vierte deutsche Rind steht auf Bayerns Almen, Weiden und in Ställen. Von den 2,9 Millionen Rindern sind 1,1 Millionen Milchkühe (Bayerisches Landesamt für Statistik 2020). Im Schnitt halten bayerische Milchviehbetriebe 42 Tiere, während in Mecklenburg-Vorpommern 235 Kühe pro Hof leben (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft 2022).

Mit zunehmender Betriebsgröße stehen die Kühe zunehmend im Stall und haben weniger Zugang zur Weide. So sind bei kleineren (weniger als 50 Tiere) und mittleren (50–199 Tiere) Betrieben noch rund 40 % der Tiere zeitweise auf einer Weide, in Großbetrieben (mehr als 200 Tiere) sind es dagegen nur 13 %.

Eine Kuh produziert acht bis zehn Fladen am Tag, wobei diese einen Durchmesser von etwa 30 cm haben und frisch bis zu zwei Kilogramm wiegen. Der Abbau dieser Biomasse ist ein komplexes Zusammenspiel zwischen biologischen, physikalisch-chemischen und mechanischen Vorgängen und dauert in der Regel mehrere Monate. Dabei spielt auch die Witterung eine entscheidende Rolle. Starkregen kann einen Kuhfladen zerstören, Trockenperioden verzögern hingegen den Abbau und führen zur Verkrustung. Auch die mechanische Zerstörung durch Zertrampeln bei hohem Viehbesatz kann ein wesentlicher Faktor sein. Mit dem Alter des Kuhfladens beobachtet man auch eine Sukzession der darin lebenden Tier-, Pilz- und Mikroben-Arten.

Die erste Stufe des Abbaus erfolgt durch zelluloseabbauende Bakterien, Protozoen und Pilze. Auch Fadenwürmer (Nematoden) nutzen den Fladen als Nahrungsquelle. Sie sind die individuenreichste Tierklasse im Kuhfladen und wachsen von einigen Hundert am ersten Tag auf mehrere Millionen am zwanzigsten Tag an. Auch werden frische Kuhfladen schnell von Gold- und Dungfliegen entdeckt und mit Eiern bestiftet. Dabei nutzen die Maden den Dung sowohl als Nahrungsgrundlage (Koprophagie) als auch die Abwärme, welche durch die mikrobiellen Abbauprozesse entsteht. Auch Dungkäfer graben nun Tunnel in den Fladen und legen ihre Eier ab. Diese Gänge sind wichtig für die Belüftung des Abbauprozesses und das Einfallstor für weitere Arten, auch wenn der Kuhfladen oberflächlich eintrocknet und verkrustet. Von unten dringen in der Folgezeit Regenwürmer in den Fladen ein und sorgen mit den Mistkäfern dafür, dass die Nährstoffe in den Boden eingearbeitet werden. Gerade die Fliegenmaden und deren Puppen sind die Nahrungsgrundlage zahlreicher Käferarten wie Kurzflügler und Laufkäfer. So hat man bis zu 800 Käfer pro Fladen nachweisen können. Selbst männliche Schmetterlinge nutzen die Kuhfladen als Ionenquelle. Durch die Vielzahl an Insekten ist der Tisch auch für Räuber wie bodenjagende Schafstelzen, Stare und Rabenvögel sowie Luftjäger wie Schwalben und Mauersegler reich gedeckt. Nachts fressen die Maulwürfe die Larven und Puppen der Insekten und die Fluginsekten werden von Fledermäusen gejagt. So entsteht ein dicht gewobenes Nahrungsnetz.

Materialien

- **Silikonhandschuhe**
- **Pinzette**
- **Löffel**
- **Thermometer**
- **Fanggläschen**
- **Stöckchen aus der Umgebung oder Schaschlik-Spieße**
- **Lupen**
- **Schüsseln oder Plastikbecher**
- **Schreibmaterial**

Am Ende des Abbauprozesses kommt es in der Umgebung des Kuhfladens zu einer Anreicherung von Nährstoffen. Es entstehen sogenannte Geilstellen, an denen das Gras besonders üppig wächst. Allerdings meidet das Weidevieh diese Stellen zunächst, um sich vor einer Infektion mit Darmparasiten zu schützen. Im Gegenzug werden die Nährstoffe an den abgeweideten Stellen entzogen und führen zu einer Aushagerung. Durch diese horizontale Verlagerung von Nährstoffen innerhalb der Weide entsteht ein kleinräumiges Mosaik aus nährstoffarmen und nährstoffreichen Standorten. Das fördert zusätzlich die Biodiversität. Dieser natürliche Nahrungskreislauf führt auf extensiven Weiden zu einer hohen Biodiversität. Allerdings wird die Entwicklung gerade von Fliegenlarven und Nematoden durch den Einsatz von Entwurmungsmitteln bei den Rindern negativ beeinflusst und damit auch das ganze Ökosystem Kuhfladen beeinträchtigt. Da heute die Rinder überwiegend ganzjährig im Stall oder im stallnahen betonierten Freilauf verbleiben, findet der oben beschriebene natürliche Abbauprozess nicht mehr statt. Die Hinterlassenschaften der Rinder werden in Güllegruben oder Biogasanlagen und anschließend die Mineralstoffe als Gülle zurück auf die Wiese verbracht. Die gesamte auf Dung beruhende Biozönose wird somit ihrer Grundlage beraubt. Nach Laurence (1954) hinterlässt ein ganzjährig im Freiland weidendes Rind (etwa 600 kg Lebendgewicht) in etwa 10 t Dung pro Jahr, der die Ernährungsgrundlage für etwa 100 kg lebende Insektenbiomasse darstellt, aus der sich dann wiederum etwa 10–50 kg Wirbeltierbiomasse pro Jahr entwickeln. Dies bedeutet, dass mit jedem ganzjährig im Stall gehaltenen Rind zum Beispiel 200 bis 1.000 Grasfröschen oder 125 bis 625 Staren in der Landschaft ihrer Nahrungsgrundlage entzogen wird.

Die reine Rückführung von Mineralstoffen als Gülle erfüllt zwar die Erfordernisse eines geschlossenen Stoffkreislaufes, wird aber die nun fehlende Biozönose nicht ersetzen. Die hohe Zahl von Fliegen, nicht nur auf den Kuhfladen selbst, sondern auf den Weiden und in der Umgebung von Weiden, ist eines der sichtbaren Merkmale dieser Biomasse und der dann ablaufenden Nahrungskreisläufe, wenn die Weidetiere überwiegend auch auf der Weide stehen.

Durch die heute überwiegende Stallhaltung mit der Güllewirtschaft fehlen die Kuhfladen in der Landschaft und sind auch ein Grund für das Insekten- und Artensterben.



Abbildung 3.4.7-1
Geilstellen auf einer intensiv abgefressenen Standweide bilden faunistisch wichtige Vertikalstrukturen im ansonsten monotonen Weidegrünland (Foto: Peter Sturm).



Abbildung 3.4.7-2
Abbaustadium eines Kuhfladens. Die Löcher weisen auf Bohrgänge von Regenwürmern hin, die dadurch das tiefe Eindringen weiterer Fladenbesiedler fördern (Foto: Thomas Steiner/CC-by-sa 3.0).

Ziele des Moduls

Die SuS analysieren Stoff- und Nahrungskreisläufe im Ökosystem Weidegrünland und beschreiben Wechselbeziehungen zwischen Organismen in einem «Mikro»-Ökosystem. Zudem erkennen sie, dass der Mensch durch die Weidetier- beziehungsweise Stallhaltung und die Ausscheidung der Rinder Einfluss auf die Artenzusammensetzung nimmt.

Durchführung

Natürlich muss man bei diesem Modul zuerst einmal damit rechnen, dass die SuS einen natürlichen Ekel und eine Abneigung vor den noch dampfenden Kuhfladen haben. Doch gerade das «Anrüchige» dieser Aktion führt zu einer höheren Motivation und wird die Aktion zu einem unvergesslichen Erlebnis werden lassen. Trotzdem muss man von Anfang an mit eventuell abfälligen Bemerkungen souverän umgehen. Mit etwas Geduld wird es aber gelingen, mit den SuS in die unbekannte und faszinierende Welt des Ökosystems Kuhfladens «einzutauchen». Die Klasse wird in Gruppen von 4 SuS aufgeteilt. Damit der Forschungscharakter unterstrichen und zusätzlich Angst abgebaut wird, erhält jeder SuS Silikonhandschuhe und jede Gruppe die notwendigen Materialien.

Nachdem die SuS die Arbeitsbögen ausgefüllt haben, wird im Plenum ein Fazit aus den Untersuchungen gezogen und erarbeitet, dass es sich bei dem Abbau eines Kuhfladens um eine Sukzession handelt. Dazu wird die letzte Zeile des Arbeitsblattes ausgefüllt.

Eine schöne Einführung bietet dieser Kurzfilm: www.youtube.com/watch?v=3MHsODBi_Os

3.4.7.1 **L_AG 6.1:** Häufige Insekten auf Kuhfladen



Abbildung 3.4.7.1-1
Gelbe Dungfliege (*Scatophaga stercoraria*)
Foto: Frank Steinmann/piclease



Abbildung 3.4.7.1-2
Rinderfliege (*Mesembrina meridiana*)
Foto: Mirko Dreßler/piclease



Abbildung 3.4.7.1-3
Goldfliege (*Lucilia caesar*)
Foto: Martin Kreuels/piclease



Abbildung 3.4.7.1-4
Schmeißfliege (Gattung *Calliphora*)
Foto: Peter Jochim/piclease



Abbildung 3.4.7.1-5
Dungkäfer (*Aphodius fimetarius*)
Foto: Tina Ellegaard Poulsen/Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aphodius_fimetarius_-_inat_44960459.jpg)



Abbildung 3.4.7.1-4
Mistkäfer (*Geotrupes stercorarius*)
Foto: Norbert Hirneisen/piclease

3.4.7.2 S_AG 6.2 Arbeitsblatt: Ökosystem Kuhfladen

Arbeitet ruhig und sorgfältig! Fertigt dazu auch möglichst aussagekräftige Fotos mit eurem Smartphone an.

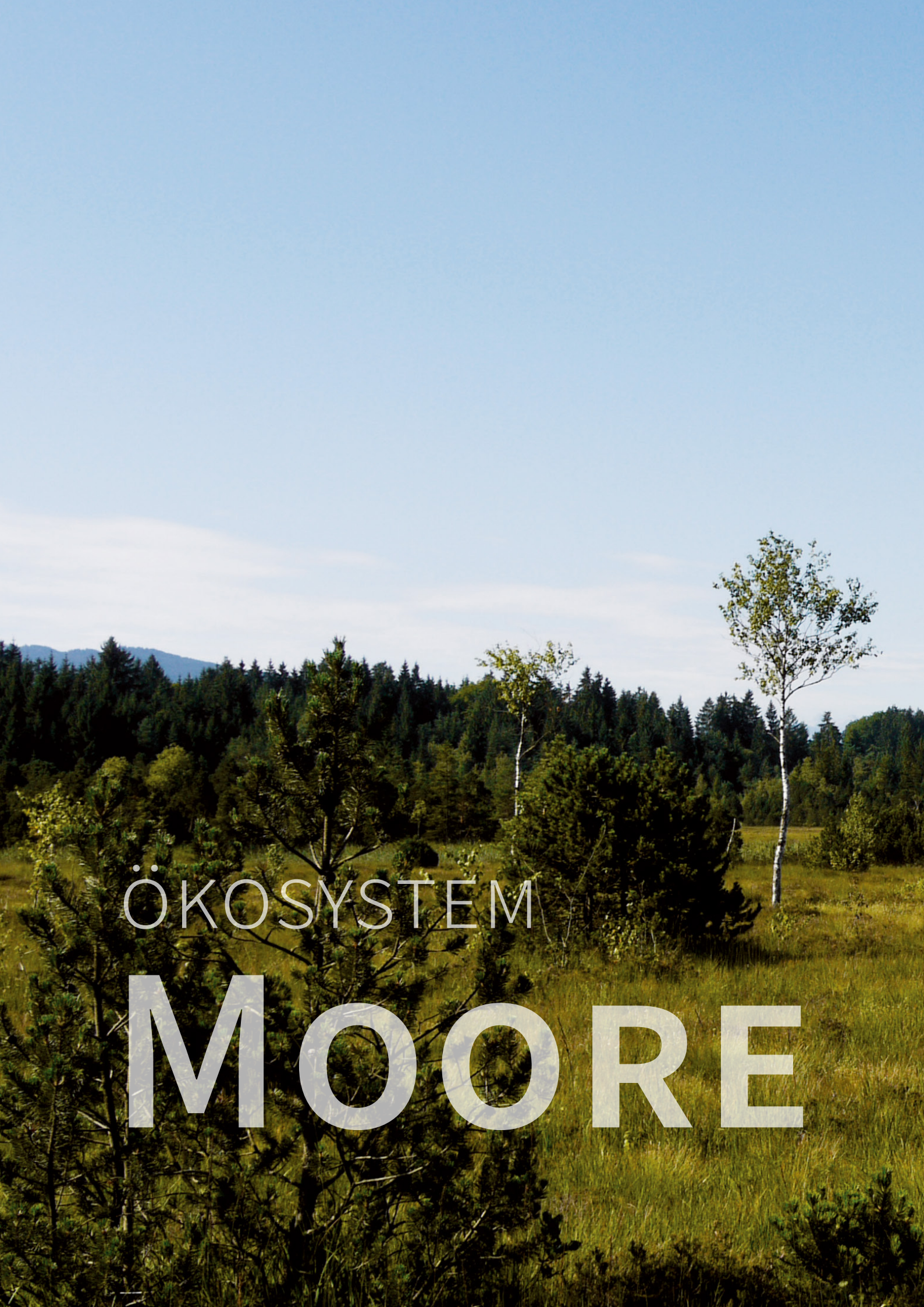
1. Wählt drei Kuhfladen verschiedenen Alters aus und beschreibt diese zuerst von außen, ohne ihn zu verändern. Markiert die Kuhfladen im Gelände mit Stöckchen.

2. Untersucht nun den Kuhfladen vorsichtig nach Pilzen und Insekten auf der Oberfläche und nach Insektenlarven im Inneren. Geht dabei schichtweise und geordnet vor und entnehmt Proben mit den Löffeln und gebt sie in die Schüsseln. Die entdeckten Insekten und deren Larven werden in Fanggläschen überführt und fotografiert. Versucht die gefundenen Tierarten mit Hilfe der Tafel AG 6.1 zu bestimmen.

	Kuhfladen 1	**Kuhfladen 2**	**Kuhfladen 3**
- Konsistenz - Geruch - Gänge - Oberfläche			
Temperatur in °C			
Pilze beziehungsweise Pilzfäden			
Beobachtete Tierarten			

3. Beschreibt die Struktur der Weide nach der Form ihres Bewuchses: Ist der Bewuchs heterogen? Wie könnte man dies im Zusammenhang mit den Kuhfladen erklären?

4. Erstellt eine Nahrungskette mit den Tierarten eines Kuhfladens als Pfeildiagramm. Nehmt hierfür die von euch beobachteten Tiere als Beispiele und recherchiert über weitere Tierarten, die von Kuhfladen leben.



ÖKOSYSTEM

MOORE



3.5 Moore

3.5.1 Einführung

3.5.1.1 Geschichte der Moore

Moore sind einzigartige Zeugen der Vegetationsgeschichte, die vor rund 12.000 Jahren mit dem Ende der letzten Eiszeit begann. Infolge der Klimaerwärmung schmolzen die Eismassen ab, gleichzeitig gab es mehr Niederschläge. Da die Bildung von Torf unter wassergesättigtem Milieu stattfindet, entwickelten sich Moore in den Landschaftsbereichen, wo Wasser im Überfluss vorhanden war – als Quellwasser, häufiger Regen, hoch anstehendes Grundwasser oder als Stau- oder regelmäßiges Hochwasser. Im wassergesättigten Milieu und dadurch unter sauerstofffreien Bedingungen konnte abgestorbenes Pflanzenmaterial nicht vollständig zersetzt und organische Substanz schneller angereichert als abgebaut werden. Jahr für Jahr wuchs die Torfschicht, sodass sich über die Jahrtausende meterdicke Torfkörper ausbilden konnten. Torf speichert Wasser wie ein Schwamm, wobei bis zu 95 % des Torfvolumens aus Wasser bestehen können.

Bereits in der Bronzezeit nutzte man getrockneten Torf als Brennstoff sowie als Einstreu in den Ställen. Luftgetrockneter Torf hat im Unterschied zu Holz und Kohle eine gut regulierbare und gleichbleibende Brenntemperatur – eine wichtige Voraussetzung für die Kupfer- und Zinnschmelze (Succow & Joosten 2001). Ab dem 18. Jahrhundert nahm der menschliche Einfluss auf die Moore durch die Nutzung als Weidefläche, Mähwiese oder Acker deutlich zu, zudem wurde die Torfnutzung als Energieträger infolge der Holzknappheit intensiviert. Diese Nutzungen waren nur aufgrund der Entwässerung der Moore möglich. Der abgebaute Torf wurde als Brennmaterial für die Salzgewinnung in den Salinen, zum Antrieb von Lokomotiven entlang der neu gebauten Bahnstrecken sowie als Brennmaterial in den Haushalten verwendet. Vom Ende des 19. bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts entwickelte sich daraus der großflächige Torfabbau. Den Höhepunkt erreichte die Geschichte der Moorzerstörung durch das Gesetz über die Torfwirtschaft von

Abbildung 24
Hochmoor mit Spirkenrandlack
(Foto: Dr. Andreas Zehm)



1920, das die Grundlage der Torfausbeute in Torfwerken bildete (Meier 2003). Bis nach dem 2. Weltkrieg gab es 120 Torfwerke in Bayern.

Auch während der Notzeiten nach den Weltkriegen war Torf ein begehrtes Brennmaterial. Voraussetzung für die Nutzung der Moore war die Regulierung des Wasserstandes, das heißt ihre Entwässerung. Dazu wurde selbst der Wasserspiegel angrenzender Seen abgesenkt. Zusätzlich wurden die meisten Moore durch ein dichtes Netz von Schlitzgräben systematisch trockengelegt. Erst danach konnten sie land- oder forstwirtschaftlich intensiver genutzt werden oder der systematische Torfabbau beginnen. Insgesamt sind 95 % der Moore in Bayern auf diese Weise entwässert und damit ganz oder weitgehend zerstört worden.

Erst im ausklingenden letzten Jahrhundert kam es zu einem Umdenken, und in der Folge begann die Renaturierung von Mooren. In Bayern endete die Ära des industriellen Torfabbaus erst im Jahr 2004. Heute ist der Erhalt bestehender Moore und die Wiedervernässung von trockengelegten Mooren ein zentraler Beitrag zur Minderung der Klima- und Biodiversitätskrise. Der Schutz der Moore ist auch zentrales Ziel des bayerischen Klimaschutzprogrammes 2050 (BayStMUV 2021) und des Biodiversitätsprogrammes Bayern 2030 (BayStMUV 2014).

3.5.1.2 Moore in Bayern heute

Moore in Bayern sind von Natur aus auf das Alpenvorland und die vom Alpenrand zur Donau verlaufenden Flusstäler sowie der Donauniederung selbst konzentriert. Das liegt an dem niederschlagsreichen und relativ kühlen Klima im Umfeld der Alpen sowie an dem tendenziell hoch anstehenden Grundwasser in den Flusstälern. Aber auch der Bayerische Wald ist eine bedeutende Moorlandschaft. Kleinere Moore liegen außerdem in der Rhön (Schwarzes Moor, Rotes Moor) und im Fichtelgebirge (zum Beispiel Hahnenfilz oder Torfmoorhölle).

Insgesamt nehmen organische Böden im Freistaat eine Fläche von etwa 22.000 Hektar ein, das sind in etwa 3 % der Landesfläche (vergleiche Winterholler 2020). Sie verteilen sich wie folgt auf verschiedene Moortypen:

- 23.600 ha Hochmoor (= Regenmoor)
- 97.300 ha Niedermoor

Abbildung 25
Historische Moorkarte Bayerns und ihre Verteilung in den naturräumlichen Haupteinheiten (Wagner & Wagner)

Quelle: BayLfU (2003): Leitfaden der Niedermoorrenaturierung in Bayern

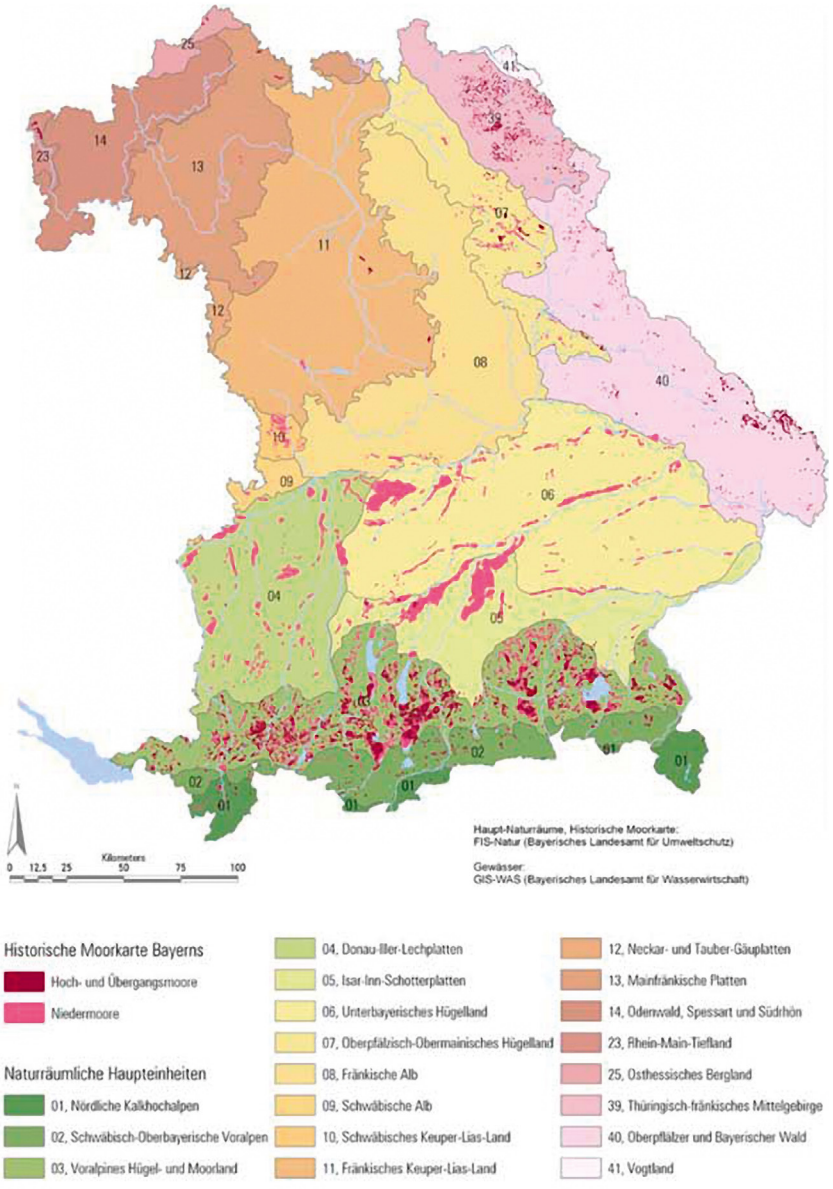




Abbildung 26
Das Schwarze Moor in der Rhön aus der Luft (Foto: Torsten Kirchner)

Die Vielfalt an unterschiedlichen hydrologischen und landschaftsökologischen Moortypen im Freistaat ist im bundesweiten Vergleich sehr hoch (Ringler 1999). Naturnahe Moore sind bayernweit jedoch extrem selten. Der überwiegende Teil der noch erhaltenen Moore ist durch Entwässerung, Torfabbau sowie land- und forstwirtschaftliche Nutzung stark degradiert und wird durch anhaltende Abbauprozesse (Mineralisation) weiter zersetzt. Der Torfkörper ist oft so stark verändert, dass er wichtige Funktionen eines «ökologisch intakten Moores» im Naturhaushalt wie Speicherung von Feststoffen, Retention von Überschusswasser und Lebensraumangebot für spezialisierte Tier- und Pflanzenarten und ihre Lebensgemeinschaften nur noch eingeschränkt oder gar nicht mehr erfüllen kann.

› www.wagner-ugau.de/data/moore/grundlagen/bestand/bayern.html

3.5.1.3 Ökologie der Moore

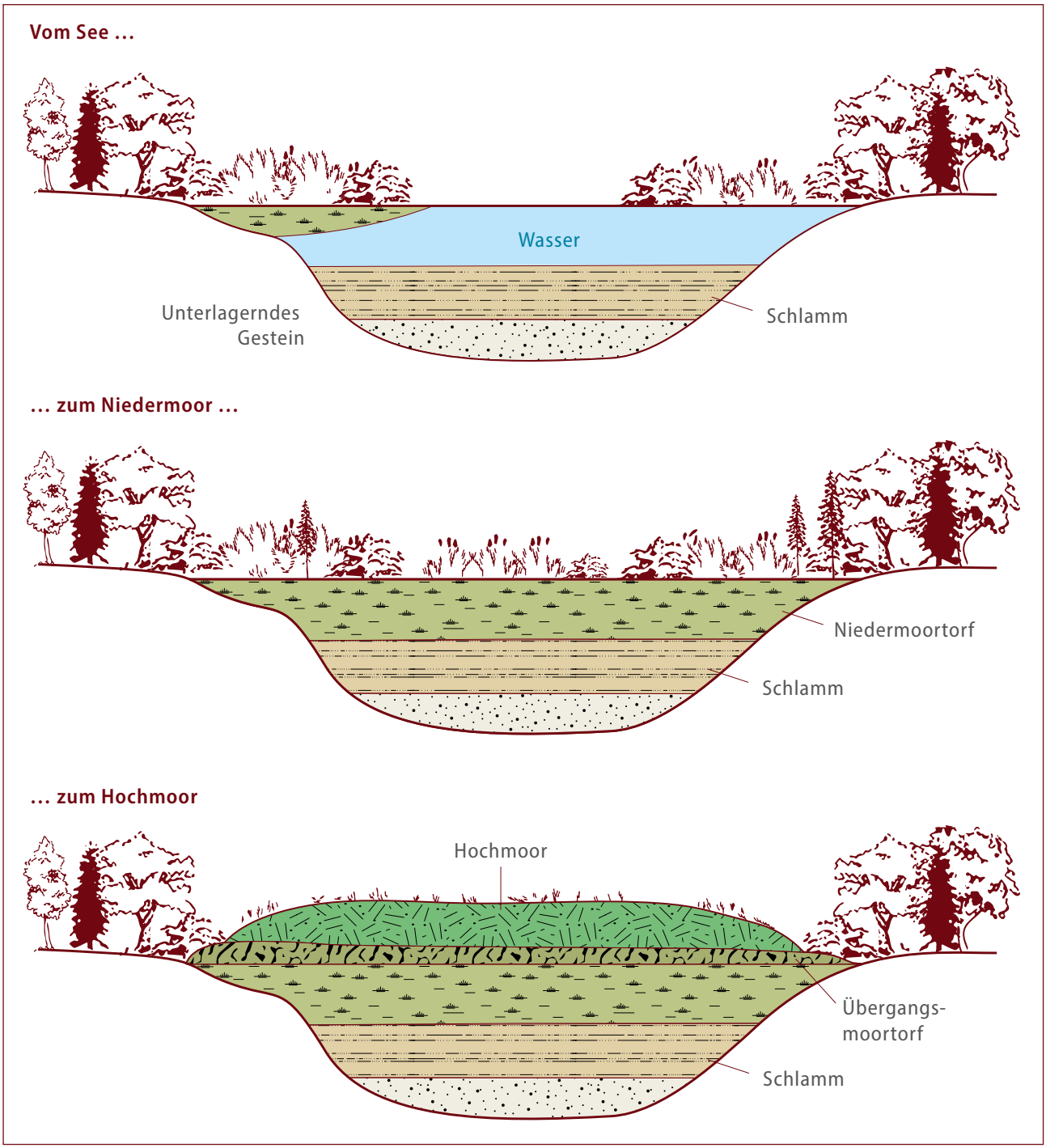
Moore sind Feuchtgebiete, in denen der Boden durch Niederschläge, Grundwasserzufluss, Oberflächen- oder Quellwasser permanent wassergesättigt ist. Abgestorbene Pflanzenreste können aufgrund von Sauerstoffmangel nicht oder nur unvollständig abgebaut werden, sodass Torf – also ein Boden mit hohem organischen Anteil – entsteht und mit der Zeit an Mächtigkeit zunimmt. Je nach Herkunft des Wassers im Moorkörper lässt sich eine Einteilung in Hoch-, Übergangs- und Niedermoor vornehmen (siehe Abbildung 32). Diese Moortypen unterscheiden sich durch ihre Wasser- und Mineralstoffverfügbarkeit, was im naturnahen Zustand zur Ausbildung einer jeweils für den Moortyp charakteristischen Vegetation führt.

Der Torfkörper von **Hochmooren** bezieht sein Wasser und seine Mineralstoffe ausschließlich aus der Atmosphäre, also durch Niederschlagswasser; dadurch sind Hochmoore sehr mineralstoff- und artenarm. Die dort vorkommenden Arten sind jedoch hoch spezialisiert und an die Mineralstoffarmut angepasst. **Niedermoore** sind dagegen meistens artenreicher und weisen eine bessere

Mineralstoffversorgung auf. Sie sind dadurch charakterisiert, dass Oberflächenwasser oder oberflächennah anstehendes, mineralstoffreiches Grundwasser verfügbar ist und die Pflanzen daher aus dem zuströmenden Wasser ihre Mineralstoffe entnehmen. Bei einer positiven Wasserjahresbilanz kann das Moor aus dem Grundwasserkörper herauswachsen und ein häufig kuppenförmig ausgebildetes Hochmoor bilden, in dem die Torfmoose (*Sphagnum* spp.) die Niederschläge wie ein Schwamm speichern. Von **Übergangsmooren** spricht man, wenn sowohl Regen- als auch Grundwasser das Moor beeinflussen.

Insgesamt wird ein Boden dann als «Moorboden» bezeichnet, wenn er eine mindestens 30 cm dicke Torfschicht und einen hohen Anteil an organischem Material (Humus > 30 %) aufweist. Der Begriff Anmoor stammt aus der Bodenkunde und bezeichnet

Abbildung 27
Schema der Moorentstehung



Böden, die einen Humusgehalt zwischen 15 % und 30 % aufweisen.

Im Altbairischen bezeichnet «Moos» meist ein Niedermoor und «Filz» ein Hochmoor.

Eine weitergehende Gliederung von verschiedenen Moortypen erfolgt aufgrund ihrer geomorphologisch-hydrologischen Lage und der Einbettung der Moore in die Landschaft (BayLfU 2005). Für die tiefergehende und umfassende Beschäftigung zur Typisierung, Entstehung und Funktionalität von Mooren sei auf Succow & Joosten (2001) hingewiesen.

Je nach Ausprägung entwickeln sich in Moor-Ökosystemen sehr unterschiedliche, meistens hoch spezialisierte Biozönosen. Die Moortypen kommen auch mosaikartig nebeneinander vor; dieses Mosaik aus kleinräumig unterschiedlichen Standortfaktoren ist es, das eine besonders hohe Biodiversität erzeugt. Charakteristisch für Hochmoore sind beispielsweise Mosaike von Bulten (Erhebungen) und Schlenken (Wasserrinnen), also von trockeneren und nassen Bereichen.

Das Hochmoor mit seinen extremen Standortbedingungen – die Mineralstoffarmut, insbesondere der Stickstoffmangel als Nährstoff für Pflanzen, die permanente Wassersättigung, der geringe pH-Wert sowie der Sauerstoffmangel im Oberboden – kann nur von stark spezialisierten Arten besiedelt werden. Eine besondere Rolle spielen dabei Torfmoose (*Sphagnum* spp.) als «Baustoffe» für die Entstehung von Mooren. Ihre herausragende Rolle im Ökosystem Moor verdanken die Torfmoose folgenden Eigenschaften:

- Ihrer Fähigkeit, durch Ionenaustausch lebenswichtige Mineralien aufzunehmen. Dabei geben sie Wasserstoffionen an die Umgebung ab und erhöhen damit aktiv den Säuregehalt ihres Lebensraumes, wodurch die Konkurrenten im Wuchs behindert werden.

- Ihrem praktisch unbegrenzten Wachstum. Während die Pflanze mit apikalen Meristemen oben fortwährend wächst, stirbt die Basis wegen Sauerstoffarmut ab. Aus dem sich unvollständig zersetzenden Gewebe entsteht Torf.

- Sie sind in der Lage, in ihren großen Speicherzellen (Hyalinzellen) mehr als das 30-Fache ihrer Trocken-

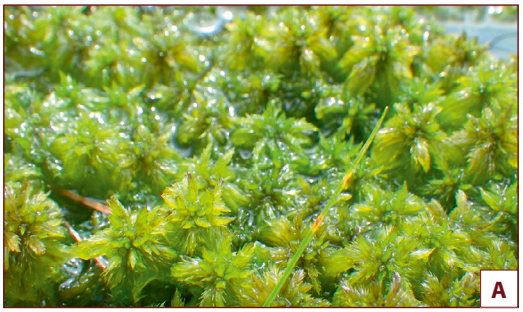


Abbildung 28
In Hochmooren bestehen Bulte (Erhebungen) und Schlenken (Wasserrinnen) nebeneinander (Foto: Dr. Andreas Zehm)

masse an Wasser zu speichern. Die Zellen der Pflanze verhalten sich wie Schwämme.

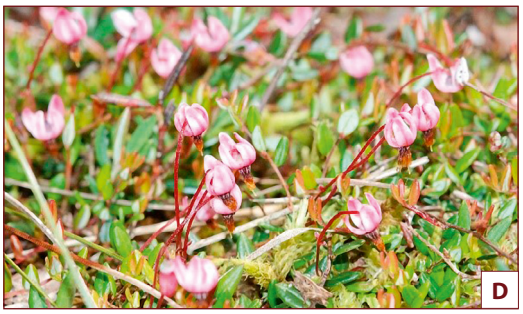
Neben den Torfmoosen gibt es noch andere torfbildende Pflanzen im Hochmoor, wie Wollgräser (*Eriophorum* spp.), Seggen (*Carex* spp.) und Rasenbinsen (*Trichophorum* spp.). Das Scheiden-Wollgras (*Eriophorum vaginatum*) trägt zum Beispiel mit seinen zerfasernden Blattscheiden wesentlich zur Bildung von Fasertorf bei.

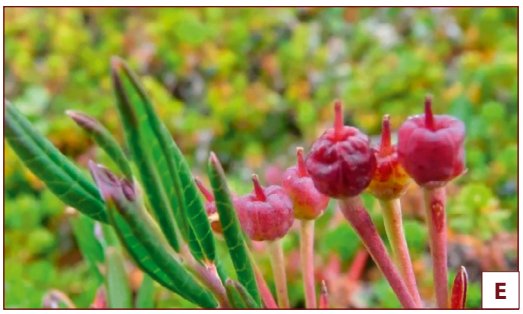
Andere Pflanzen der Hochmoore weisen spezielle Anpassungen an die Mineralstoffarmut und den sauren Torfboden auf, zum Beispiel fleischfressende Pflanzen wie der Rundblättrige Sonnentau (*Drosera rotundifolia*), die sich Mineralstoffe durch den Fang und die Verdauung von Insekten beschaffen. Weitere charakteristische Gefäßpflanzen sind die Moosbeere (*Vaccinium oxycoccos*), die Moor-Heidelbeere (oder Rauschbeere) (*Vaccinium uliginosum*) oder die Rosmarinheide (*Andromeda polifolia*). Diese Vertreter der Erikagewächse bilden mit Pilzen eine Mykorrhiza aus, die ihnen eine effiziente Aufnahme von Mineralstoffen (vor allem Phosphor) erlaubt (Kapfer & Poschlod 1997). Unter den Tierarten ist es nur wenigen Spezialisten möglich, unter den extremen Bedingungen zu existieren und sich fortzupflanzen. So können weder Fische, Krebse und Muscheln noch andere Tiere mit hohem Kaliumbedarf in Hochmooren leben. Die ausschließlich in Mooren oder Moor-Wäldern vorkommenden Arten sind heute meist stark gefährdet (Rote Liste Bayern 2) oder sogar vom Aussterben bedroht (Rote Liste Bayern 1), da der Großteil der Lebensräume in einem schlechten Zustand ist. Dazu gehören der Hochmoorgelbling (*Colias palaeno*, RL By 1), der Hochmoor-Laufkäfer (*Carabus menetriesi*, RL By 1), die Hochmoor-Mosaikjungfer (*Aeshna subarctica*, RL By 2), die Moorkäferzika-











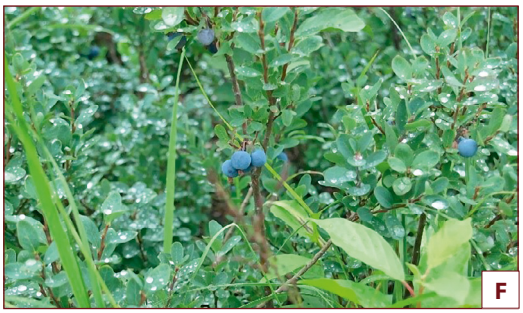


Abbildung 29
Typische Pflanzenarten im Hochmoor: Torfmoose sind die hauptsächlichen torfbildenden Pflanzen im Moor, aber auch Arten wie das Scheiden-Wollgras bilden Torf. Weitere typische Pflanzen im Hochmoor sind der Rundblättrige Sonnentau, die Moosbeere, die Rosmarinheide oder die Rauschbeere.

A **Torfmoos** (*Sphagnum* sp.)
B **Sonnentau** (*Drosera rotundifolia*)
C **Scheiden-Wollgras** (*Eriophorum vaginatum*)
D **Moosbeere** (*Vaccinium oxycoccus*)
E **Rosmarinheide** (*Andromeda poliflora*)
F **Rauschbeere** (*Vaccinium uliginosum*)

Fotos:
A = Dr. Katharina Stöckl-Bauer
B = Klaus Reitmeier/piclease
C = Sonja Klemich/piclease
D = Christof Martin/piclease
E = Sonja Klemich/piclease
F = Klaus Reitmeier/piclease







Abbildung 30
Arten wie die A) Moorkäferzikade (*Ommatidiotus dissimilis*), der B) Hochmoor-Laufkäfer (*Carabus menetriesi pacholei*) oder der C) Torfmoos-Laufwolf (*Pardosa sphagnicola*) leben ausschließlich in Hochmooren beziehungsweise in Hochmoor-Wäldern. Aufgrund des meist schlechten Zustandes ihrer Lebensräume sind diese Tiere in Bayern stark gefährdet beziehungsweise vom Aussterben bedroht.

Fotos:
A = Ekkehard Wachmann/piclease
B = Dr. Stefan Müller-Kroehling
C = Barbara Thaler-Knoflach

de (*Ommatidiotus dissimilis*, RL By 2) oder der Torfmoos-Laufwolf (*Pardosa sphagnicola*, RL By 1). Unter den Wirbeltieren kommen Kreuzotter (*Vipera berus*) oder Bergeidechse (*Lacerta vivipara*) vor, während Säugetiere in Hochmooren eine untergeordnete Rolle spielen.

Auf den ersten Blick ist es oft nicht zu erkennen, wenn man sich jedoch einer Pflanze nähern möchte, merkt man es an den Schuhen meist sehr schnell: Niedermoore sind sehr nasse Lebensräume, die vielfältige Biozönosen aufweisen können und eher wie blumenreiche Wiesen wirken (siehe Abbildung 36). Je nach Kleinklima, Feuchtigkeit, Mineralstoffverfügbarkeit und anderen abiotischen Faktoren bildet sich auf den Niedermoorböden eine jeweils charakteristische Vegetation aus. Meist wird sie von Kleinseggen, Großseggen oder von Röhrichten dominiert, kann aber auch von Baum- und Strauchbeständen (Moorbirken, Fichten, Erlen, Weiden) durchsetzt oder sogar als Bruchwald ausgebildet sein.

Auch die Nutzung dieser Wuchsorte spielt eine große Rolle für den Artenreichtum. So entstanden die für das voralpine Hügel- und Moorland typischen Streuwiesen durch die lange traditionelle Nutzung von Niedermoorwuchsorten. Sie lieferten Einstreu für das Vieh, dienten aber auch als Weiden. Da die Streuwiesen nicht gedüngt und erst im Spätsommer gemäht wurden, entwickelte sich ein sehr artenreicher Wiesentyp, der zahlreichen Pflanzen- und Tierarten einen Lebensraum bietet.

3.5.1.4 Ökosystemleistungen von Mooren

Funktionsfähige, naturnahe Moore erfüllen vielfältige Ökosystemleistungen. So haben sie eine besondere Bedeutung für die Artenvielfalt: seltene Tier- und Pflanzenarten, wie der Hochmoorgelbling (*Colias palaeno*) oder das Eiszeitrelikt Zwerg-Birke (*Betula nana*) kommen vorwiegend beziehungsweise ausschließlich in Mooren vor.

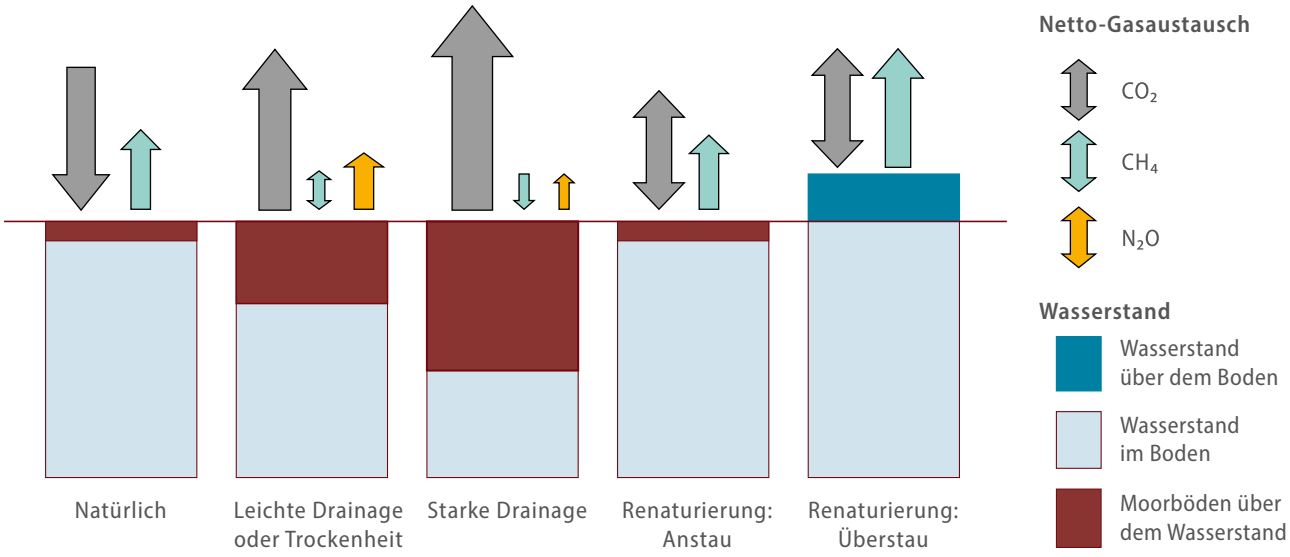
Eine herausragende Bedeutung kommt den Mooren beim **Klimaschutz** zu, da sie große Mengen an Kohlenstoff speichern und somit natürliche Kohlenstoffsenken sind. Weltweit gesehen speichern wachsende Moore schätzungsweise 150–200 Millionen Tonnen CO_2 (Joosten 2006). In den Moorgebieten Deutschlands ist Schätzungen zufolge genauso viel Kohlenstoff gespeichert wie in den Wäldern, nämlich etwa ein Drittel der Kohlenstoffvorräte, obwohl Moore mit nur 4 % einen deutlich geringeren Anteil der Landesfläche bedecken, als Wälder mit zirka 30 % (BfN 2021). Interessant ist hierbei, dass auch in intakten Mooren Torf unter Sauerstoffabschluss durch Bakterien abgebaut wird. Dabei entsteht klimawirksames Methan (CH_4), das aus dem Boden in die Atmosphäre entweicht. Trotzdem ist die Kohlenstoffbilanz natürlicher Moore über alle klimarelevanten Gase hin betrachtet insgesamt klimapositiv. Im Gegensatz dazu haben entwässerte Moore ihre Funktion als Kohlenstoffspeicher verloren und werden durch die Zersetzung organischen Materials zur Treibhausgasquelle.

Moore spielen außerdem eine wichtige Rolle im **Landschaftswasserhaushalt**. Sie können durch die Quellfähigkeit der Torfe und die Fähigkeit zum Aufschwimmen der Vegetation große Wassermengen speichern. Dadurch



Abbildung 31
Niedermoorstandorte sind oft sehr artenreich, wie diese als Streuwiese genutzte Fläche im Alpenvorland. Im Zeitraum von Mai bis Juni blüht hier die Sibirische Schwertlilie (*Iris sibirica*) (Foto: Dr. Andreas Zehm/piclease).

Abbildung 32
Netto-Gasaustausch in Moorböden in Abhängigkeit von ihrer Nutzung und ihrem Wasserstand (verändert nach Freibauer et al. 2009).



werden starke Niederschläge zunächst aufgenommen und das überschüssige Wasser langsam und über mehrere Tage verzögert abgegeben. Dadurch kommt den Mooren die Funktion der Dämpfung von Hochwasserspitzen zu. Im Gegensatz dazu fließt das Niederschlagswasser in dränierten Moorwiesen über die Gräben gleich ab (Zollner & Cronauer 2004).

Moore fungieren außerdem als **Wasserfilter und als Stoffsenke,** indem sie dem durchströmenden Grund- und Oberflächenwasser sowohl Mineral- als auch Schadstoffe entziehen und diese dauerhaft speichern. Neben Kohlenstoff werden auch Stickstoff- und Phosphorverbindungen sowie Spurenelemente wie Blei, Kupfer und Mangan im Torfkörper abgelagert, sodass sie nicht in Grund- oder Oberflächengewässer gelangen. Damit haben Moore auch Einfluss auf die **Wasserqualität beziehungsweise auf die Trinkwasserreinheit.** Manchmal werden Moore deswegen auch als «Nieren der Landschaft» bezeichnet, da sie nur gefiltertes, mineralstoffarmes Wasser abgeben. Bei einer Entwässerung werden Moore zur Mineralstoffquelle, da die gespeicherten Mineralstoffe mit dem Wasser ausgetragen werden.

Die vielfältigen Ökosystemleistungen der Moore gehen durch Drainage und Nutzung zum Torfabbau oder zur landwirtschaftlichen Produktion weitgehend verloren.

3.5.1.5 Moore im Klimawandel

Natürliche Moore sind Ökosysteme, die kontinuierlich und dauerhaft Kohlenstoff in beträchtlichen Mengen aufnehmen können. Global gesehen binden sie auf gerade einmal 3 % der Landfläche insgesamt bis zu 550 Milliarden Tonnen Kohlenstoff (Parish et al. 2008). Ihre Funktion als Kohlenstoffsenke geht jedoch mit der Entwässerung der Flächen verloren und die Moorböden emittieren anstatt dessen klimaschädliche Gase (siehe Abbildung 32): Durch die Entwässerung gelangt Luft in den Moorkörper und der Torf wird mineralisiert, wodurch neben großen Mengen des ehemals gespeicherten CO_2 zusätzlich Lachgas (N_2O) freigesetzt wird. Die klimaschädigende Wirkung von Lachgas ist dabei um ein Vielfaches höher als die des CO_2. Besonders hoch sind die Ausgasungen ackerbaulich genutzter, gepflügter und gedüngter Moorstandorte (Byrne et al. 2004).

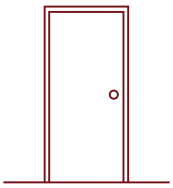
In Deutschland – und ebenso in Bayern – sind etwa 90 % der Moore für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung dräniert. Freibauer et al. (2009) berechneten, dass Moore aktuell zirka 2,5–5 % der CO_2-Äquivalente der jährlichen Gesamtemissionen Deutschlands produzieren. Entwässerte Moore sind damit die größte Einzelquelle für Treibhausgase außerhalb des Energiesektors (Drösler et al. 2013). Darüber hinaus verlieren drainierte Moorböden jährlich etwa 1 bis 4 cm Boden durch die Mineralisation des entwässerten Torfes, was längerfristig auch ihre zukünftige landwirtschaftliche Nutzung gefährdet (LfL 2021).

Auch in Bayern tragen entwässerte Moore mit fünf Prozent (zirka 5,1 Millionen Tonnen CO_2-Äquivalenten) zu den Treibhausgasemissionen Bayerns bei. Dieser Effekt soll durch den neuen «Masterplan Moore» (BayStMUV 2021) deutlich reduziert werden. Bayern strebt mit einer Vielzahl von Projekten an, bis 2050 die Treibhausgasemissionen pro Kopf und Jahr auf weniger als zwei Tonnen zu senken.

SEP OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL Aug

3.5.2 MO 1: Die Entstehung und Veränderung von Mooren – eine Zeitreise

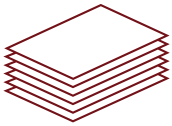
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

MATERIALIEN

- **L_MO 1.1 Kopiervorlage:** Zeitreise – Geschichte der Moore
- **L_MO 1.2:** Zeitreise-Bilder

Grundlegende Informationen

Unter dem Begriff Moore werden vielfältige Lebensräume zusammengefasst, die sich in ihrer Entstehung, ihrer Nutzung und ihrem ursprünglichen wie auch im heutigen Arteninventar stark unterscheiden (vergleiche «Moortypen» in der Einleitung). Da die abschließende Exkursion (siehe Modul MO 4) in ein Hochmoor führt, liegt auf diesem Moortyp der Schwerpunkt dieser Unterrichtssequenz. Die übrigen Module können jedoch auch dann durchgeführt werden, wenn durch Lage der Schule bedingt keine Exkursion in ein (ehemaliges) Hochmoor möglich ist.

In der Einstiegsstunde steht gleichermaßen die Faszination eines Moors wie das Verständnis um seine Entstehung und Veränderung durch den Menschen im Fokus. Ein Video liefert Bilder und Fakten und lässt die besonderen Emotionen, die Moore bei uns Menschen auslösen, spürbar werden. Anschließend begeben sich die SuS auf Zeitreise und vollziehen die Entwicklung dieses Lebensraumes und seine Beeinflussung durch den Menschen nach. Informationen aus dem Film werden so gefestigt und vertieft.

Im Sinne eines Advance Organizers (Vorstellung wesentlicher Inhalte zu Beginn einer Lerneinheit) erhalten die SuS in dieser ersten Stunde somit bereits eine Übersicht über zentrale Inhalte der Unterrichtssequenz, die in den folgenden Stunden mit unterschiedlichen Methoden wieder aufgegriffen und vertieft werden. Als Hefteintrag bekommen die SuS am Ende der Stunde die Musterlösung in Papierform oder sie wird online in den entsprechenden Kurs eingestellt.

Alternativen

- Das Einstiegsvideo kann als vorbereitende Hausaufgabe gestellt werden.
- Die Zeitreise kann auch im Freien, zum Beispiel als Station bei der Exkursion, eingesetzt werden.

Durchführung

Die SuS und die Lehrkraft stellen sich im Kreis auf, jede und jeder bekommt einen Textschnipsel. Sind mehr SuS in der Klasse als Textabschnitte, werden zusätzlich Bilder ausgeteilt.
Im Uhrzeigersinn werden nun alle Texte langsam und laut vorgelesen, die Schülerin beziehungsweise der Schüler links der Lehrkraft beginnt. Nun müssen sich alle SuS so im Kreis aufstellen, dass ihre Textabschnitte die zeitlich und fachlich korrekte Geschichte der heimischen Moore ergeben. Der Beginn (Eiszeit) ist wieder links der Lehrkraft, die Gegenwart rechts von ihr. Bei einer sehr ruhigen Klasse empfiehlt es sich, ein Zeitlimit (etwa 8 Minuten) zu geben oder einen kleinen Wettbewerb mit den Parallelklassen anzuzetteln, um die Aktivität der SuS etwas zu erhöhen.

3.5.2.1 L_MO 1.1 Kopiervorlage: Zeitreise – Geschichte der Moore

Die Geschichte der Moore in Deutschland begann vor zirka **12.000 Jahren** am Ende der letzten **Eiszeit.** Damals waren Teile von Nord- und Süddeutschland mit Eis bedeckt. Als es wärmer wurde, schmolz das Eis und es regnete viel.

Niedermoore sind sehr feuchte Ökosysteme, die Pflanzen haben **Kontakt zum Grundwasser,** das sie mit **Mineralstoffen** versorgt. In Niedermooren leben viele Tier- und **Pflanzenarten,** darunter auch Bäume und Sträucher.

Diese sind allesamt **Spezialisten,** wie beispielsweise der **fleischfressende Sonnentau** oder die **Moosbeere,** die sich an die besonderen Lebensbedingungen im Hochmoor angepasst haben. Nur am Rand des Hochmoores können Bäume wachsen, wie die **Moorbirke** oder die **Schwarzerle.**

Warum sind **Moorleichen** so gut erhalten? Der **Sauerstoffmangel** im Moor und die vorhandenen **Huminsäuren** sorgen dafür, dass Bakterien und andere Kleinstlebewesen, die sonst für Verwesung sorgen, nicht existieren können. Säuren gerben zusätzlich die Haut der Leichen und machen sie so stabil wie Leder.

Durch maschinelle **Entwässerung und den Einsatz von Kunstdünger und Kalk ab dem 19. Jahrhundert** konnte man die Erträge steigern – doch wiederum nur für begrenzte Zeit, denn auch durch dieses Verfahren laugten die Böden aus.

Moore sind für das Überleben vieler **seltener Tier- und Pflanzenarten** notwendig. Und auch für den **Klimaschutz** spielen sie eine bedeutende Rolle. Die Pflanzen im Moor nehmen Kohlenstoffdioxid aus der Luft auf. Sterben die Pflanzen ab, bleiben Kohlenstoffatome im Torf gespeichert.

Auf wasserundurchlässigen Böden entstanden unzählige **kleine Tümpel und große Seen,** an deren Ufern sich Pflanzen ansiedelten. Starben diese Pflanzen ab, sanken sie auf den Grund der Seen. Da unter Wasser die Pflanzen viel langsamer verrotten als an der Luft, sammelten sich immer mehr Pflanzenreste am Seegrund an. Die Seen wurden flacher und flacher.

Das Torfmoos musste von nun an mit Regenwasser auskommen. Ein solches Moor nennt man **Hochmoor.** Weil Regenwasser weniger Mineralstoffe enthält als Grundwasser und der Boden zudem nass und sauer ist, leben neben den Torfmoosen **wenige Tier- und Pflanzenarten.**

Jahrhundertelang fürchteten viele Menschen das Moor: verwunschene, bedrohliche Orte, an denen böse Geister hausen. Archäologen glauben, dass es auch **Kultstätten in Mooren** gab, in denen Menschenopfer dargebracht wurden.

Auch Haare und Kleidung werden so konserviert. In manchen Fällen konnte man sogar den Mageninhalt noch untersuchen. Moorleichen erzählen uns also, wovon sich Menschen vor mehr als 2.000 Jahren ernährten, wie sie sich kleideten, welche Frisuren sie trugen, welche Gebrauchsgegenstände, Waffen und Luxusartikel sie besaßen.

Heute werden etwa **90 % der Moorflächen genutzt:** 50 % als Wiesen und Weiden, 25–30 % als Äcker, 13 % als Forste. Alle diese Nutzungen von Mooren gehen mit einer Entwässerung einher, die in der Folge zu Torfzersetzung, Torfschwund und somit zur **Zerstörung der Moore** führt. Bei der Torfzersetzung werden große Mengen klimaschädlicher Gase, wie Kohlenstoffdioxid, frei.

Die noch erhaltenen Moore speichern **doppelt so viel Kohlenstoff** wie alle Wälder der Erde zusammen. Und das, obwohl Moore einen deutlich kleineren Teil der Erde bedecken als Wälder. Moore spielen also eine immens wichtige Rolle im Klimaschutz.

Dadurch konnten sich die Pflanzen wie Schilf vom Ufer weiter ausbreiten und die **Seen verlandeten.** Die abgestorbenen, halb zersetzten Pflanzenreste bildeten über die Jahre eine immer dicker werdende Schicht, den sogenannten **Torf.** Langsam siedelten sich Pflanzen an, die auf dem sehr feuchten Boden wachsen konnten. Tiere folgten nach. Aus dem ehemaligen See war ein **Niedermoor** entstanden.

In manchen Niedermooren, in denen es besonders viel regnete, siedelten sich **Torfmoose** an. Torfmoose wachsen an ihrer Spitze immer weiter, während die unteren Teile absterben. So wächst die Torfschicht durchschnittlich 1 mm pro Jahr und das **Moor wölbt sich nach oben.** Irgendwann war die Torfschicht so dick, dass die Pflanzen an der Oberfläche mit den Wurzeln das Grundwasser nicht mehr erreichten.

So fand man 1950 in einem dänischen Moor den über 2000 Jahre alten Tollundmann. Er starb durch Erdrosseln. Bis heute trägt er die Schlinge um seinen Hals. Forscher vermuten, dass er dem Gott Thor geopfert wurde.

Bis ins 17. Jahrhundert blieben die Moore weitgehend unberührt. Erst danach begann der Mensch verstärkt Torf abzubauen und als **Brennstoff** zu nutzen. Außerdem wurden Gräben angelegt, damit das Wasser abfließen kann. Die neu gewonnenen Flächen versuchte man **landwirtschaftlich zu nutzen.** Die Bauern konnten jedoch nur wenig ernten, da die Böden immer noch feucht und mineralstoffarm waren.

Auch von den Mooren, die sich in Schutzgebieten befinden, sind große Teile geschädigt. **Intakte Hochmoore, in denen die Torfmoose und damit die Torfschichten noch wachsen, sind in Deutschland auf 1 %** (140 km^2) ihrer ehemaligen Ausdehnung zurückgedrängt worden. Alle Moorlebensraumtypen stehen deshalb unter besonderem Schutz.

3.5.2.2 L_MO 1.2: Zeitreise-Bilder

Bilder zur Moorentstehung



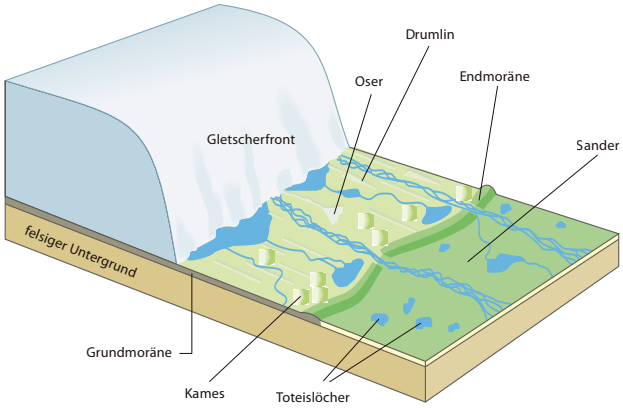
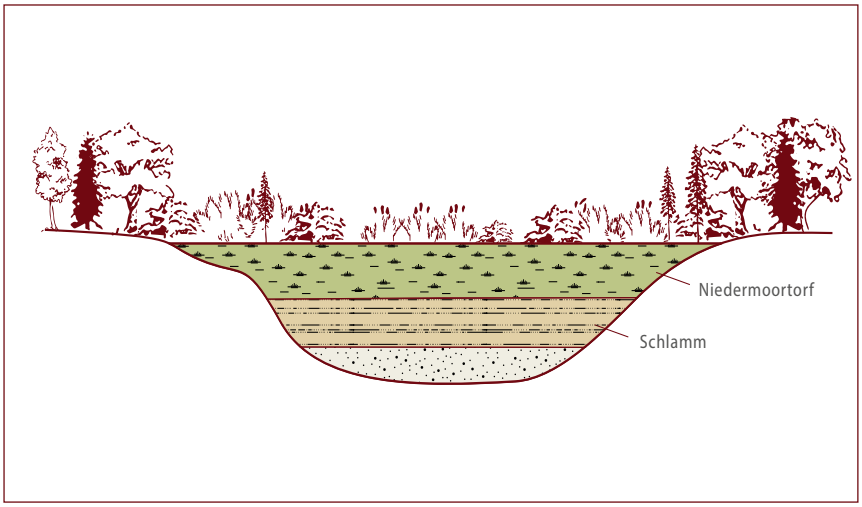
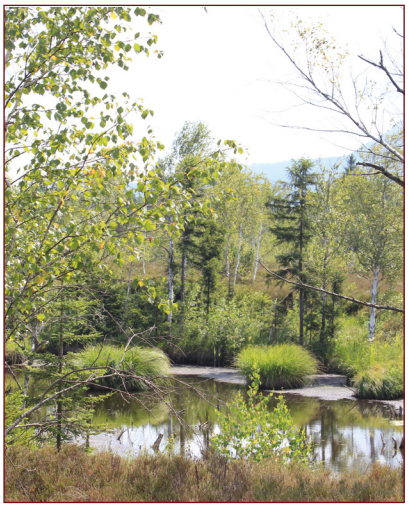
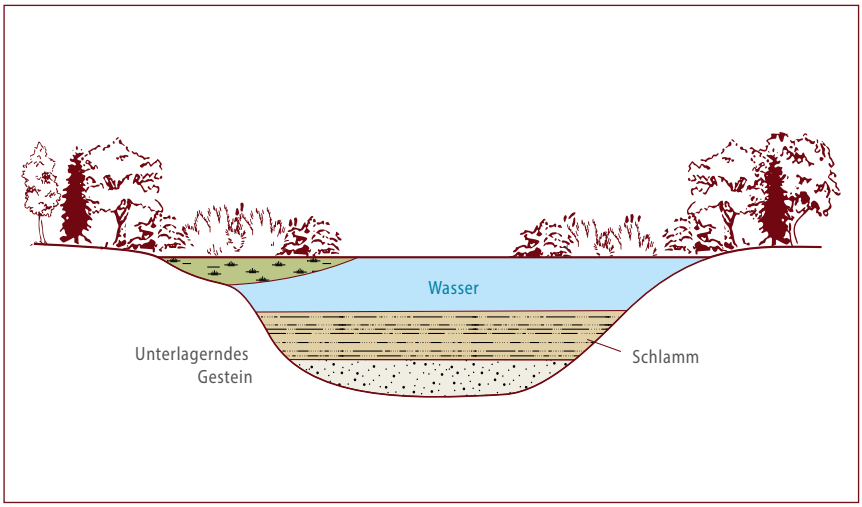


Foto: Hans Hillewaert/CC-BY-SA 4.0
Wikimedia Commons





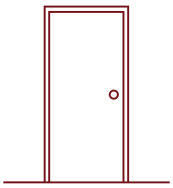




SEP OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL Aug

3.5.3 MO 2: Mosaik im Wandel

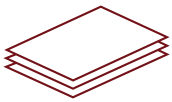
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

Grundlegende Informationen

Ein Moor ist kein einheitlicher Moosteppich, sondern ein Mosaik aus zahlreichen Kleinlebensräumen, wie Randwald, Bulte, Schlenken und Kolke. Bedingt durch unterschiedliche abiotische Faktoren (zum Beispiel Feuchtigkeit) finden dort unterschiedlichste Arten einen geeigneten Lebensraum. Durch menschliche Eingriffe (zum Beispiel Trockenlegung) breiten sich manche Arten aus (beispielsweise typische «Bultpflanzen» wie die Besenheide [*Calluna vulgaris*]), andere verschwinden (zum Beispiel typische Hochmoorpflanzen wie der Rundblättrige Sonnentau [*Drosera rotundifolia*]).

Durchführung

Ausgehend von einem Foto (Folie 1 der Präsentation) wird den SuS die Vielgestaltigkeit eines Moores verdeutlicht. Anschließend werden Moorpflanzen vorgestellt und die Bodenfeuchte ihrer jeweiligen Standorte genannt.

Auf dem Arbeitsblatt sollen die SuS nun die Verbreitung der Pflanzen (typische Hochmoorbewohner, Zwergsträucher, Bäume) in einem naturbelassenen beziehungsweise einem entwässerten Hochmoor einzeichnen. Dazu müssen sie (gegebenenfalls unter Mithilfe der Lehrkraft) erkennen, dass es auf den Buckeln («Bulten») und am Rand des Moores trockener, in/an den Senken («Schlenken») und auf der Hochfläche feuchter ist. Bei Trockenlegung breiten sich Bäume und Zwergsträucher aus, typische Hochmoorpflanzen verlieren ihre Lebensräume. Während der Bearbeitung des Arbeitsblattes kann die Präsentation automatisch weiterlaufen, so können die SuS bei Unsicherheit bezüglich des Standortes einzelner Arten ihre Lösung überprüfen.

Die Lehrkraft sollte bei der Besprechung darauf hinweisen, dass die «Gewinner» zumeist häufige, weitverbreitete Arten, wie etwa die Fichte, sind. Die «Verlierer» hingegen sind Spezialisten, die nicht ausweichen können und deshalb hochgradig gefährdet sind (etwa die Sonnentau-Arten). Betont werden sollte ebenfalls, dass mit bestimmten Pflanzen auch Tiere, die zum Beispiel auf besondere Futterpflanzen angewiesen sind, verschwinden. Als Beispiele werden in der Präsentation zwei Tagfalterarten genannt. Selbstverständlich beschränkt sich die wechselseitige Abhängigkeit nicht auf Falter oder auf Tiere insgesamt, sondern umfasst auch Bakterien, Pilze und Pflanzenarten.

Anlagen

- Präsentation «Steckbriefe Moorbewohner»
  › https://moodle-files.alp.dillingen.de/oekologie/08/mo2-001.pptx

MATERIALIEN

- **S_MO 2.1 Arbeitsblatt:** Mosaik im Wandel
- **L_MO 2.1 Lösung zum Arbeitsblatt:** Mosaik im Wandel
- **Präsentation**
  › **https://moodle-files.alp.dillingen.de/oekologie/08/mo2-001.pptx**

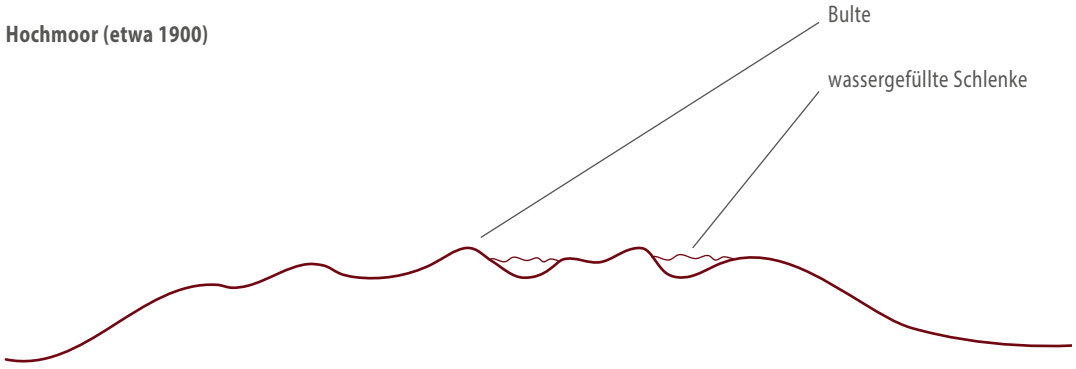
3.5.3.1 S_MO 2.1 Arbeitsblatt: Mosaik im Wandel

Das Ökosystem Hochmoor ist kein einheitlicher Moosteppich, sondern ein Mosaik: Unterschiede der Bodeneigenschaften (zum Beispiel Feuchtigkeit) lassen Kleinlebensräume entstehen, in denen unterschiedliche Pflanzen und Tiere existieren können. Menschliche Eingriffe verändern dieses Mosaik.

Aufgaben

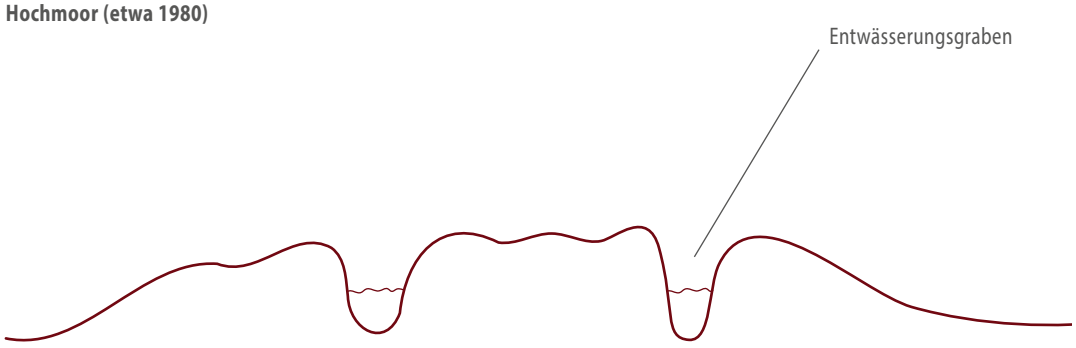
1. Zeichne in den Querschnitt eines vom Menschen unbeeinflussten Hochmoores mögliche Standorte für folgende Pflanzen ein. Verwende folgende Farben:
   BLAU: Typische Hochmoorbewohner, zum Beispiel Torfmoos, Sonnentau, Moosbeere
   GRÜN: Zwergsträucher wie Rauschbeere, Besenheide
   ROT: Bäume wie Moorbirke, Fichte

Hochmoor (etwa 1900)



2. Das Moor wurde durch mehrere Gräben entwässert. Zeichne mit den genannten Farben ein, wie sich die Verteilung von Hochmoorbewohnern, Zwergsträuchern und Bäumen etwa 30 Jahre nach Beginn der Entwässerung verändert hat.

Hochmoor (etwa 1980)



3. Fasse zusammen, wie sich durch den Eingriff in das Biotop (Entwässerung) die Biozönose (Pflanzen und Tiere) verändert. Nenne mögliche Folgen.

3.5.3.2 L_MO 2.1 Lösung zum Arbeitsblatt: Mosaik im Wandel

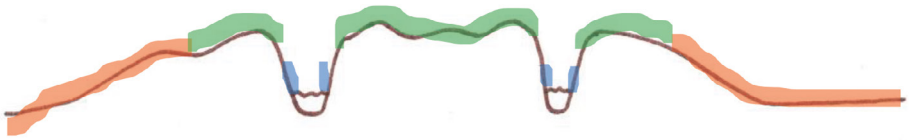
Das Ökosystem Hochmoor ist kein einheitlicher Moosteppich, sondern ein Mosaik: Unterschiede der Bodeneigenschaften (zum Beispiel Feuchtigkeit) lassen Kleinlebensräume entstehen, in denen unterschiedliche Pflanzen und Tiere existieren können. Menschliche Eingriffe verändern dieses Mosaik.

Aufgaben

1. Zeichne in den Querschnitt eines vom Menschen unbeeinflussten Hochmoores mögliche Standorte für folgende Pflanzen ein. Verwende folgende Farben:
   BLAU: Typische Hochmoorbewohner, zum Beispiel Torfmoos, Sonnentau, Moosbeere
   GRÜN: Zwergsträucher wie Rauschbeere, Besenheide
   ROT: Bäume wie Moorbirke, Fichte



2. Das Moor wurde durch mehrere Gräben entwässert. Zeichne mit den genannten Farben ein, wie sich die Verteilung von Hochmoorbewohnern, Zwergsträuchern und Bäumen etwa 30 Jahre nach Beginn der Entwässerung verändert hat.



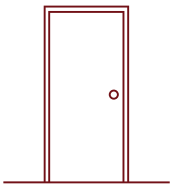
3. Fasse zusammen, wie sich durch den Eingriff in das Biotop (Entwässerung) die Biozönose (Pflanzen und Tiere) verändert. Nenne mögliche Folgen.

Typische Pflanzen des Hochmoores sind an den besonders feuchten Lebensraum angepasst. Infolge der Entwässerung werden sie nach und nach durch Zwergsträucher verdrängt. Später wachsen vermehrt Birken und Fichten. Mit den Pflanzen verlieren auch diejenigen Tierarten ihren Lebensraum, die von den Pflanzen des Hochmoores leben. Da die Mehrzahl der ursprünglich in Deutschland vorhandenen Hochmoore in den letzten zwei Jahrhunderten entwässert wurden, ist das Überleben dieser Tier- und Pflanzenarten hochgradig gefährdet.

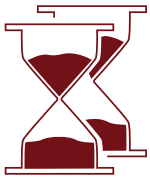
SEP OKT NOV DEZ JAN FEB MÄR APR MAI JUN JUL Aug

3.5.4 MO 3: Zukunft des Dirnhofer Filzes – ein Planspiel

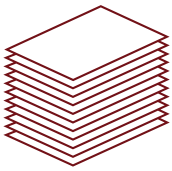
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

Grundlegende Informationen

Im Planspiel «Zukunft des Dirnhofer Filzes» beteiligen sich die Lernenden als Spieler aktiv an der Simulation eines fiktiven Geschehens. Im konkreten Fall wird in einer Bürgerversammlung der fiktiven Gemeinde Dirnhofen über die Zukunft des ehemaligen Hochmoores im Gemeindegebiet – das sogenannte Dirnhofer Filz – diskutiert und abgestimmt. Die SuS verlassen die sonst übliche Metaperspektive und nehmen eine neue Identität innerhalb des Spieles an. Damit verändern sich Wahrnehmung und Dynamik der fachlichen Auseinandersetzung mit einem Thema, wodurch sich die Lerneinheit deutlich von anderen Lernszenarien unterscheidet und möglicherweise länger im Gedächtnis bleibt.

Planspiele sind in der Regel sehr komplex und erfordern viel Vorbereitungs- und Unterrichtszeit. In diesem Fall wurden die Rollenvorgaben und die Aufträge so gewählt, dass die Durchführung in 3–4 Unterrichtsstunden im regulären Unterricht möglich wird. Dies macht das Modul praktikabel und ist durchaus legitim, da Planspiele nie die ganze Wirklichkeit abbilden, sondern stets die Simulation eines Ausschnitts der Realität darstellen.

Durchführung

Rollen

LEHRKRAFT:

- Spielleitung, Vertretung des Landratsamtes

SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER:

- **Franziska/Franz Maier,** Bürgermeister:in (= Versammlungsleitung)
- **Raffaela/Raffael Meyer,** Geschäftsführung der Torf-Tec GmbH
- **Dr. Susanne/Dr. Sven Osterhof,** angestellt bei der «Torfkuren-Stiftung»
- **Friederike/Fritz Freiberger,** Initiative «Bürgerwald Dirnhofen»
- **Martina/Martin Lochner,** Biologielehrkraft
- **Michaela/Michael Rottenhuber,** Wählervereinigung «Die jungen Dirnhofener»
- **Marie/Max Oberweger,** «Lebendiges Dirnhofen», Verein zum Erhalt der Biodiversität
- **Hermine/Hubert Groß,** Maurermeister:in
- **Vroni/Valentin Osterholzer,** Privatwaldbesitzer:in
- **Dr. Katharina/Karl Schneider,** Ärztin/Arzt in einer benachbarten Reha-Klinik
- **Lena/Luis Ziegler,** Schüler/in und «Fridays-for-future»-Unterstützer:in
- **Wally/Werner Schneider,** Redaktionsmitglied des Gemeindeanzeigers

MATERIALIEN

- **Namenskärtchen** (Hausaufgabe)
- **L_MO 3.1:** Regieplan
- **L_MO 3.2:** Vorschläge zur Zukunft des Dirnhofer Filzes und schriftliche Statements
- **S_MO 3.3:** Vorbereitende Hausaufgabe
- **S_MO 3.4 Arbeitsblatt:** Reflexion des Planspiels und rechtliche Situation
- **Präsentation**
  › **https://moodle-files.alp.dillingen.de/oekologie/08/mo3-001.pptx**

Das Planspiel gliedert sich in drei Phasen mit jeweils charakteristischen Aufgaben und Tätigkeiten:

PHASE	Aktivitäten
VORBEREITUNG Hausaufgabe + 20 Minuten	1. Die SuS werden auf die Spielsituation vorbereitet: Als Einheimische der Gemeinde Dirnhofen diskutieren sie über die Zukunft des Dirnhofer Filzes und stimmen darüber ab.
	2. Die vorgegebenen Rollen werden verteilt: Auflistung der vorgegebenen Rollen siehe unten; alle übrigen SuS sind Bürgerinnen und Bürger von Dirnhofen.
	3. Den SuS wird eine Woche Zeit zur Einarbeitung in die gewählte Rolle gegeben (Hausaufgabe, siehe L_MO 3.2).
	4. Der äußere Rahmen (Raum) wird vorbereitet (idealerweise nicht das Klassenzimmer, sondern als «besonderer Versammlungsraum» mit kreisförmiger Sitzordnung).
SPIELPHASE/ DURCHFÜHRUNG 2 × 45 Minuten	1. Die Spielleitung übergibt an die Versammlungsleitung (Bürgermeisterin/Bürgermeister), diese eröffnet die Sitzung (Präsentation).
	2. Die Spielleitung kann die Sitzung jederzeit unterbrechen, zum Beispiel um Regeln in Erinnerung zu rufen, neue Regeln aufzustellen, Zeit für die Recherche kontrovers diskutierter Sachfragen zu schaffen.
	3. Zum Stundenende ruft die Versammlungsleitung zur Pause auf. Die Fortsetzung erfolgt in der nächsten Biologiestunde.
	4. Strittige Sachfragen können als Rechercheauftrag (Hausaufgabe) bis zur Fortsetzung der Versammlung geklärt werden. Ein Regieplan für die Lehrkraft und die Versammlungsleitung befindet sich unter L_MO 3.1.
AUSWERTUNG Hausaufgabe + 20 Minuten	1. Die Spielleitung reflektiert mit den SuS den Spielverlauf und das Ergebnis (siehe S_MO 3.3).
	2. Als Besonderheit in diesem Planspiel wird die rechtliche Situation erst nach der Spielphase bekanntgegeben. So kann die Entscheidung in der Bürgerversammlung vor dem Hintergrund des Bundesnaturschutzgesetzes reflektiert werden (Anlage S_MO 3.4).
	3. Die Redaktionsleitung des Gemeinde-Anzeigers schreibt einen Artikel für den Jahresbericht.

Präsentation «Zukunft des Dirnhofer Filzes» https://moodle-files.alp.dillingen.de/oekologie/08/mo3-001.pptx

DIRNHOFEN
DIE Gemeinde im Filz

Gemeinde Dirnhofen
Filzgasse 1 • 00815 Dirnhofen

An alle
Interessierten
der Gemeinde Dirnhofen

Gemeinde Dirnhofen
Filzgasse 4
00815 Dirnhofen

T +49 X12X Y34Z56-0
F +49 X12X Y34Z56-1

Gemeinde[·]dirnhofen×de
www×dirnhofen×de

Ust-IdNr: DE11X22X33X44
Spaßkasse Dirnhofen
XZY01 2345 0000 0000 1234 56

Einladung zur Bürgerversammlung

Dirnhofen, im Jahr 20××

TAGESORDNUNG

1. Begrüßung
   + Feststellung Beschlussfähigkeit
2. Vorstellung der Vorschläge zur Zukunft der Dirnhofer Filzen
3. Vorabstimmung: Welcher Vorschlag soll umgesetzt werden?
4. Diskussion über die einzelnen Vorschläge
5. Weitere Wortmeldungen
6. Abstimmung: Welcher Vorschlag soll umgesetzt werden?

Zu 1.: Begrüßung durch die Bürgermeisterin/den Bürgermeister
Die Bürgermeisterin/der Bürgermeister begrüßt die Anwesenden, dankt für das zahlreiche Erscheinen und weist auf die große Bedeutung der Frage hin: Wie geht es weiter mit dem Dirnhofer Filz?

Zu 2.: Vorschläge zur Zukunft des Dirnhofer Filzes
Die Versammlungsleitung bittet die verschiedenen Interessenvertreter, ihr Vorschläge vorzutragen.

- Regional und biologisch: Torfabbau zur Gewinnung von Brennstoff
- Dirnhofen soll Bad Dirnhofen werden: Torfgewinnung für ein künftiges Heilbad
- Bäume pflanzen gegen den Klimawandel: Aus dem Moor wird ein Bürgerwald
- Neuer Lebensraum für Menschen: Neubaugebiet im Moor
- Für Klima und Biodiversität: Renaturierung der Dirnhofer Filzen (ausformulierte Vorschläge unter L_MO 3.2)

Zu 3.: Vorabstimmung
Die Versammlungsleitung bittet um ein spontanes Meinungsbild: Abstimmung per Handzeichen; alle Anwesenden haben eine Stimme. Die Stimmverteilung wird in der Präsentation festgehalten.

Zu 4.: Diskussion über die einzelnen Vorschläge
Die Versammlungsleitung bittet die Mitbürger, nacheinander zu den einzelnen Vorschlägen Pro- und Kontra-Argumente vorzutragen. Die Versammlungsleitung achtet zudem darauf, dass die Argumente sachlich vorgetragen werden und eine respektvolle Diskussionskultur eingehalten wird.

Zu 5.: Weitere Wortmeldungen
Die Versammlungsleitung bittet nun die Mitbürger Lochner, Groß, Osterholzer, Schneider, Ziegler, ihre schon vorab schriftlich abgegebenen Statements mündlich vorzutragen (Schriftliche Statements siehe L_MO 3.2).

Zu 6.: Abstimmung
Nach dem intensiven Meinungsaustausch wird erneut abgestimmt und die Stimmverteilung in der Präsentation festgehalten. Das Ergebnis wird dem Gemeinderat übergeben, dieser hatte vorab versprochen, das Votum der Versammlung bei der Entscheidung zu berücksichtigen.

Die Versammlungsleitung bedankt sich bei den Mitbürgerinnen und Mitbürgern für die Anwesenheit sowie die rege Diskussion und beendet die Sitzung.

3.5.4.2 L_MO 3.2: Vorschläge zur Zukunft des Dirnhofer Filzes und schriftliche Statements

1. Torfabbau zur Gewinnung eines regionalen Brennstoffs
RAFFAELA MEYER
Geschäftsführerin der Torf-Tec GmbH

Torf ist neben Holz ein zweiter regionaler Brennstoff, der in Oberbayern eine lange Tradition hat. Die vorhandenen Torfstiche können mit geringfügigen Erschließungskosten wieder aktiviert werden. Die dafür nötigen Werkzeuge liegen oft noch im Schuppen bereit. Torf könnte Öl oder Gas ersetzen und Dirnhofen ein Stück unabhängiger von ausländischen Energieträgern machen. Außerdem würden die Gewinne bei den regionalen Torfproduzenten verbleiben und nicht in die erdöl- und erdgasexportierenden Länder abfließen.

Im Verbund mit anderen Gemeinden kann ein Torfkraftwerk errichtet werden, sodass auch elektrischer Strom aus Torf hergestellt werden kann. Die notwendige Technik ist ausgereift und kommt beispielsweise in Finnland oder Ruanda zum Einsatz.

2. Dirnhofen soll BAD Dirnhofen werden: Torfgewinnung für ein künftiges Heilbad
DR. SVEN OSTERHOF
Mitarbeiter der «Torfkuren-Stiftung»

Der Tourismus ist in Dirnhofen ein wichtiger Wirtschaftsfaktor: Viele Hotels, Restaurants und Geschäfte sind direkt oder indirekt davon abhängig. Durch die Etablierung eines Heilbades mit balneologischem Schwerpunkt (Fangoanwendungen und so weiter) würden die Gäste länger im Ort bleiben, mehr Geld bei den örtlichen Beherbergungsbetrieben und der regionalen Gastronomie lassen. Die Gäste eines Heilbades gehören zumeist der Generation 50⁺ an, die finanzkräftig ist und zu der bereits bisher ein Großteil der Gäste in Dirnhofen zählt. «Wellness und Gesundheit» sind die Zukunftstrends im heimischen Tourismus, die Errichtung eines Heilbades wäre somit ein wichtiger Schritt für eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung des Dorfes.

3. Bäume pflanzen gegen den Klimawandel: Aus dem Moor wird ein Bürgerwald
FRIEDERIKE FREIBERGER
Initiative «Bürgerwald Dirnhofen»

Bäume nehmen Kohlenstoffdioxid aus der Luft auf und liefern Holz. Ein wachsender Wald senkt also den Gehalt von Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre und ist somit ein Beitrag zum Klimaschutz. Auf der freien Fläche des Moores wäre Platz für die Pflanzung von heimischen Erlen, Eschen und anderen standortgemäßen Gehölzen. Der Bürgerwald ist ein Statement für den Klimaschutz in der Gemeinde, das sich in der Presse gut verkaufen lässt, und die Außenwirkung als «nachhaltige Gemeinde» festigt.

4. Neuer Lebensraum für Menschen: Neubaugebiet im Moor
MICHAEL ROTTENHUBER
Wählervereinigung «Die jungen Dirnhofer»

Dirnhofen ringt seit Jahren um ein «Einheimischen-Modell». Der Wohnraum ist knapp, der Preis für Baugrund steigt beständig und viele neu errichtete Gebäude werden als Ferienhäuser von Auswärtigen nur wenige Wochen im Jahr genutzt. Einheimische, insbesondere Familien mit Kindern, können sich kaum eigenen Grund und Boden finanzieren. Ein «Einheimischen-Modell Dirnhofer Filzen», also Baugrund in den Filzen, der zu günstigen Preisen nur an Einheimische vergeben wird, könnte die Lebensbedingungen für viele Familien deutlich verbessern.

5. Wiedervernässung und Renaturierung der Dirnhofer Filzen
MARIE OBERWEGER
«Lebendiges Dirnhofen», Verein zum Erhalt der Biodiversität

Die Dirnhofer Filze weisen noch Torfmächtigkeiten von über acht Metern auf, sind in drei voneinander hydrologisch weitgehend unabhängigen Teilen systematisch entwässert. Das Verschließen der Entwässerungsgräben würde zu einer Wiedervernässung führen. In der Folge würde der mikrobielle Abbau des Torfes und die damit verbundene Kohlenstoffdioxid-Freisetzung gestoppt und die Lebensräume für viele bedrohte Tier-und Pflanzenarten könnten gesichert werden. Diese Renaturierung dient also dem Schutz der biologischen Vielfalt und dem Klimaschutz!

Schriftliche Aussagen und Meinungen von Dirnhofern

MARTIN LOCHNER
Biologielehrer

In den Filzen kommen seltene und gefährdete Tier- und Pflanzenarten wie die Kreuzotter, Hochmoorbläuling und -gelbling, die Schnabelsegge, der fleischfressende Sonnentau sowie zahlreiche Orchideenarten in Restvorkommen noch vor. Dirnhofen hat daher eine besondere Verantwortung für den Erhalt dieser lokalen Populationen im Bayerischen und Europäischen Biotopverbundnetz Natura 2000.

Die genannten Arten sind hochspezialisiert und brauchen, um überlebensfähige Populationen ausbilden zu können, einen intakten Lebensraum «Moor» mit ganzjährig oberflächennahem Wasserstand und mindestens 100–120 ha Arealgröße. Also müssen wir durch Renaturierung den Lebensraum wieder erweitern, um diesen Raritäten unserer Tier- und Pflanzenwelt dauerhaft das Überleben zu sichern.

Schriftliche Aussagen und Meinungen von Dirnhofern (Fortsetzung)

HUBERT GROß
Maurermeister

Wenn in den Filzen gebaut werden soll, muss das Grundwasser abgesenkt werden. Und weil die Torfschicht bis 8 m dick ist, müssen die neuen Häuser auf langen Betonpfählen errichtet werden. Das wird teuer! Wegen der Feuchtigkeit wird man auf den Bau eines Kellers verzichten müssen. Bei weiterem Absinken des Grundwassers könnte die Standfestigkeit der Häuser beeinträchtigt sein. Also Moorböden sind ein ganz schwieriger Bauplatz.

VALENTIN OSTERHOLZER
Privatwaldbesitzer

Das Eschentriebsterben, eine neuartige Pilzerkrankung an der Erle, schmälern gerade auf Feuchtstandorten die Ertragsaussichten entscheidend. Entsprechende forstliche Förderprogramme beschränken sich ausschließlich auf mineralische Böden und sind auf Moorböden nicht anwendbar. Ohne Förderung ist das Projekt nicht finanzierbar.

DR. KATHARINA SCHNEIDER
Ärztin in einer benachbarten Reha-Klinik

Der für Badezwecke verwendete Torf muss vor der Wiederverwendung aufwendig sterilisiert werden. Verbrauchter Badetorf darf nicht mehr einfach in die Entnahmestellen rückverfüllt werden, sondern muss in separaten Torfbecken chemisch und ökologisch überwacht auf mehrere Jahrzehnte gelagert werden.

LENA ZIEGLER
Schülerin und «Fridays-for-future»-Unterstützerin

Torf ist kein Brennstoff der Zukunft, sondern der Vergangenheit. Das zeigt doch schon ein Blick in Wikipedia: Torf hat als Brennstoff in trockenem Zustand einen Heizwert von 20–22 MJ/kg, vergleichbar mit Braunkohle. Allerdings hat frischer Torf einen sehr hohen Wassergehalt und muss daher vor der Verbrennung in der Regel aufwendig getrocknet werden. Zudem hat Torf einen sehr hohen Aschegehalt sowie einen niedrigen Ascheschmelzpunkt und enthält einige chemische Bestandteile, die sich bei der Verbrennung korrosiv und/oder umweltschädlich verhalten. Aus diesen Gründen zählt Torf zu den eher problematischen und minderwertigen Brennstoffen. Bei seiner Verbrennung wird das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid frei. Torfgewinnung und -verbrennung ist also in Zeiten, da der Klimawandel immer bedrohlicher wird, kompletter Unsinn.

3.5.4.3 **S_MO 3.3:** Vorbereitende Hausaufgabe

Vorschläge zur Zukunft des Dirnhofer Filzes

Dirnhofen ist ein malerischer Ort mit 1784 Einwohnern in Oberbayern. Der historische Dorfkern wird von der Dirnhofer Ache durchzogen, die jüngeren Ortsteile erstrecken sich entlang der Hauptstraße und am Rand des rund 120 Hektar großen «Dirnhofer Filzes». Über die Zukunft dieses ehemaligen Hochmoores, das in Teilen noch sehr naturnah ist, hat sich innerhalb der Gemeinde eine lebhafte Diskussion entwickelt. Der Bürgermeister/die Bürgermeisterin hat zu einer Bürgerversammlung eingeladen, um den Willen der Gemeindemitglieder kennenzulernen. Im Gemeindeanzeiger sind schon folgende Vorschläge vorab veröffentlicht:

1. **Torfabbau zur Gewinnung eines regionalen Brennstoffs**
   (Torf-Tec GmbH)
   Torf ist neben Holz ein zweiter regionaler Brennstoff, der in Oberbayern eine lange Tradition hat. Die vorhandenen Torfstiche können mit geringfügigen Erschließungskosten wieder aktiviert werden. Die dafür nötigen Werkzeuge liegen oft noch im Schuppen bereit. Torf könnte Öl oder Gas ersetzen und Dirnhofen ein Stück unabhängiger von ausländischen Energieträgern machen. Außerdem würden die Gewinne bei den regionalen Torfproduzenten verbleiben und nicht in die erdöl- und erdgasexportierenden Länder abfließen.

   Im Verbund mit anderen Gemeinden kann ein Torfkraftwerk errichtet werden, sodass auch elektrischer Strom aus Torf hergestellt werden kann. Die notwendige Technik ist ausgereift und kommt beispielsweise in Finnland oder Ruanda zum Einsatz.

2. **Dirnhofen soll BAD Dirnhofen werden: Torfgewinnung für ein künftiges Heilbad**
   («Torfkuren-Stiftung»)
   Der Tourismus ist in Dirnhofen ein wichtiger Wirtschaftsfaktor: Viele Hotels, Restaurants und Geschäfte sind direkt oder indirekt davon abhängig. Durch die Etablierung eines Heilbades mit balneologischem Schwerpunkt (Fangoanwendungen und so weiter) würden die Gäste länger im Ort bleiben, mehr Geld bei den örtlichen Beherbergungsbetrieben und der regionalen Gastronomie hinterlassen. Die Gäste eines Heilbades gehören zumeist der Generation 50^+ an, die finanzkräftig ist und zu der bereits bisher ein Großteil der Gäste in Dirnhofen zählt. «Wellness und Gesundheit» sind die Zukunftstrends im heimischen Tourismus, die Errichtung eines Heilbades wäre somit ein wichtiger Schritt für eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung des Dorfes.

3. **Bäume pflanzen gegen den Klimawandel: aus dem Moor wird ein Bürgerwald**
   (Initiative «Bürgerwald Dirnhofen»)
   Bäume nehmen CO_2 aus der Luft auf und binden Kohlenstoffatome im Holz. Ein wachsender Wald senkt den Gehalt von Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre und ist somit ein Beitrag zum Klimaschutz. Auf der freien Fläche des Moores wäre Platz für die Pflanzung von heimischen Erlen, Eschen und anderen standortgemäßen Gehölzen. Der Bürgerwald ist ein Statement für den Klimaschutz in der Gemeinde, das sich in der Presse gut verkaufen lässt und das Image als «nachhaltige Gemeinde» festigt.

4. **Neuer Lebensraum für Menschen: Neubaugebiet im Moor**
   (Wählervereinigung «Die jungen Dirnhofer»)
   Dirnhofen ringt seit Jahren um ein «Einheimischen-Modell». Der Wohnraum ist knapp, der Preis für Baugrund steigt beständig und viele neu errichtete Gebäude werden als Ferienhäuser von Auswärtigen nur wenige Wochen im Jahr genutzt. Einheimische, insbesondere Familien mit Kindern, können sich kaum eigenen Grund und Boden finanzieren. Ein «Einheimischen-Modell Dirnhofer Filzen», also Baugrund in den Filzen, der zu günstigen Preisen nur an Einheimische vergeben wird, könnte die Lebensbedingungen für viele Familien deutlich verbessern.

Kapitel 3 | **S_MO 3.3**

5. **Wiedervernässung und Renaturierung der Dirnhofer Filzen**
   («Lebendiges Dirnhofen», Verein zum Erhalt der Biodiversität)
   Die Dirnhofer Filze weisen noch Torfmächtigkeiten von über 8 m auf und sind in drei voneinander hydrologisch weitgehend unabhängigen Teilen systematisch entwässert. Das Verschließen der Entwässerungsgräben würde zu einer Wiedervernässung führen. In der Folge würde der mikrobielle Abbau des Torfes und die damit verbundene CO_2-Freisetzung gestoppt und die Lebensräume für viele bedrohte Tier-und Pflanzenarten könnten gesichert werden. Diese Renaturierung dient also dem Schutz der biologischen Vielfalt und dem Klimaschutz!

Hausaufgabe

Für alle SuS, die eine vorgegebene Rolle (siehe Rollenliste) einnehmen:

- Formuliere 3 Argumente für deinen Vorschlag/dein Statement und ordne den Argumenten die Werte zu, die ihnen zugrunde liegen. Beispiele für Werte findest du weiter unten.

Für alle anderen SuS, die als Bürgerinnen und Bürger zur Bürgerversammlung kommen:

- Formuliere für jeden Vorschlag mindestens ein Pro- und ein Kontra-Argument und ordne deinen Argumenten die Werte zu, die ihnen zugrunde liegen. Beispiele für Werte findest du weiter unten.

Beispiele für Werte:

- Gesundheit, Generationengerechtigkeit, Wohlstand, Lebensrecht für alle Lebewesen, Sicherung der Lebensgrundlagen, freie Entfaltung der Persönlichkeit, Toleranz, Menschenwürde, Gleichberechtigung

3.5.4.4 S_MO 3.4 Arbeitsblatt: Reflexion des Planspiels und rechtliche Situation

Aufgaben

1. Vergleiche die beiden Abstimmungen: Hat sich deine Meinung/die Meinung der Mehrheit gewandelt? Beschreibe mögliche Ursachen für den Meinungswandel.

2. In früheren Jahrhunderten beziehungsweise Jahrzehnten wurden viele Moorflächen entwässert, in landwirtschaftliche Flächen umgewandelt und bebaut oder Torf in Torfstichen abgebaut. Formuliere drei Vermutungen, weshalb sich die Dirnhofer heute möglicherweise anders entschieden haben als in früheren Jahrhunderten.

3. Erläutere, welcher der 5 Vorschläge gemäß des Bundesnaturschutzgesetzes realisierbar ist und welche nicht.

Gesetzliche Grundlage für Maßnahmen in den Dirnhofer Filzen

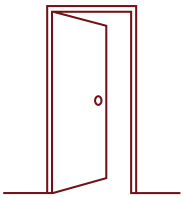
Auf die Anfrage des Gemeinderates weist die höhere Naturschutzbehörde der Regierung von Oberbayern auf den § 30 im Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG) hin:

> **§ 30 Gesetzlich geschützte Biotope**
>
> (1) Bestimmte Teile von Natur und Landschaft, die eine besondere Bedeutung als Biotope haben, werden gesetzlich geschützt (allgemeiner Grundsatz).
>
> (2) Handlungen, die zu einer Zerstörung oder einer sonstigen erheblichen Beeinträchtigung folgender Biotope führen können, sind verboten:
> (…)
> 2. Moore, Sümpfe, Röhrichte, Großseggenriede, seggen- und binsenreiche Nasswiesen, Quellbereiche, Binnenlandsalzstellen, (…)
>
> **Begründung**
> Durch die jahrhundertelange Nutzung sind in Bayern rund 95 % der Moore entwässert und dadurch stark verändert oder ganz verschwunden. Mit dem Lebensraum verschwinden auch die typischen Bewohner: Viele Pflanzen und Tiere des Moores sind vom Aussterben bedroht. In Hochmooren stehen mehr als drei Viertel der dort heimischen Pflanzenarten auf der Roten Liste.

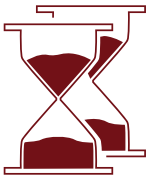


3.5.5 MO 4: Die Moorexkursion

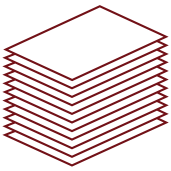
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:	■■□
Erkenntnisgewinn:	■■■
Kommunikation:	■□□
Bewertung:	□□□

MATERIALIEN

- **S_MO 4.1:** Forscherheft Moorexkursion
- **L_MO 4.1 Schülerlösung:** Forscherheft zur Moorexkursion

Grundlegende Informationen

Die reale Begegnung mit dem Ökosystem Moor während einer halbtägigen Exkursion ist der Höhepunkt der Unterrichtseinheit. Der weiche und nasse Boden, die Vielfalt an verschiedenen Kleinlebensräumen, ungewöhnliche Tier- und Pflanzenarten und die ganz eigene Stimmung sind für viele SuS ein Erlebnis, das lange im Gedächtnis bleibt.

In vorliegendem Konzept bildet die Exkursion den Abschluss der Unterrichtseinheit. So können die Jugendlichen im Freiland charakteristische Pflanzen- und Tierarten suchen und entdecken, die sie im vorangehenden Unterricht kennengelernt haben. Kurz: Das wissende Auge sieht mehr. Da im Zentrum der Lehrplaneinheit der Vergleich eines anthropogen stark beeinflussten Ökosystems mit dem unbeeinflussten Zustand steht, scheint eine abschließende Exkursion zielführender. Als besonders motivierend hat sich dabei die spielerische Suche und Dokumentation in einem «Fotobingo» erwiesen (siehe Arbeitsblatt S_MO 4.1).

Ausgewählte Inhalte

Station 1 beinhaltet eine Reihe von Schülerexperimenten, in denen die außergewöhnlichen Eigenschaften des Moorbodens untersucht werden. Trotz fehlender oder geringer Chemiekenntnisse sind die Versuche für Achtklässler interessant und können nach eigenen Erfahrungen das Verständnis für die Besonderheiten des Moorbodens unterstützen.

In Station 2 stehen die Torfmoose als Baumeister der Hochmoore im Zentrum. Zwischen den Stationen motiviert das Spiel «Fotobingo» die SuS dazu, Augen und Ohren offen zu halten und die Exkursion zu dokumentieren. Als Ergänzung kann das Modul MO 2 dienen, sofern dies nicht zuvor im Unterricht eingesetzt wurde.

Digitales oder analoges Forscherheft

Es empfiehlt sich, die Klasse in Gruppen einzuteilen und jede Gruppe mit einem Tablet auszustatten. Die SuS können Beobachtungen in der Word-Datei «Forscherheft» festhalten, eigene Fotos machen und sie zum Beispiel in das Fotobingo einfügen. Eine Internetverbindung ist nicht notwendig. Bei der Erprobung der Einheit hat sich gezeigt, dass das digitale Gerät die Lust der SuS, das Ökosystem Moor zu erkunden und zu erforschen, angestachelt und nicht etwa von der Realbegegnung abgelenkt hat. Ohne großen Aufwand entstehen schöne digitale Produkte, die in der Folgestunde verglichen und gegebenenfalls verbessert werden können. Für manche SuS ist das bebilderte Dokument auch eine Erinnerung an einen schönen Tag, die sie gerne aufbewahren.

Selbstverständlich kann die Datei auch für ein analoges Forscherheft in Papierform genutzt werden.

3.5.5.1 **S_MO 4.1:** Forscherheft Moor-Exkursion



Bitte Foto einfügen

Unser Team _____

_____

_____

_____

Datum _____

Ziel _____

Aufgabe für unterwegs:

Fotobingo

Die folgenden Lebewesen und Strukturen kannst du unterwegs mit etwas Glück und Ausdauer entdecken! Fotografiere sie und füge die Fotos in die entsprechenden Felder ein. Wer schafft eine ganze Reihe oder Spalte? Oder vielleicht sogar die ganze Karte?

FOTOBINGO

Torfmoos	**Libelle**	**Moosbeere**	**Menschlicher Eingriff 1**	**Moor-Randwald**
Sonnentau	**Schmetterling**	**Moor-Birke**	**Menschlicher Eingriff 2**	**Schlenke (kleine, nasse Vertiefung)**
Blütenreiche Wiese	**Wirbeltier**	**Rauschbeere**	**Menschlicher Eingriff 3**	**Gewölbte Hochmoor-Fläche**
Schöne Blüte	**Tierspur**	**Fichte**	**Menschlicher Eingriff 4**	**Kolk (größere Wasserfläche)**

1. Station: Nass, kalt, karg und sauer:
Ein Boden für Spezialisten

Der Boden bildet die Grundlage für jedes Land-Ökosystem. Moorböden bestehen hauptsächlich aus Torf und besitzen ganz besondere Eigenschaften. Die Lebensgemeinschaft (= Biozönose) im Moor muss an diese besonderen abiotischen Faktoren angepasst sein. Mit Hilfe deiner Sinne und zusätzlicher Messgeräte kannst du diese Eigenschaften selbst erforschen.

Versuch 1: Aussehen, Gefühl und Geruch von Torf

Durchführung

Untersuche den Moorboden mit deinen Sinnen: Wie fühlt er sich an, wie sieht er aus (zum Beispiel Farbe, Struktur, Steine, Organismen), wie riecht er?

Beobachtungen

So sieht Torf aus	
So fühlt sich Torf an	
So riecht Torf	

Kapitel 3 | **S_MO 4.1**

Versuch 2: Wasserhaltevermögen verschiedener Bodenarten

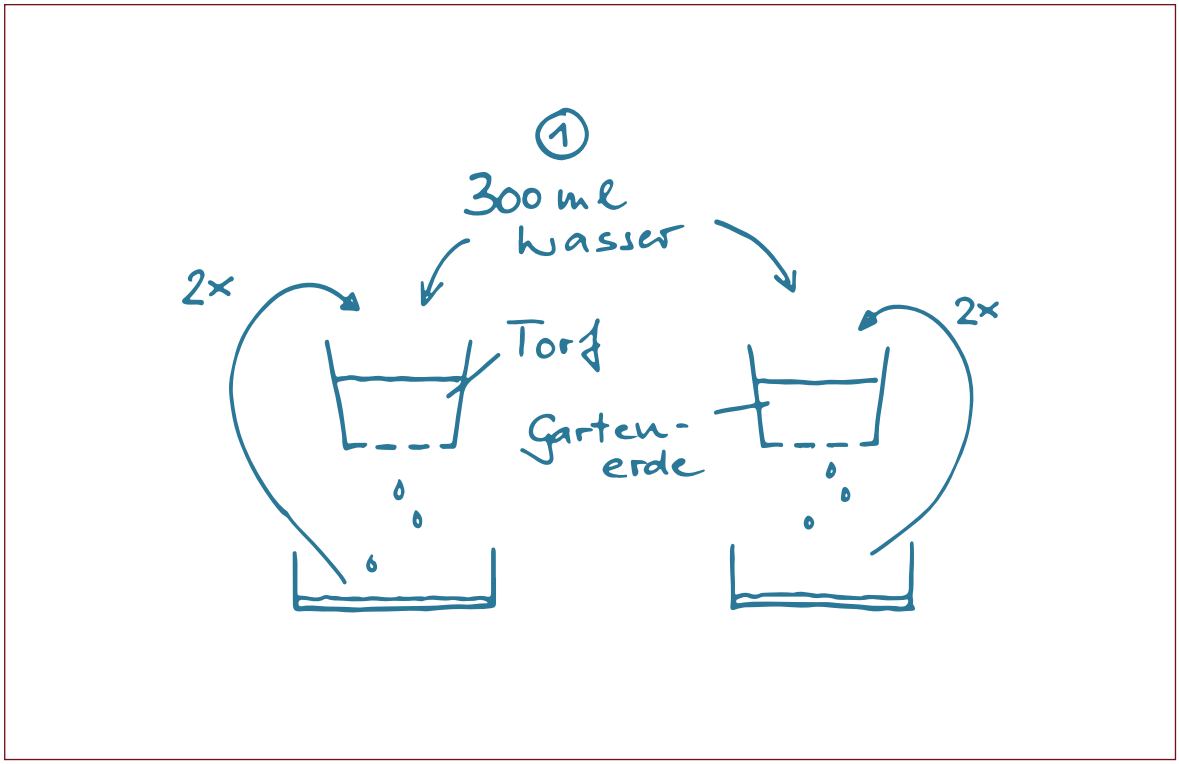
Hintergrund

Als Wasserhaltevermögen wird die Fähigkeit des Bodens bezeichnet, Wasser aufzunehmen und gegen die Schwerkraft zu halten. Je kleiner die Zwischenräume zwischen den Bodenteilchen sind, desto größer das Wasserhaltevermögen. Auf Böden mit hohem Wasserhaltevermögen droht den Pflanzen Staunässe, bei geringem Wasserhaltevermögen droht Trockenheit.

Durchführung

1. Gieße 300 ml Wasser langsam in einen Plastikblumentopf mit Gartenerde oder Moorboden (siehe Skizze).
2. Fange das austretende Wasser vollständig auf und gieße es erneut in die Töpfe.
3. Wiederhole Schritt 2 noch zwei Mal.
4. Miss jetzt die Wassermenge in den Auffanggefäßen.

Versuchsskizze

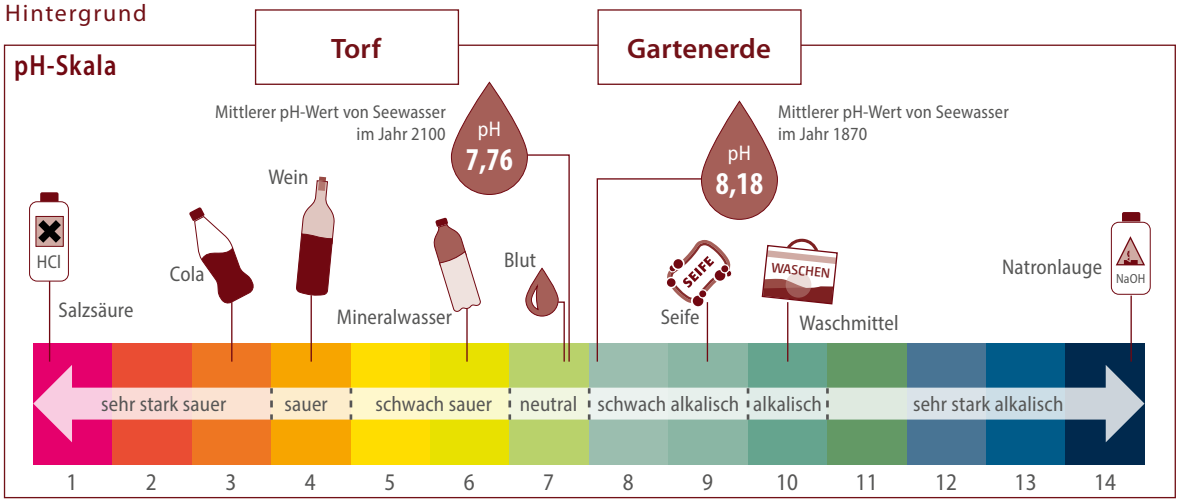


Beobachtungen

	$V_{(Wasser\ vorher)}$ ml	$V_{(Wasser\ nachher)}$ ml	$V_{(Wasser\ gespeichert)}$ ml
Moorboden			
Gartenerde			

Versuch 3: pH-Werte verschiedener Bodenarten

Hintergrund

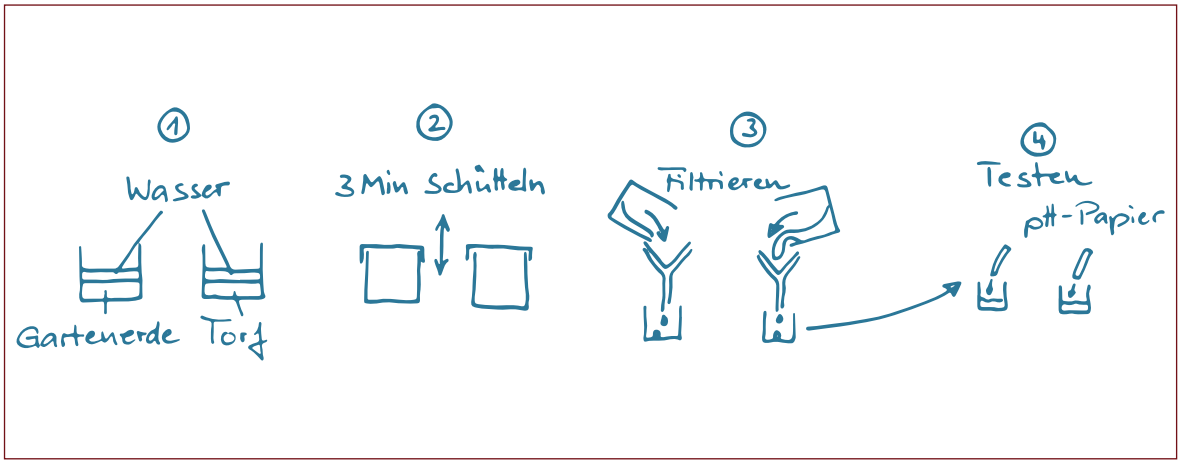


Der pH-Wert gibt an, ob eine Lösung sauer, neutral oder basisch ist. Stark saure oder stark basische Lösungen können bei Tieren und Pflanzen zu Verätzungen führen, weil sie Proteine, die wichtigsten Bausteine von Zellen, verändern. Je nach Zusammensetzung des Bodens liegt der pH-Wert des Bodenwassers zwischen 5 und 8.

Durchführung

1. Befülle ein verschließbares Gefäß (zum Beispiel ein Marmeladenglas) zu einem Drittel mit Moorboden, ein zweites zu einem Drittel mit Gartenerde.
2. Gib in beide Gläser Wasser, bis sie halb voll sind.
3. Schüttle die Gläser 3 Minuten.
4. Filtriere die festen Bestandteile ab.
5. Ermittle mit einem pH-Papier oder einem flüssigen pH-Indikator den pH-Wert der Lösung (die Lösung brauchst du noch für die Bestimmung des Mineralstoffgehalts).

Versuchsskizze



Beobachtungen

	pH-Wert
Moorboden	
Gartenerde	

6. Trage die beiden Messergebnisse auch in die pH-Skala ein.

Versuch 4: Gehalt von Salzen in verschiedenen Böden

Hintergrund

Pflanzen nehmen aus der Luft Kohlenstoffdioxid und aus dem Boden Wasser und verschiedene Salze auf. Für das Pflanzenwachstum wichtige Ionen sind neben Ammonium-, Nitrat- und Kaliumionen auch die Phosphationen. Phosphationen brauchen Pflanzen und alle übrigen Lebewesen zum Beispiel für den Aufbau der DNS, der Erbsubstanz einer jeden Zelle.

Durchführung

1. Bestimme mit Hilfe der Testlösung den Gehalt an Phosphationen in der filtrierten Lösung des Moorbodens und der Gartenerde (Lösungen von Versuch 3).

Beobachtungen

	Gehalt an Phosphationen
Moorboden	
Gartenerde	

Hinweis: Die Untersuchung anderer für Pflanzen wichtiger Salze mit den enthaltenen Ionen würde ein ähnliches Ergebnis ergeben.

Zusammenfassung der Ergebnisse von Versuch 1 bis 4

Beschreibe in einem Satz, welche abiotischen Faktoren Pflanzen vorfinden, die auf Torfboden wachsen.

Auf diesem extremen Boden wachsen nur Spezialisten, zum Beispiel:

2. Station: Im Portrait:
Die Baumeister der Hochmoore

Besonderheiten

- Torfmoose sind die Baumeister der Hochmoore.
- Während die unteren Teile absterben, wachsen sie an der Spitze immer weiter. Die Oberfläche wölbt sich nach oben, ein Hochmoor wächst.
- Sie können große Mengen an Regenwasser speichern und sind so unabhängig vom Grundwasser.
- Mit einem genialen Mechanismus kommen sie mit den wenigen Mineralstoffen im Moorboden zurecht: Sie nehmen zum Beispiel Kalzium- und Magnesiumionen auf und geben dafür Oxoniumionen ab. Mit diesem Ionentausch gelingt es Torfmoosen, mehr lebenswichtige Ionen aus dem Boden aufzunehmen.

Aufgaben

1. Skizziere ein einzelnes Torfmoos-Pflänzchen

Skizze

2. Entferne ein einzelnes Blättchen und mache ein Bild mit dem Handy-Mikroskop.

> Hinweis: Wenn das Bild gut ist, kannst du ein farbiges Netz aus lebendigen Zellen (mit Blattgrün) erkennen und dazwischen liegende tote Zellen. Diese Zellen sind größer und farblos, sie bestehen nur noch aus einer Zellwand, die zum Teil verstärkt ist und kleine Löcher nach außen hat.

Torfmoosblättchen unter dem Mikroskop (bitte Foto einfügen)

3. Erkläre jetzt die außergewöhnliche Fähigkeit von Torfmoosen, viel Regenwasser speichern zu können.

3.5.5.2 L_MO 4.1 Schülerlösung: Forscherheft Moor-Exkursion

Hier ein Foto der Schülergruppe einfügen

Bitte Foto einfügen

Unser Team _____

_____

_____

_____

Datum _____

Ziel Inzeller Filzen erkunden; Spaß haben

Aufgabe für unterwegs:

Fotobingo

Die folgenden Lebewesen und Strukturen kannst du unterwegs mit etwas Glück und Ausdauer entdecken! Fotografiere sie und füge die Fotos in die entsprechenden Felder ein. Wer schafft eine ganze Reihe oder Spalte? Oder vielleicht sogar die ganze Karte?

FOTOBINGO

Torfmoos	Libelle	Moosbeere	Menschlicher Eingriff 1	Moor-Randwald
				
Sonnentau	**Schmetterling**	**Moor-Birke**	**Menschlicher Eingriff 2**	**Schlenke (kleine, nasse Vertiefung)**
				
Blütenreiche Wiese	**Wirbeltier**	**Rauschbeere**	**Menschlicher Eingriff 3**	**Gewölbte Hochmoor-Fläche**
				
Schöne Blüte	**Tierspur**	**Fichte**	**Menschlicher Eingriff 4**	**Kolk (größere Wasserfläche)**
				

1. Station: Nass, kalt, karg und sauer:
Ein Boden für Spezialisten

Der Boden bildet die Grundlage für jedes Land-Ökosystem. Moorböden bestehen hauptsächlich aus Torf und besitzen ganz besondere Eigenschaften. Die Lebensgemeinschaft (= Biozönose) im Moor muss an diese besonderen abiotischen Faktoren angepasst sein. Mit Hilfe deiner Sinne und zusätzlicher Messgeräte kannst du diese Eigenschaften selbst erforschen.

Versuch 1: Aussehen, Gefühl und Geruch von Torf

Durchführung

Untersuche den Moorboden mit deinen Sinnen: Wie fühlt er sich an, wie sieht er aus (zum Beispiel Farbe, Struktur, Steine, Organismen), wie riecht er?

Beobachtungen

So sieht Torf aus	Braun-schwarz, zum Teil faserig, keine Steine oder Tiere erkennbar
So fühlt sich Torf an	Feucht, kalt, matschig
So riecht Torf	Erdig, sumpfig (schwer zu beschreiben)

Versuch 2: Wasserhaltevermögen verschiedener Bodenarten

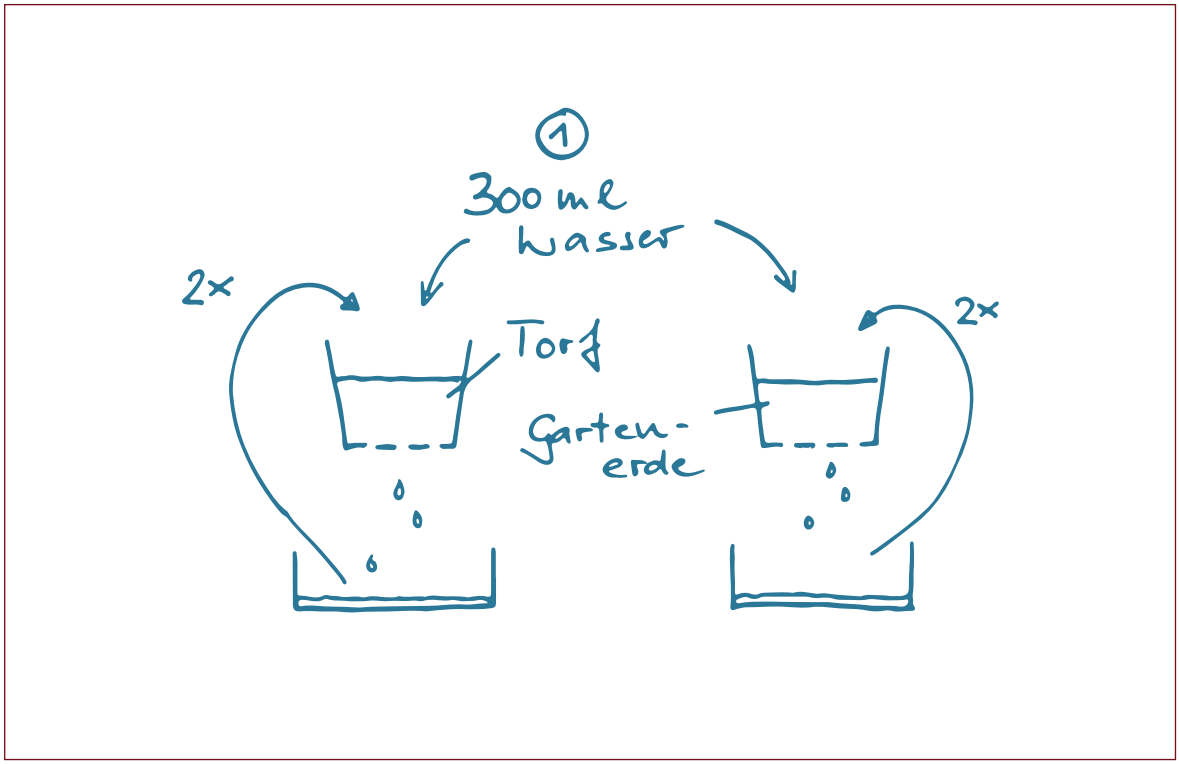
Hintergrund

Als Wasserhaltevermögen wird die Fähigkeit des Bodens bezeichnet, Wasser aufzunehmen und gegen die Schwerkraft zu halten. Je kleiner die Zwischenräume zwischen den Bodenteilchen sind, desto größer ist das Wasserhaltevermögen. Auf Böden mit hohem Wasserhaltevermögen droht den Pflanzen Staunässe, bei geringem Wasserhaltevermögen droht Trockenheit.

Durchführung

1. Gieße 300 ml Wasser langsam in einen Plastikblumentopf mit Gartenerde oder Moorboden (siehe Skizze).
2. Fange das austretende Wasser vollständig auf und gieße es erneut in die Töpfe.
3. Wiederhole Schritt 2 noch zweimal.
4. Miss jetzt die Wassermenge in den Auffanggefäßen.

Versuchsskizze

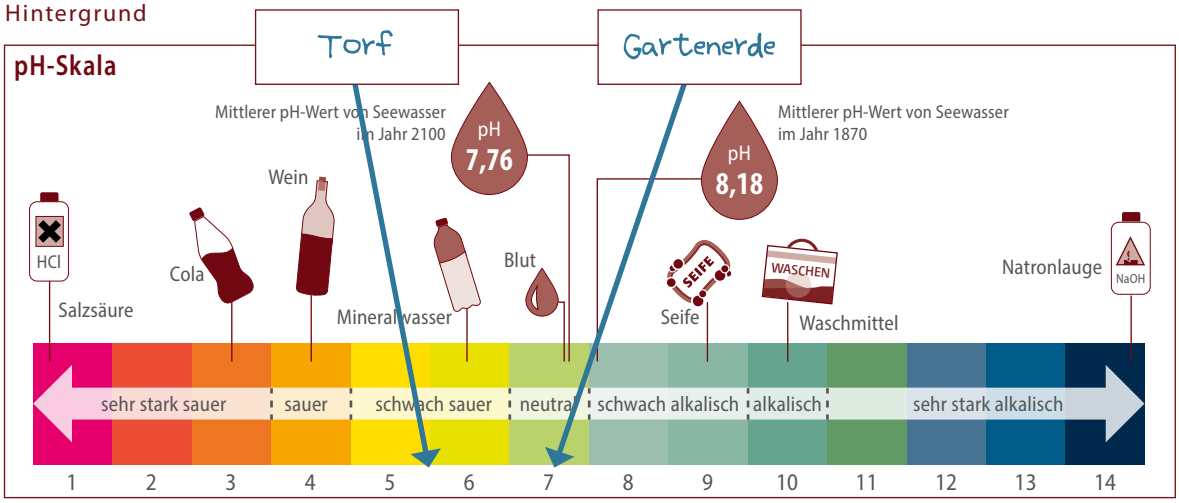


Beobachtungen

	$V_{(Wasser\ vorher)}$ ml	$V_{(Wasser\ nachher)}$ ml	$V_{(Wasser\ gespeichert)}$ ml
Moorboden			
Gartenerde			

Versuch 3: Wasserhaltevermögen verschiedener Bodenarten

Hintergrund

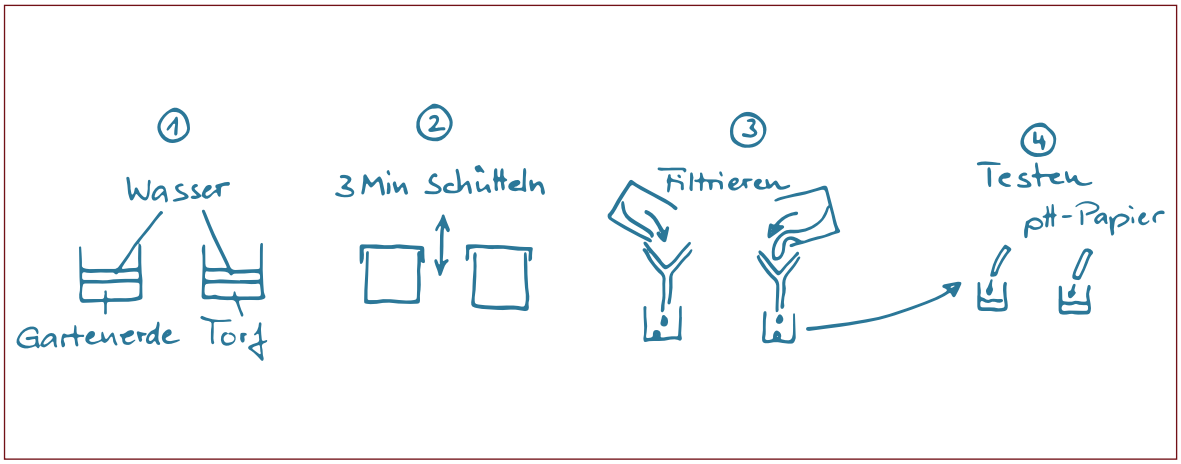


Der pH-Wert gibt an, ob eine Lösung sauer, neutral oder basisch ist. Stark saure oder stark basische Lösungen können bei Tieren und Pflanzen zu Verätzungen führen, weil sie Proteine, die wichtigsten Bausteine von Zellen, verändern. Je nach Zusammensetzung des Bodens liegt der pH-Wert des Bodenwassers zwischen 5 und 8.

Durchführung

1. Befülle ein verschließbares Gefäß (zum Beispiel ein Marmeladenglas) zu einem Drittel mit Moorboden, ein zweites zu einem Drittel mit Gartenerde.
2. Gib in beide Gläser Wasser, bis sie halb voll sind.
3. Schüttle die Gläser 3 Minuten.
4. Filtriere die festen Bestandteile ab.
5. Ermittle mit einem pH-Papier oder einem flüssigen pH-Indikator den pH-Wert der Lösung (die Lösung brauchst Du noch für die Bestimmung des Mineralstoffgehalts).

Versuchsskizze



Beobachtungen

	pH-Wert
Moorboden	5-6
Gartenerde	7

6. Trage die beiden Messergebnisse auch in die pH-Skala ein.

Versuch 4: Gehalt von Salzen in verschiedenen Böden

Hintergrund

Pflanzen nehmen aus der Luft Kohlenstoffdioxid und aus dem Boden Wasser und verschiedene Salze auf. Für das Pflanzenwachstum wichtige Ionen sind neben Ammonium-, Nitrat- und Kaliumionen auch die Phosphationen. Phosphationen brauchen Pflanzen und alle übrigen Lebewesen zum Beispiel für den Aufbau der DNS, der Erbsubstanz einer jeden Zelle.

Durchführung

1. Bestimme mit Hilfe der Testlösung den Gehalt an Phosphationen in der filtrierten Lösung des Moorbodens und der Gartenerde (Lösungen von Versuch 3).

Beobachtungen

	Gehalt an Phosphationen
Moorboden	30 mg/kg
Gartenerde	170 mg/kg

Hinweis: Die Untersuchung anderer für Pflanzen wichtiger Salze mit den enthaltenen Ionen würde ein ähnliches Ergebnis ergeben.

Zusammenfassung der Ergebnisse von Versuch 1 bis 4

Beschreibe in einem Satz, welche abiotischen Faktoren Pflanzen vorfinden, die auf Torfboden wachsen.

Der Boden im Moor ist feucht (großes Wasserhaltevermögen), sauer und arm an Mineralstoffen (zum Beispiel Phosphat).

Auf diesem extremen Boden wachsen nur Spezialisten, zum Beispiel:

Torfmoose, Sonnentau, Moosbeere

2. Station: Im Portrait:
Die Baumeister der Hochmoore

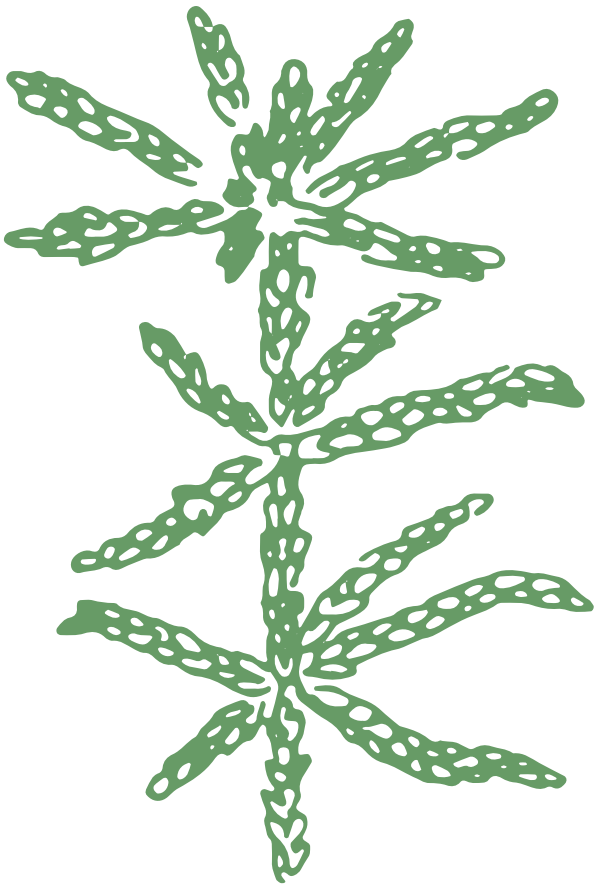
Besonderheiten

- Torfmoose sind die Baumeister der Hochmoore.
- Während die unteren Teile absterben, wachsen sie an der Spitze immer weiter. Die Oberfläche wölbt sich nach oben, ein Hochmoor wächst.
- Sie können große Mengen an Regenwasser speichern und sind so unabhängig vom Grundwasser.
- Mit einem genialen Mechanismus kommen sie mit den wenigen Mineralstoffen im Moorboden zurecht: Sie nehmen zum Beispiel Kalzium- und Magnesiumionen auf und geben dafür Oxoniumionen ab. Mit diesem Ionentausch gelingt es Torfmoosen, mehr lebenswichtige Ionen aus dem Boden aufzunehmen.

Aufgaben

1. Skizziere ein einzelnes Torfmoos-Pflänzchen

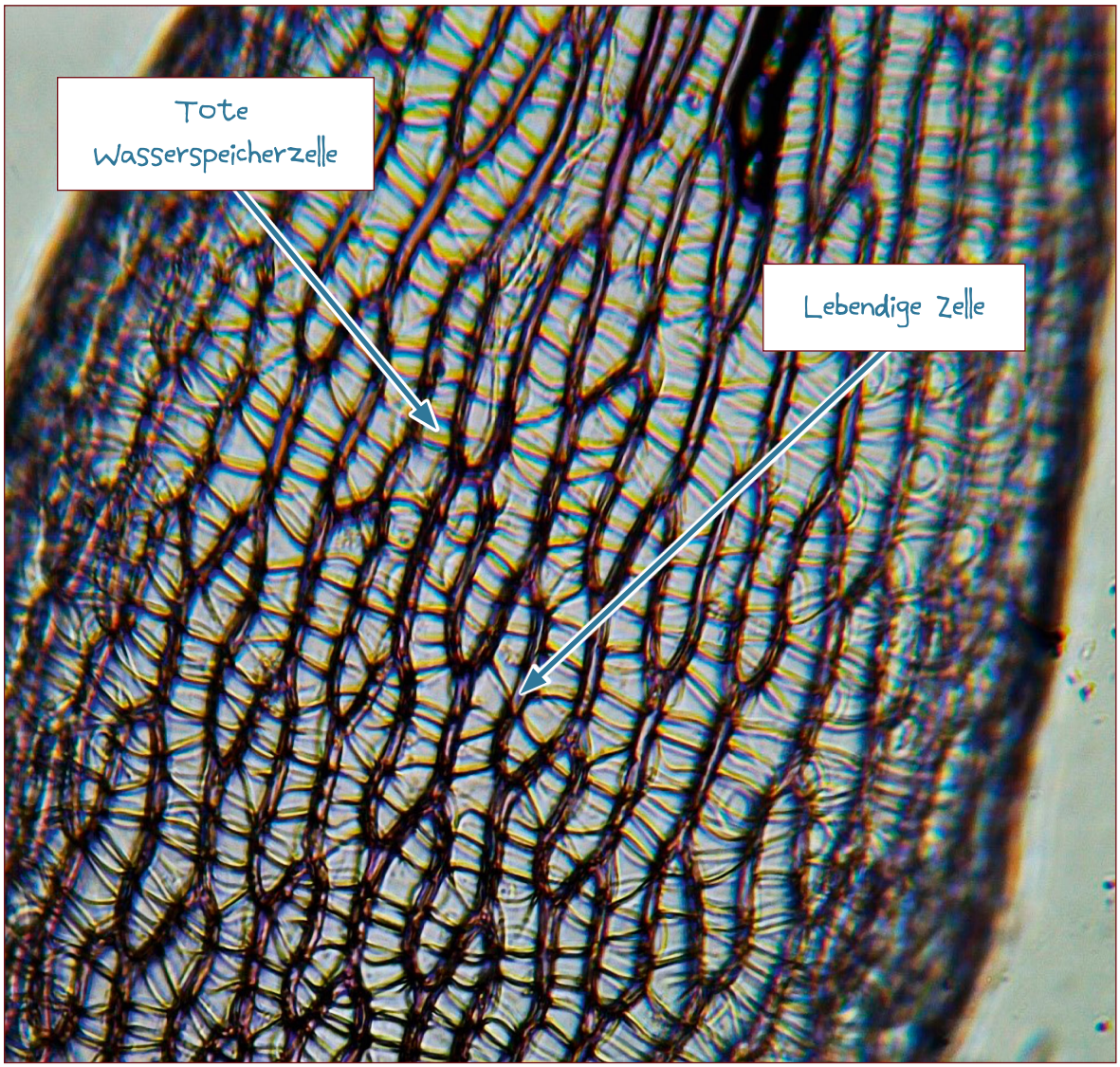
Skizze



2. Entferne ein einzelnes Blättchen und mache ein Bild mit dem Handy-Mikroskop.

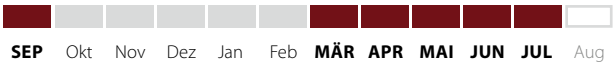
> HINWEIS: Wenn das Bild gut ist, kannst du ein farbiges Netz aus lebendigen Zellen (mit Blattgrün) erkennen und dazwischen liegende tote Zellen. Diese Zellen sind größer und farblos, sie bestehen nur noch aus einer Zellwand, die zum Teil verstärkt ist und kleine Löcher nach außen hat.

Torfmoosblättchen unter dem Mikroskop (bitte Foto einfügen)



3. Erkläre jetzt die außergewöhnliche Fähigkeit von Torfmoosen, viel Regenwasser speichern zu können.

In den Blättchen kann Wasser in großen abgestorbenen Zellen gespeichert werden. Zusätzlich wird das Wasser zwischen den Blättchen und zwischen den dicht stehenden Moospflänzchen im Moospolster festgehalten.



3.5.6 MO 5: Gartenerde kaufen oder Kompost selber machen?

Grundlegende Informationen

Soll man Gartenerde kaufen oder ist es besser, Kompost selber herzustellen? Der Bezug dieser Alltagsfrage zum Ökosystem Moor ist für SuS nicht von vorneherein erkennbar. Erst die gelenkte Recherche mittels gezielter Aufträge und Hinweise auf geeignete Internetquellen zeigen den Zusammenhang zwischen torfhaltiger Erde, Torfabbau in (vorwiegend) baltischen Mooren und die Auswirkungen auf Klima und Biodiversität auf.

An vorliegendem Beispiel können sich SuS die im Lehrplan Plus geforderten Konzepte der nachhaltigen Entwicklung und des ökologischen Fußabdrucks erarbeiten. Sie finden beispielhaft Möglichkeiten, wie durch das private Konsumverhalten und politisches Engagement jeder Einzelne an einer nachhaltigen Entwicklung mitwirken kann.

Durchführung

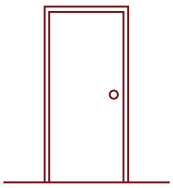
Es empfiehlt sich, die Aufgabe zu Beginn der Einheit «Ökosysteme unter Einfluss des Menschen» zu stellen. Die Aufträge können dann ein Einzel- oder Gruppenarbeit zu Hause erledigt werden. Es liegt im Ermessen der Lehrkraft, ob die Aufgabe verbindlich von der ganzen Klasse oder freiwillig von Einzelnen bearbeitet wird.

Falls ausreichend Zeit in den Unterrichtsstunden zur Verfügung steht, können die SuS auch während des Unterrichts an ihrem Produkt weiterarbeiten, sofern die ganze Klasse beteiligt ist. In jedem Fall steht die Präsentation der Produkte (Flyer, Cartoon oder Podcast) am Ende der Einheit.

Leistungserhebung

Die Lernprodukte der SuS können als mündliche Leistungserhebungen bewertet werden.

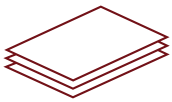
Ort



Dauer



Vorbereitungsaufwand



Kompetenzen und Anforderungsniveau

Fachwissen:
Erkenntnisgewinn:
Kommunikation:
Bewertung:

MATERIALIEN

- **S_MO 5.1 Arbeitsblatt:** Gartenerde kaufen oder Kompost selber machen?
- **L_MO5.1 Lösung zum Arbeitsblatt:** Gartenerde kaufen oder Kompost selber machen?

3.5.6.1 **S_MO 5.1 Arbeitsblatt:** Gartenerde kaufen oder Kompost selber machen?

Gartenerde kaufen oder Kompost selber machen? Eine Rechercheaufgabe

«Nur eine nachhaltige Entwicklung ermöglicht eine lebenswerte Zukunft auf unserem Planeten. Wir alle müssen unseren ökologischen Fußabdruck verringern. Das können wir durch ein verändertes Konsumverhalten und politisches Engagement».

Zitat auf einer «Fridays-for-future»-Veranstaltung

Aufgaben

1. Recherchiere die Begriffe «nachhaltige Entwicklung» und «ökologischer Fußabdruck» und formuliere eine Definition.

2. Für ihren Garten hat Frau Maier jedes Frühjahr mehrere Säcke Gartenerde eingekauft. Ihr Sohn erzählt ihr, dass es viel besser ist, selbst gemachten Kompost zu verwenden. Recherchiere auf Seiten des Umweltbundesamtes (› umweltbundesamt.de) oder des Bayerischen Landesamts für Umwelt (› www.lfu.bayern.de), welche Vorteile die Nutzung von Kompost hat. Verwende auf den jeweiligen Seiten die Suchbegriffe «Gartenerde» und «Kompost».

3. Erläutere an diesem Beispiel «Kompost oder gekaufte Gartenerde», wie durch alltägliche Entscheidungen eine nachhaltige Entwicklung gefördert und der ökologische Fußabdruck reduziert werden kann.

4. Nenne 3 Möglichkeiten für Jugendliche, sich politisch für eine nachhaltige Entwicklung zu engagieren.

Auftrag

Stelle deine Ergebnisse der Aufträge 1 bis 4 in Form eines Flyers, eines Comics, eines kurzen Podcasts oder einer Präsentation dar. Titel: «Gartenerde kaufen oder Kompost selber machen?»

3.5.6.2 L_MO 5.1 Lösung zum Arbeitsblatt: Gartenerde kaufen oder Kompost selber machen?

«Nur eine nachhaltige Entwicklung ermöglicht eine lebenswerte Zukunft auf unserem Planeten. Wir alle müssen unseren ökologischen Fußabdruck verringern. Das können wir durch ein verändertes Konsumverhalten und politisches Engagement.»

Zitat auf einer «Fridays-for-future»-Veranstaltung

Aufgaben

1. Recherchiere die Begriffe «nachhaltige Entwicklung» und «ökologischer Fußabdruck» und formuliere eine Definition.

   Definition «nachhaltige Entwicklung»**: Wandel hin zu einem Lebensstil, der die Befriedigung der Bedürfnisse der heutigen und der zukünftigen Generationen sicherstellt.**

   Definition «Ökologischer Fußabdruck»: **Konzept, das die biologisch produktive Fläche auf der Erde angibt, die notwendig ist, um den Lebensstil eines Menschen zu ermöglichen.**

2. Für ihren Garten hat Frau Maier jedes Frühjahr mehrere Säcke Gartenerde eingekauft. Ihr Sohn erzählt ihr, dass es viel besser ist, selbst gemachten Kompost zu verwenden. Recherchiere aufseiten des Umweltbundesamtes (› umweltbundesamt.de) oder des Bayerischen Landesamts für Umwelt (› www.lfu.bayern.de), welche Vorteile die Nutzung von Kompost hat. Verwende auf den jeweiligen Seiten die Suchbegriffe «Gartenerde» und «Kompost».

   - **Schutz der Biodiversität: keine Zerstörung wertvoller Moore durch Torfabbau in Deutschland, Osteuropa oder Skandinavien**
   - **Klimaschutz: keine CO_2-Freisetzung durch Trockenlegung von Mooren vor Torfabbau und Transport des Torfes beziehungsweise der Erde bis zum Garten**
   - **Verminderung des Rohstoff- und Energieverbrauchs: In Gartenerde wird der mineralstoffarme Torf durch Mineraldünger aufgedüngt; seine Herstellung erfordert Energie und Rohstoffe (zum Beispiel die Gewinnung von Rohphosphat in Bergwerken)**
   - **Kompost belebt den Boden und macht ihn dauerhaft fruchtbar**

3. Erläutere an diesem Beispiel «Kompost oder gekaufte Gartenerde», wie durch alltägliche Entscheidungen eine nachhaltige Entwicklung gefördert und der ökologische Fußabdruck reduziert werden kann.

   Die Verwendung von Kompost vermindert den Rohstoff- und Energieverbrauch und bremst die Zerstörung wertvoller Ökosysteme, wodurch der ökologische Fußabdruck reduziert wird. Die Verminderung des CO_2-Ausstoßes ist notwendig zur Begrenzung des Klimawandels. Rasche und wirksame Maßnahmen zur Begrenzung des Klimawandels auf allen gesellschaftlichen Ebenen sind Grundvoraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung.

4. Nenne 3 Möglichkeiten für Jugendliche, sich politisch für eine nachhaltige Entwicklung zu engagieren.

   - **Über Klimaschutz, nachhaltige Entwicklung und so weiter reden (mit Freunden, Eltern, Lehrern) oder schreiben (Schülerzeitung, Blog)**
   - **Gleichgesinnte suchen (zum Beispiel SMV, Umwelt-AG, Umweltschutz-Verband, Partei)**
   - **Gemeinsame Aktionen durchführen (zum Beispiel Kleidertauschparty, Info-Veranstaltung, Demonstration)**

4. Literatur

Ampoorter, E., Barbaro, L., Jactel, H., Baeten, L., Boberg, J., Carnol, M., Castagneyrol, B., Charbonnier, Y., Dawud, S. M., Deconchat, M., Smedt, P. D., Wandeler, H. D., Guyot, V., Hättenschwiler, S., Joly, F., Koricheva, J., Milligan, H., Muys, B., Nguyen, D., & Allan, E. (2020): Tree diversity is key for promoting the diversity and abundance of forest-associated taxa in Europe. – Oikos 129(2): 133–146; https://doi.org/10.1111/oik.06290.

Balcar, P. (2013): Artenvielfalt und Nationalpark? – Erkenntnisse aus der Naturwaldforschung. – Forschungsbericht, Veröffentlichungen der Landesforsten Rheinland-Pfalz: 1–10.

Bastian, A. & Bastian, H.-V. (1996): Das Braunkehlchen – Opfer der ausgeräumten Kulturlandschaft. – AULA-Verlag, Wiesbaden.

BfN (= Bundesamt für Naturschutz 2015, Hrsg.): Management-Handbuch zum Umgang mit gebietsfremden Arten in Deutschland, 141(1) – Band 1: Pilze, Niedere Pflanzen und Gefäßpflanzen, 141(2) – Band 2: Wirbellose Tiere und Wirbeltiere. – Schriftenreihe «Naturschutz und Biologische Vielfalt». – BfN-Schriftenvertrieb, Münster.

BfN (= Bundesamt für Naturschutz 2021): Ökosystemleistungen der Moore; www.bfn.de/themen/biotop-und-landschaftsschutz/moorschutz/oekosystemleistungen.html.

BMEL (= Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2019): Deutschlands Wald im Klimawandel – Eckpunkte und Maßnahmen. – Diskussionspapier zum Nationalen Waldgipfel, 25.09.2019; www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Wald/Wald_Diskussionspapier.pdf?__blob=publicationFile&v=4.

BMEL (= Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2021): Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2020. – 72 S.

BMEL (= Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2018, Hrsg.): Der Wald in Deutschland – Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. – 56 S.

Boersma, K., Waarlo, A. J. & Klaassen, K. (2011): The feasibility of systems thinking in biology education. – Journal of Biological Education, 45(4): 190–197; https://doi.org/10.1080/00219266.2011.627139.

Bosshard, A. (2019): Das Naturwiesland der Schweiz und Mitteleuropas mit besonderer Berücksichtigung der Fromentalwiesen und des standortgemäßen Futterbaus. – Haupt Verlag.

Brand, F. S. & Jax, K. (2007): Focusing the Meaning(s) of Resilience. – Ecology and Society 12(1).

Brandstädter, K., Harms, U. & Großschedl, J. (2012): Assessing System Thinking Through Different Concept-Mapping Practices. – International Journal of Science Education 34(14): 2147–2170; https://doi.org/10.1080/09500693.2012.716549.

Bunzel-Drüke, M. (2000): Artenschwund durch Eiszeitjäger? – In: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft: Großtiere als Landschaftsgestalter – Wunsch oder Wirklichkeit? – Berichte aus der LWF Nr. 27.

Bunzel-Drüke, M., Drüke, J. & Vierhaus, H. (1994): Quaternary Park: Überlegungen zu Wald, Mensch und Megafauna. – Info Arbeitsgemein. Biol. Umweltschutz, Soest 93/4–94/1: 4–38.

Bunzel-Drüke, M., Reisinger, E., Böhm, C., Buse, J., Dalbeck, L., Ellwanger, G., Finck, P., Freese, J., Grell, H. & Hauswirth, L. (2019): Naturnahe Beweidung und NATURA 2000. – 2. Aufl., Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz im Kreis Soest e.V. (Hrsg.)

Bürger-Arndt, R. (2012, Hrsg.): Ökosystemdienstleistungen von Wäldern: Workshopbericht; 16.–19.11.2011. – BfN.

Burns, F., Eaton, M. A., Burfield, I. J., Klvaňová, A., Šilarová, E., Staneva, A. & Gregory, R. D. (2021): Abundance decline in the avifauna of the European Union reveals cross-continental similarities in biodiversity change. – Ecology and Evolution 11(23): 16647–16660.

Burrascano, S., Keeton, W. S., Sabatini, F. M. & Blasi, C. (2013): Commonality and variability in the structural attributes of moist temperate old-growth forests: A global review. – Forest Ecology and Management 291: 458–479; https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.11.020.

Byrne, K., Chojnicki, B., Christensen, T. R., Drösler, M., Freibauer, A., Friborg, T., Frolking, S., Lindroth, A., Mailhammer, J., Malmer, N., Selin, P. & Turunen, J. (2004): EU Peatlands: Current Carbon Stocks and Trace Gas Fluxes.

Churkina, G., Organschi, A., Reyer, C. P. O. et al. (2020) Buildings as a global carbon sink. – Nat Sustain 3: 269–276; https://doi.org/10.1038/s41893-019-0462-4

Clements, F. E. (1916): Plant succession: An analysis of the development of vegetation (Number 242). – Carnegie Institution of Washington.

Conant, R. T., Paustian, K., Del Grosso, S. J. & Parton, W. J. (2005): Nitrogen pools and fluxes in grassland soils sequestering carbon. – Nutrient Cycling in Agroecosystems 71(3): 239–248; https://doi.org/10.1007/s10705-004-5085-z.

Daily, G. C. (1997): Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems. – In: Robin, L., Sörlin, S. & Warde, P. (Hrsg.). – Yale University Press: 454–464; https://doi.org/10.12987/9780300188479-039.

de Jong, T. & Ferguson-Hessler, M. G. M. (1996): Types and qualities of knowledge. – Educational Psychologist 31(2): 105–113; https://doi.org/10.1207/s15326985ep3102_2.

Deutsche Wildtier Stiftung (2022): Rotwildbezirke: No-Go-Areas für das Rotwild in Deutschland – www.rothirsch.org/unsere-positionen/jagdpolitik-der-laender/.

Dierking, U. (1992): Halboffene Weidelandschaften – Eine Zielsetzung im Naturschutz in Schleswig-Holstein? – Bauernblatt/Landpost: 46.

Dörfelt, H. (2007): Biodiversität von Buchenwäldern unter mykologischen Gesichtspunkten. – Europäische Buchenwaldinitiative: 186; www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/skript222.pdf.

Drösler, M., Adelmann, W., Augustin, J., Bergmann, L., Beyer, C., Chojniki, B., Förster, C., Freibauer, A., Giebels, M., Görlitz, S., Höper, H., Kantelhardt, J., Liebersbach, H., Hahn-Schöfl, M., Minke, M., Petschow, U., Pfadenhauer, J., Schaller, L., Schägner, J. P. & Wehrhahn, M. (2013): Klimaschutz durch Moorschutz. Schlussbericht des BMBF-Vorhabens: Klimaschutz – Moornutzungsstrategien 2006–2010.

Ellenberg, H., Leuschner, C. & Dierschke, H. (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: In ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. – 6., vollständig neu bearbeitete und stark erweiterte Auflage, Verlag Eugen Ulmer.

Fartmann, T., Stuhldreher, G., Streitberger, M., Löffler, F. & Poniatowski, D. (2021): Aussterbeschuld: Zeitverzögertes Aussterben von Arten – Ein bislang in der Naturschutzpraxis kaum berücksichtigtes Phänomen. – Naturschutz und Landschaftsplanung 53(5): 14–19; https://doi.org/10.1399/NuL.2021.05.01.

Fischer, J., Abson, D. J., Butsic, V., Chappell, M. J., Ekroos, J., Hanspach, J., Kuemmerle, T., Smith, H. G. & Wehrden, H. (2014): Land Sparing Versus Land Sharing: Moving Forward. – Conservation Letters 7(3): 149–157; https://doi.org/10.1111/conl.12084.

Forzieri, G., Girardello, M., Ceccherini, G., Spinoni, J., Feyen, L., Hartmann, H., Beck, P. S. A., Camps-Valls, G., Chirici, G., Mauri, A. & Cescatti, A. (2021): Emergent vulnerability to climate-driven disturbances in European forests. – Nature Communications 12(1): 1081; https://doi.org/10.1038/s41467-021-21399-7.

Freibauer, A., Drösler, M., Gensior, A. & Ernst Detlef, S. (2009): Das Potenzial von Wäldern und Mooren für den Klimaschutz in Deutschland und auf globaler Ebene. – Natur und Landschaft 84(20–25): 84.

Green, R. E., Cornell, S. J., Scharlemann, J. P. W. & Balmford, A. (2005): Farming and the Fate of Wild Nature. – Science 307(5709): 550–555; https://doi.org/10.1126/science.1106049.

Gunderson, L. H. & Holling, C. S. (2002): Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems. – Island press.

Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N. et al. (2017): More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. – PLoS ONE 12(10): e0185809; https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809.

Hanski, I. (1999): Metapopulation ecology. – Oxford University Press.

Harari, Y. N. (2019): Eine kurze Geschichte der Menschheit. – 31. Auflage, Pantheon.

Harms, U. & Bünder, W. (1999): Zuwachs von Kompetenz erfahrbar machen: Kumulatives Lernen. Erläuterungen zum Modul 5 des Modellversuchs der Bund-Länder-Kommission «Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts». – IPN/Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik.

Hilmers, T., Friess, N., Bässler, C., Heurich, M., Brandl, R., Pretzsch, H., Seidl, R. & Müller, J. (2018): Biodiversity along temperate forest succession. – Journal of Applied Ecology 55(6): 2756–2766; https://doi.org/10.1111/1365-2664.13238.

Hofmann, G. (2018): Pflanzenarten und Strukturvielfalt in Wirtschaftswäldern. – AFZ-derWald 1: 8.

Hofmann, R. R. (1989): Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: acomparative view of their digestive system. – Oecologia 78: 443–457; https://doi.org/10.1007/BF00378733.

Holling, C. S. (1973): Resilience and Stability of Ecological Systems. Annual Review of Ecology and Systematics 4(1): 1–23; https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245.

Idel, A. (2016): Die Kuh ist kein Klimakiller! Wie die Agrarindustrie die Erde verwüstet und was wir dagegen tun können. – 6. Auflage, Metropolis-Verlag.

IPBES (= Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2019): Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services (summary for policy makers). – Zenodo; https://doi.org/10.5281/ZENODO.5502690.

Jacobs, J. M., Spence, J. R. & Langor, D. W. (2007): Influence of boreal forest succession and dead wood qualities on saproxylic beetles. – Agricultural and Forest Entomology: 3–16.

Jansen, T., Forster, P., Levine, M. A., Oelke, H., Hurles, M., Renfrew, C., Weber, J. & Olek, K. (2002): Mitochondrial DNA and the origins of the domestic horse. – Proceedings of the National Academy of Sciences 99(16): 10905–10910; https://doi.org/10.1073/pnas.152330099.

Jax, K. (1994): Mosaik-Zyklus und Patch-dynamics: Synonyme oder verschiedene Konzepte? Eine Einladung zur Diskussion. – Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz 3: 107–112.

Joosten, H. (2006): Moorschutz in Europa – Restauration und Klimarelevanz. – In: BUND (Hrsg.): Moore in der Regionalentwicklung: 35–43.

Kapfer, A. (2010 a): Beitrag zur Geschichte des Grünlands Mitteleuropas. – Naturschutz und Landschaftsplanung 42(5): 133–140.

Kapfer, A. (2010 b): Mittelalterlich-frühneuzeitliche Beweidung der Wiesen Mitteleuropas – Die Frühjahrsvorweide und Hinweise zur Pflege artenreichen Grünlands. – Naturschutz und Landschaftsplanung 42(6): 180–187.

Kapfer, A. & Poschlod, P. (1997): Sümpfe und Moore. – In: Hutter, C.-P. (Hrsg.): Biotop-Bestimmungs-Bücher, Weitprecht: 135 S.

Kattmann, U. (2016): Schüler besser verstehen: Alltagsvorstellungen im Biologieunterricht. – Aulis Verlag, 2. durchgesehene Auflage.

KMK (= Kultusministerkonferenz 2020): Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. – Beschluss vom 16.12.2004, Luchterhand: 69 S.

KMK (= Kultusministerkonferenz 2005): Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife; www.kmk.org/themen/qualitaetssicherung-in-schulen/bildungsstandards.html.

Kuussaari, M., Bommarco, R., Heikkinen, R. K., Helm, A., Krauss, J., Lindborg, R., Öckinger, E., Pärtel, M., Pino, J., Rodà, F., Stefanescu, C., Teder, T., Zobel, M. & Steffan-Dewenter, I. (2009): Extinction debt: A challenge for biodiversity conservation. – Trends in Ecology & Evolution 24(10): 564–571; https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.04.011.

Lal, R. (2015): Klima: Der große Kohlenspeicher. – In: Heinrich-Böll-Stiftung, Institute for Advanced Sustainability Studies, Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland & Le Monde diplomatique (Hrsg.): Bodenatlas – Daten und Fakten über Acker, Land und Erde.

Laurence, B. R. (1954): The Larval Inhabitants of Cow Pats. – The Journal of Animal Ecology 23(2): 234; https://doi.org/10.2307/1982.

Levins, R. (1969): Some Demographic and Genetic Consequences of Environmental Heterogeneity for Biological Control. – Bulletin of the Entomological Society of America 15(3): 237–240; https://doi.org/10.1093/besa/15.3.237.

LfU (= Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 2005, Hrsg.): Moorentwicklungskonzept Bayern (MEK) – Moortypen in Bayern. – Schriftenreihe 180: 103.

Liebig, M. A., Gross, J. R., Kronberg, S. L. & Phillips, R. L. (2010): Grazing Management Contributions to Net Global Warming Potential: A Longterm Evaluation in the Northern Great Plains. – Journal of Environmental Quality 39(3): 799–809; https://doi.org/10.2134/jeq2009.0272.

Ludwig, M. (2010): Invasion – Wie fremde Tiere und Pflanzen unsere Welt erobern. – Ulmer, Stuttgart.

Luick, R., Hennenberg, K., Leuschner, C., Grossmann, M., Jedicke, E., Schoof, N. & Waldenspuhl, T. (2021 a): Urwälder, Natur- und Wirtschaftswälder im Kontext von Biodiversitäts- und Klimaschutz – Teil 1: Funktionen für die biologische Vielfalt und als Kohlenstoffsenke und -speicher. – Naturschutz und Landschaftsplanung 53(12): 12–25; https://doi.org/10.1399/NuL.2021.12.01.

Luick, R., Hennenberg, K., Leuschner, C., Grossmann, M., Jedicke, E., Schoof, N. & Waldenspuhl, T. (2021 b): Urwälder, Natur- und Wirtschaftswälder im Kontext von Biodiversitäts- und Klimaschutz – Teil 2: Das Narrativ von der Klimaneutralität der Ressource Holz. – Naturschutz und Landschaftsplanung (NuL) 53(1): 22–35; https://doi.org/10.1399/NuL.2022.01.02.

Lüning, J., Jockenhövel, A., Capelle, T. & Bender, H. (1997, Hrsg.): Deutsche Agrargeschichte: Vor- und Frühgeschichte. – Ulmer Verlag.

LWF (= Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2021): Waldfläche (insgesamt) nach Baumartengruppen (Bayern und Regierungsbezirke); www.bundeswaldinventur.bayern.de/101520/index.php.

Meier, W. (2003): Das Moorentwicklungskonzept Bayern. – Laufener Seminarbeiträge 1/03: 37–46; www.anl.bayern.de/publikationen/spezialbeitraege/doc/lsb2003_01_004_meier_moorentwicklungskonzept.pdf.

Möckel, S. & Wolf, A. (2020): Düngung bleibt weiterhin eine ökologische, rechtliche und politische Herausforderung. – Natur und Recht 42(11): 736–746.

Moning, C. & Müller, J. (2009): Critical forest age thresholds for the diversity of lichens, molluscs and birds in beech (*Fagus sylvatica* L.) dominated forests. – Ecological Indicators 9(5): 922–932; https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.11.002.

Müller, J., Noss, R. F., Bussler, H. & Brandl, R. (2010): Learning from a «benign neglect strategy» in a national park: Response of saproxylic beetles to dead wood accumulation. – Biological Conservation 143(11): 2559–2569; https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.06.024.

Müller, J., Ulyshen, M., Seibold, S., Cadotte, M., Chao, A., Bässler, C., Vogel, S., Hagge, J., Weiß, I., Baldrian, P., Tláskal, V. & Thorn, S. (2020): Primary determinants of communities in deadwood vary among taxa but are regionally consistent. – Oikos 129(10): 1579–1588; https://doi.org/10.1111/oik.07335.

Nilsson, S. G. & Baranowski, R. (1997): Habitat Predictability and the Occurrence of Wood Beetles in Old-Growth Beech Forests. – Ecography 20(5): 491–498.

Parish, F., Sirin, A., Lee, D. & Silvius, M. (2008): Assessment on peatlands, biodiversity, and climate change – Main report (United Nations Environment Programme, Global Environment Facility, Asia Pacific Network for Global Change Research, Global Environment Centre (Malaysia) & Wetlands International, Hrsg.). – Global Environment Centre & Wetlands International, Wageningen.

Pauly, D. (1995): Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries. – Trends in Ecology & Evolution 10(10): 430; https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)89171-5.

Pickett, S. T. & White, P. S. (1985, Hrsg.): The ecology of natural disturbance and patch dynamics. – Academic Press.

Poschlod, P. (2017): Geschichte der Kulturlandschaft: Entstehungsursachen und Steuerungsfaktoren der Entwicklung der Kulturlandschaft, Lebensraum- und Artenvielfalt in Mitteleuropa. – 2. aktualisierte Auflage, Verlag Ulmer.

Pretzsch, H., Schütze, G. & Uhl, E. (2013): Resistance of European tree species to drought stress in mixed versus pure forests: Evidence of stress release by inter-specific facilitation: Drought stress release by inter-specific facilitation. – Plant Biology 15(3): 483–495; https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2012.00670.x.

Remmert, H. (1991): Das Mosaik-Zyklus-Konzept und seine Bedeutung für den Naturschutz: Eine Übersicht. – Laufener Seminarbeiträge 5(91): 5–15; www.anl.bayern.de/publikationen/spezialbeitraege/doc/lsb1991_05_gesamtheft.pdf.

Ringler, A. (1999): Moorentwicklung in Bayern post 2000: Dezentral, kooperativ, aber nicht ziellos. – Laufener Seminarbeiträge 6(98): 109–152; www.anl.bayern.de/publikationen/spezialbeitraege/doc/lsb1998_06_gesamtheft.pdf.

Roth, G. (2019): Bildung braucht Persönlichkeit: Wie Lernen gelingt. – 2. Auflage, Verlag Klett-Cotta.

Schelhaas, M.-J., Nabuurs, G.-J. & Schuck, A. (2003): Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. – Global Change Biology 9(11): 1620–1633; https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00684.x.

Seibold, S. (2021): Dynamik von Wäldern und deren Bedeutung für die Biodiversität und Ökosystemprozesse. – Vortrag im Rahmen der Seminarlehrerfortbildung an der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, Laufen.

Seibold, S., Bässler, C., Baldrian, P., Reinhard, L., Thorn, S., Ulyshen, M. D., Weiß, I. & Müller, J. (2016): Dead-wood addition promotes non-saproxylic epigeal arthropods but effects are mediated by canopy openness. – Biological Conservation 204: 181–188; https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.031.

Seibold, S., Bässler, C., Brandl, R., Büche, B., Szallies, A., Thorn, S., Ulyshen, M. D. & Müller, J. (2016): Microclimate and habitat heterogeneity as the major drivers of beetle diversity in dead wood. – Journal of Applied Ecology 53(3): 934–943; https://doi.org/10.1111/1365-2664.12607.

Seibold, S., Bässler, C., Brandl, R., Gossner, M. M., Thorn, S., Ulyshen, M. D. & Müller, J. (2015): Experimental studies of dead-wood biodiversity – A review identifying global gaps in knowledge. – Biological Conservation 191: 139–149; https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.06.006

Sommer, C. & Harms, U. (2010): Biologische Systeme – Themenheft. – Unterricht Biologie 360(34).

StMELF (= Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten; 2017, Hrsg.): Forstliche Bildungsarbeit – Waldpädagogischer Leitfaden.

StMELF (= Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten; 2021, Hrsg.): Wald und Klimawandel. – Forstliche Bildungsarbeit aktuell; www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/wald/waldpaedagogik/dateien/handreichung_wald_klimawandel_barrierefrei.pdf.

StMUK (= Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus 2022): LehrplanPLUS – www.lehrplanplus.bayern.de.

Sturm, P., Zehm, A., Baumbach, H., Brackel, W. von, Verbücheln, G., Stock, M., Zimmermann, F., Zimmermann, F. & Brackel, W. von (2018): Grünlandtypen: Erkennen – Nutzen – Schützen. – Quelle & Meyer Verlag; www.anl.bayern.de/publikationen/weitere_publikationen/gruenlandtypen.html.

Succow, M. & Joosten, H. (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. – 2. Auflage, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.

Swanson, M. E., Franklin, J. F., Beschta, R. L., Crisafulli, C. M., DellaSala, D. A., Hutto, R. L., Lindenmayer, D. B. & Swanson, F. J. (2011): The forgotten stage of forest succession: Early-successional ecosystems on forest sites. – Frontiers in Ecology 9(2): 117–125.

Tansley, A. G. (1935): The use and abuse of vegetational concepts and terms. – Ecology 16(3): 284–307.

UBA (= Umweltbundesamt, 2020): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2020. – Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990–2018, CLIMATE CHANGE 22(20): 1004; www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-04-15-climate-change_22-2020_nir_2020_de_0.pdf.

Vera, F. W. M. (2000): Grazing ecology and forest history. – CABI Pub.

von Carlowitz, H. C. (1713): Sylvicultura oeconomica. – Johann Friedrich Braun; https://de.wikisource.org/wiki/Sylvicultura_oeconomica.

Williams, M. I. & Dumroese, R. K. (2013): Preparing for Climate Change: Forestry and Assisted Migration. – Journal of Forestry 111(4): 287–297; https://doi.org/10.5849/jof.13-016.

Winterholler, M. (2020): Moorrenaturierungen – vom Klimaschutzprogramm Bayern (KLIP) zum Fachplan Moore. – ANLiegen Natur 42(1): 7–18; www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/meldungen/wordpress/moorschutz/.

World Economic Forum (2022): The Global Risks Report 2022. – 17th Edition, INSIGHT REPORT.

WWF (= World Wildlife Fund 2020): Living Planet Report 2020 – Bending the curve of biodiversity loss.

Zollner, A. & Cronauer, H. (2004): Der Wasserhaushalt von Mooreinzugsgebieten in Abhängigkeit von ihrer Nutzung. – LWF-Bericht 40: 39–47.

Zückert, H. (2003): Allmende und Allmendaufhebung: Vergleichende Studien zum Spätmittelalter bis zu den Agrarreformen des 18./19. Jahrhunderts. – De Gruyter; https://doi.org/10.1515/9783110503746.

Anlage I

Ökosysteme entdecken

Walddomino

Material für Modul WA 12



Herausgeber

Bayerische Akademie für
Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)
Seethalerstraße 6
83410 Laufen

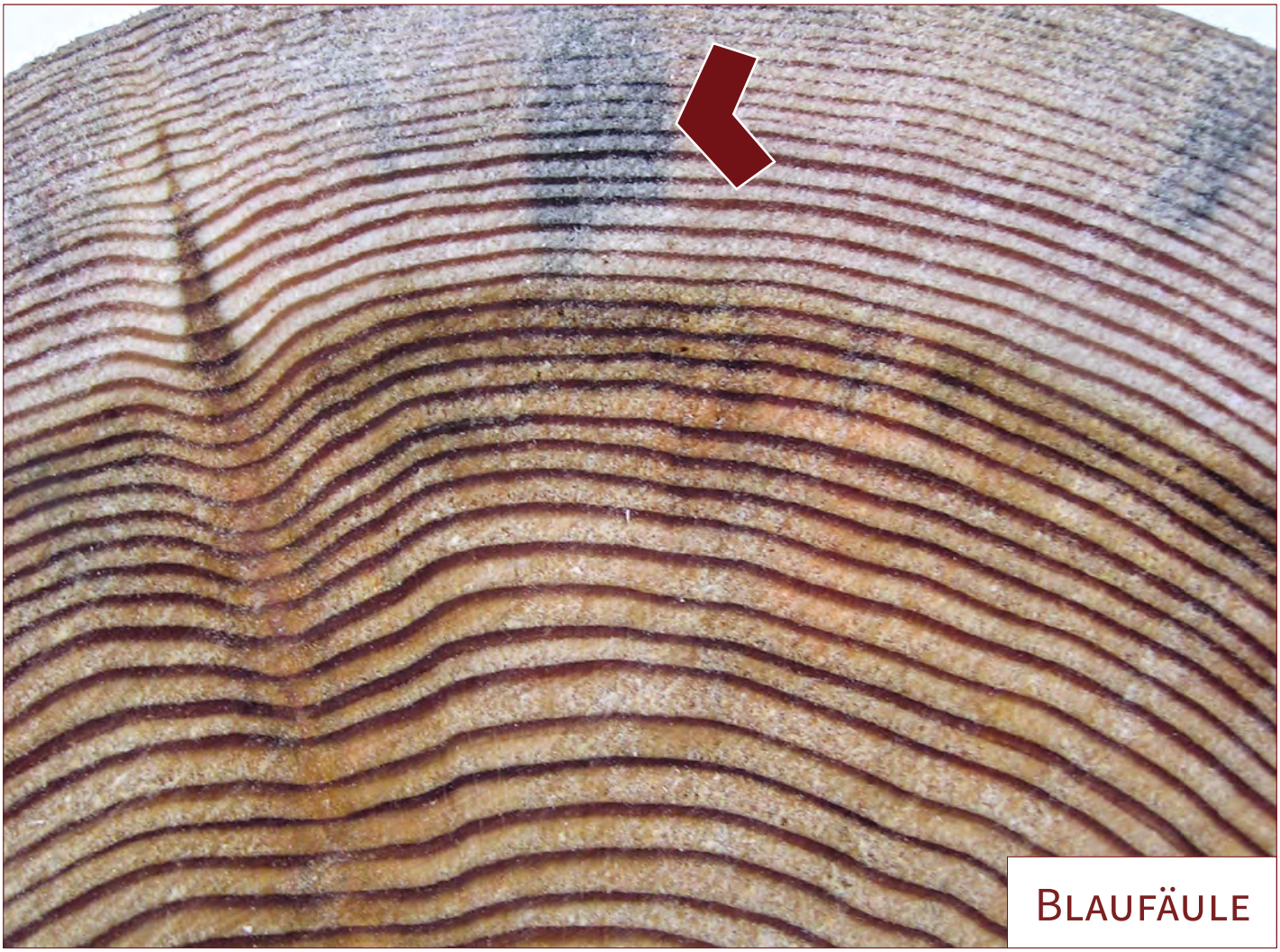
Bildnachweise

Alle Bilder und Zeichnungen:
Thomas Dankemeyer
Bergwalderlebniszentrum Ruhpolding
AELF Traunstein
Urschlau 4
83324 Ruhpolding

+49 861 70983101
bergwalderlebniszentrum.de



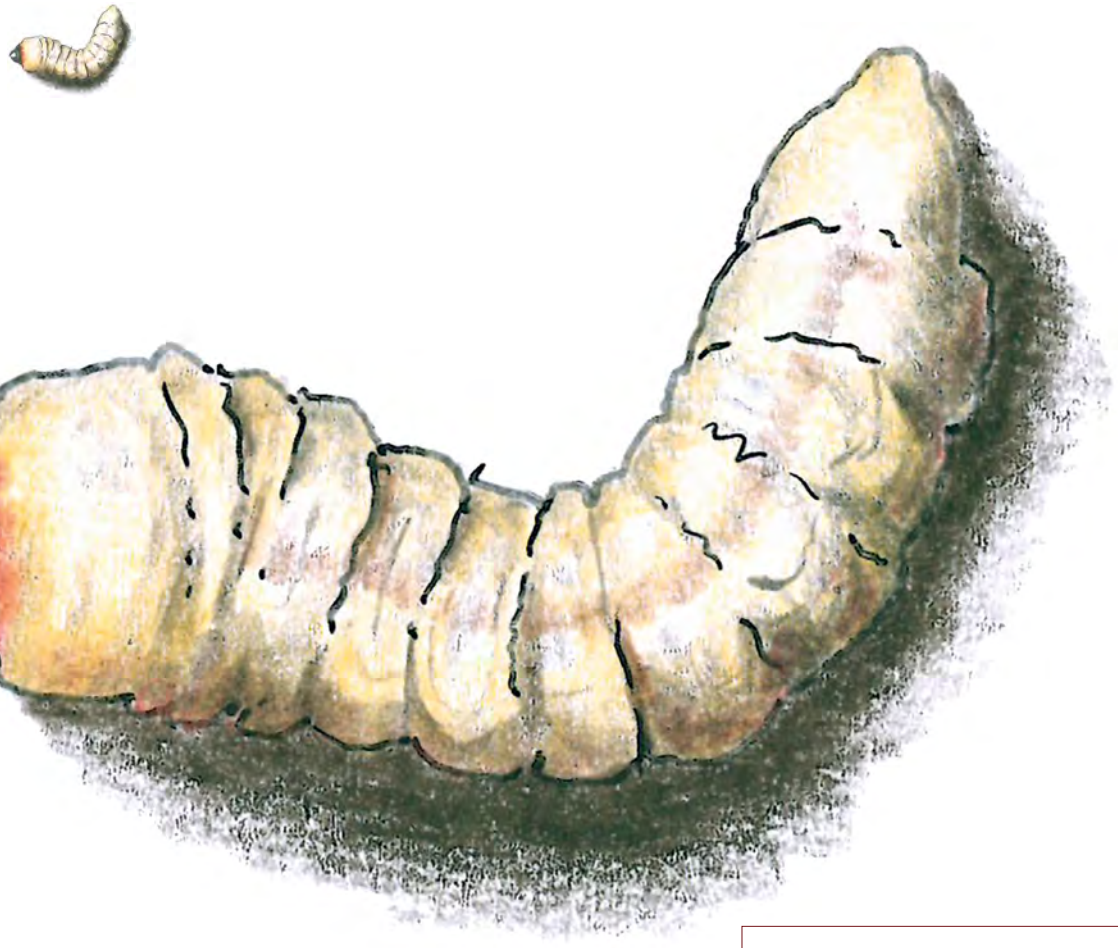
Baumpilz



Blaufäule

Anlage I Walddomino

Originalgröße:



Bockkäfer-Larve

Originalgröße:



Bockkäfer-Bohrloch

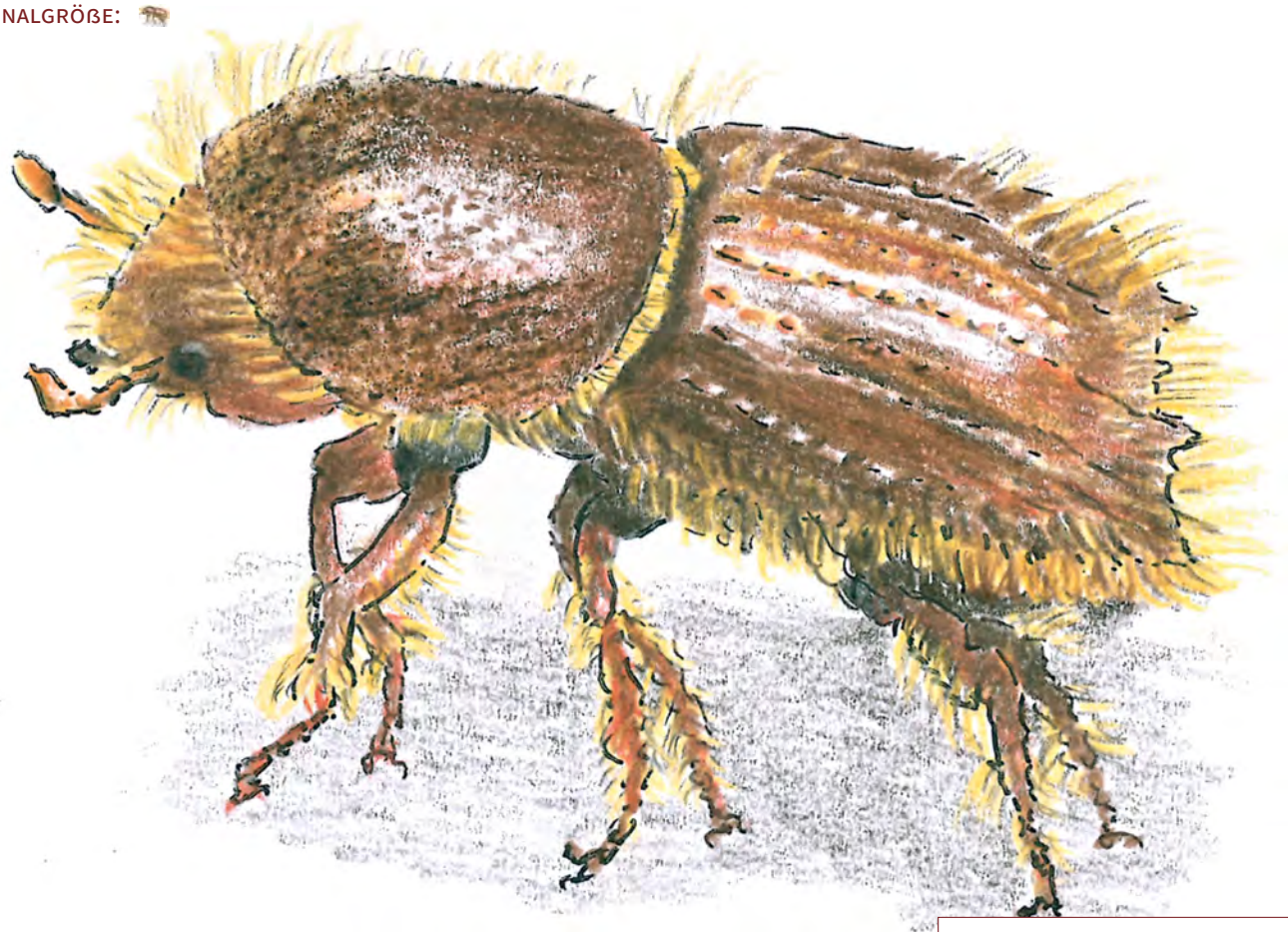
Anlage I Walddomino

Originalgröße:



Buchdrucker-Larve

Originalgröße:



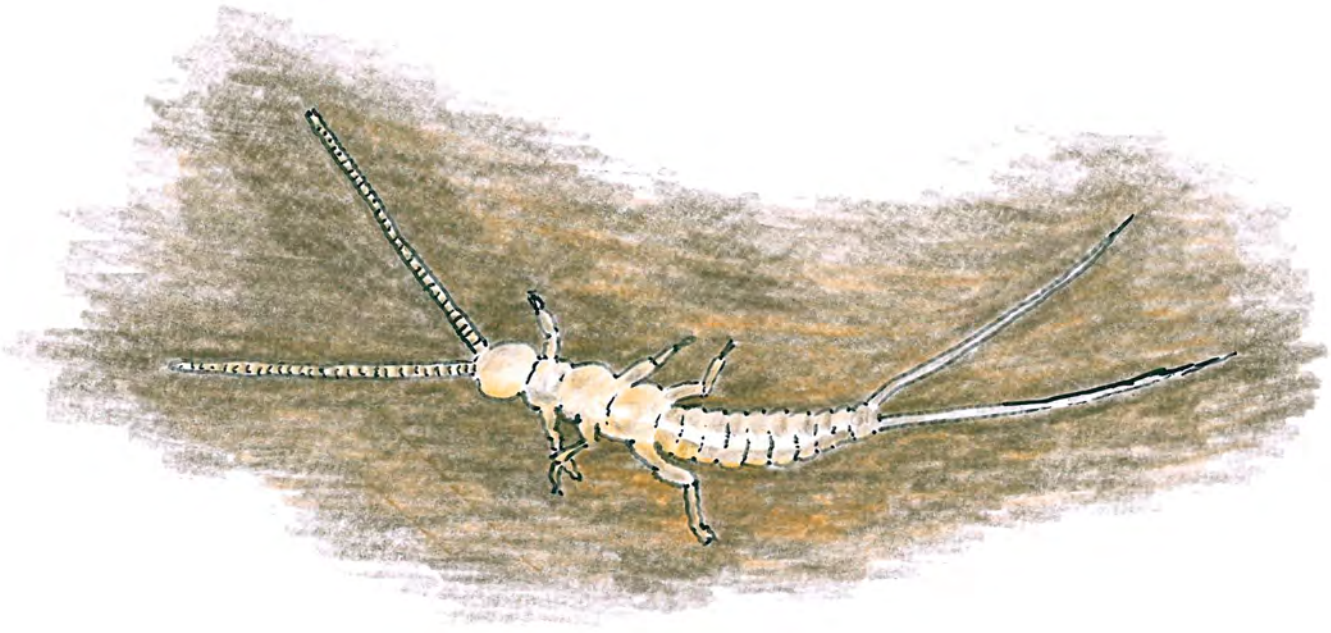
Buchdrucker

Anlage I Walddomino



Buntspecht

Originalgröße: H



Doppelschwanz

Anlage I Walddomino



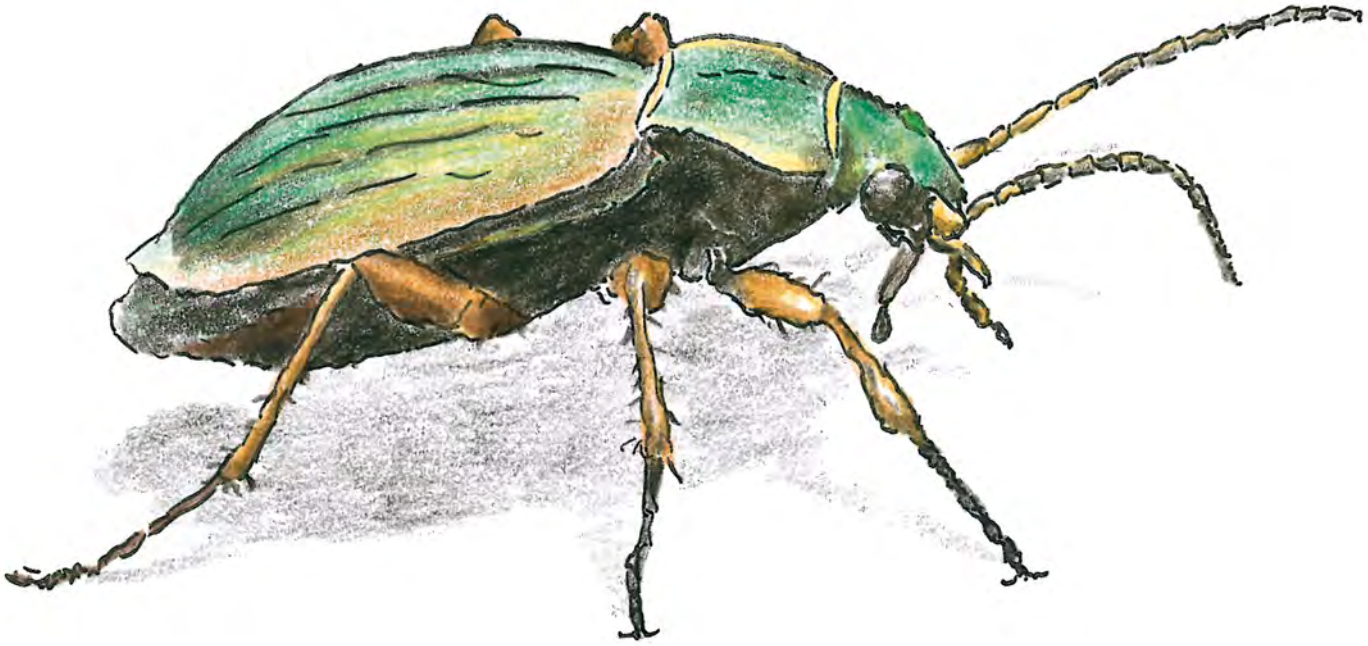
Flechten



Fichte (gesund)

Originalgröße:





Goldglänzender Laufkäfer



Holzverwitterung

Stufe 1

Anlage I Walddomino



Holzverwitterung
Stufe 2



Holzverwitterung
Stufe 3

Anlage I **Walddomino**

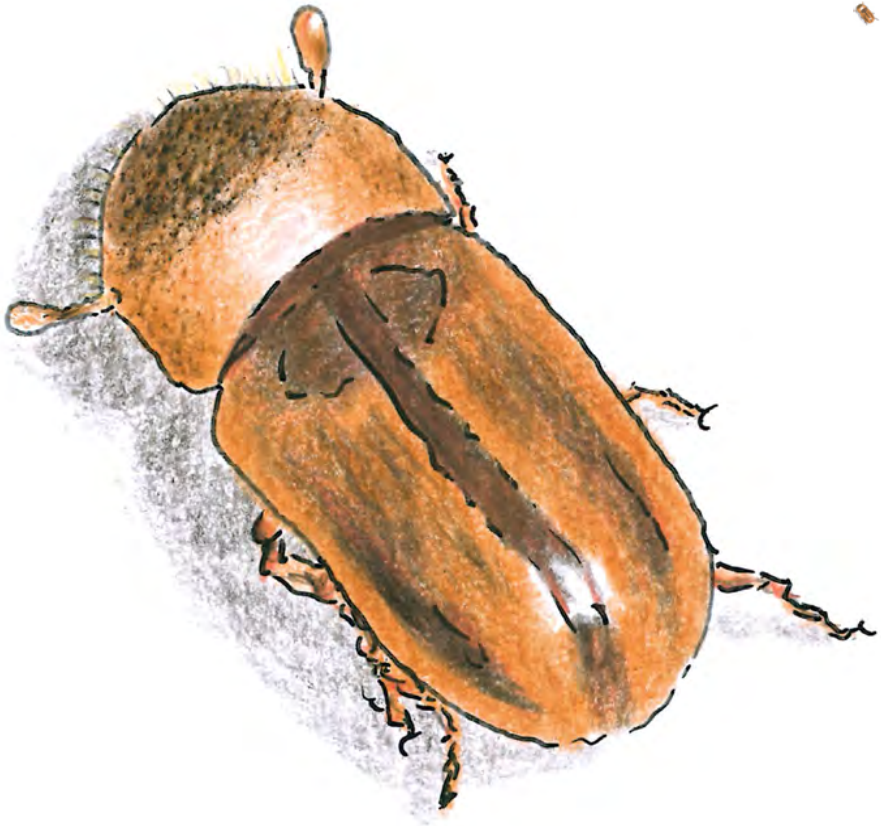


KÄFERBAUM

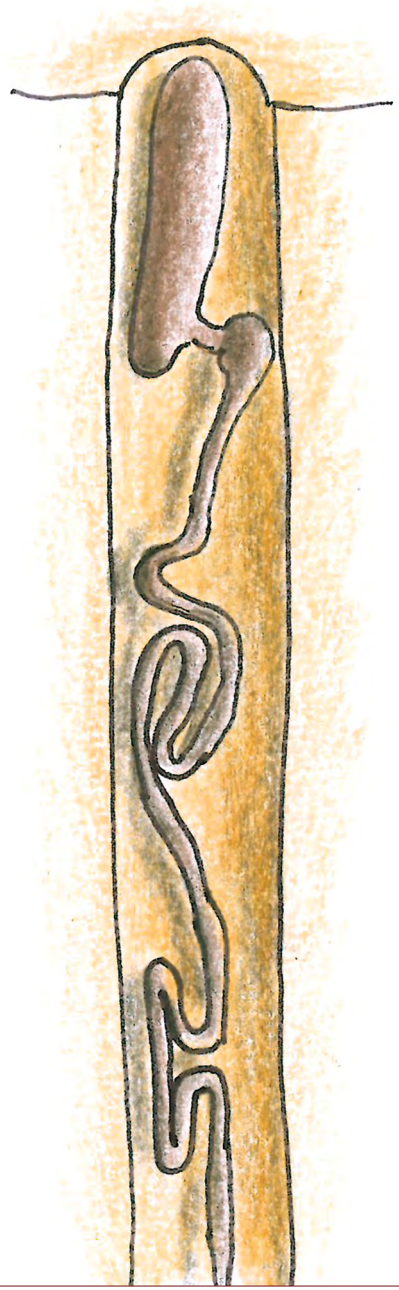


HUMUS

ORIGINALGRÖßE:



GESTREIFTER NUTZHOLZBORKENKÄFER



Dieser Pilz heftet seine Sporen an den Körper des Nutzholzborkenkäfers. Der streift sie dann in den Gängen im Holz ab, wenn er seine Eier legt.

Aus den Sporen wächst ein Pilzrasen, von dem sich die Larven das Borkenkäfers ernähren.

Man könnte dieses Zusammenspiel als Initialzündungen für die Holzzersetzung bezeichnen.

LEPTOGRAPHIUM LINDBERGII

Anlage I **Walddomino**



Verjüngung auf Totholz



Moos

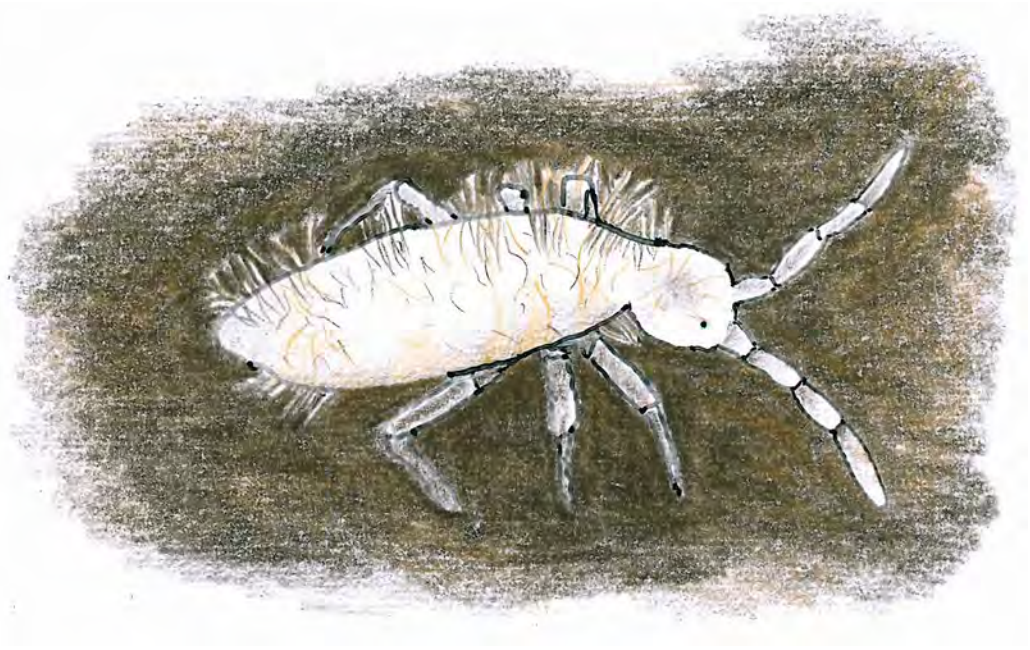


Spechtlöcher



Regen

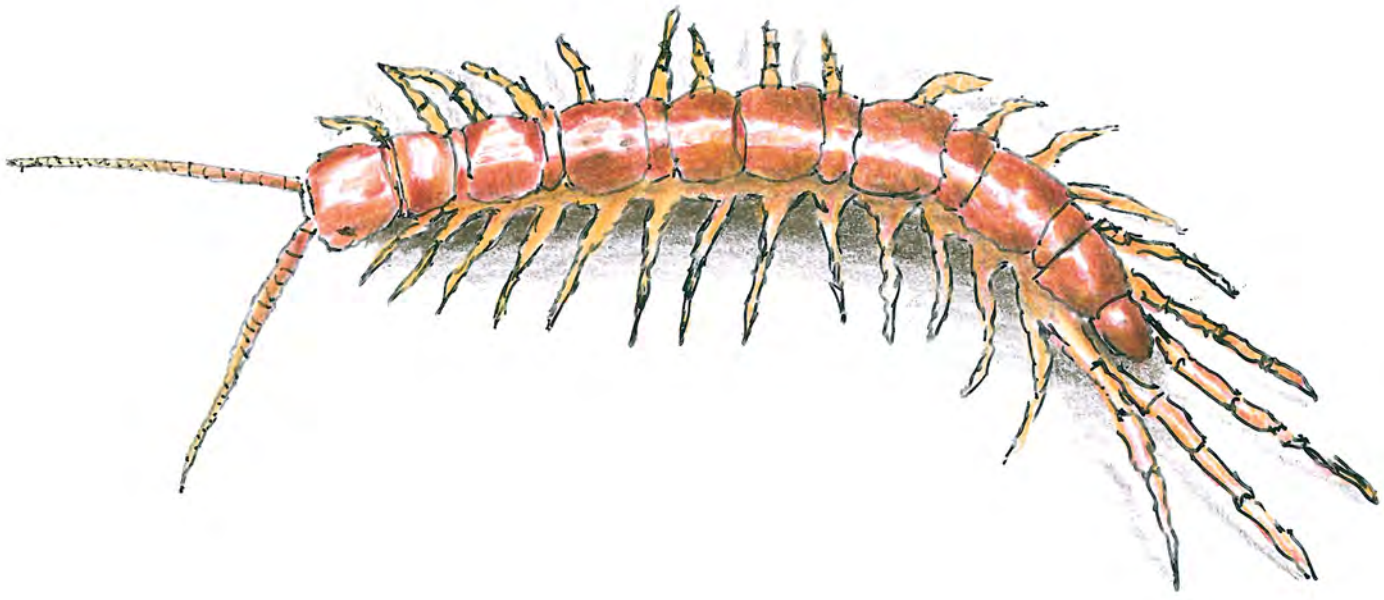
ORIGINALGRÖßE:



SPRINGSCHWANZ

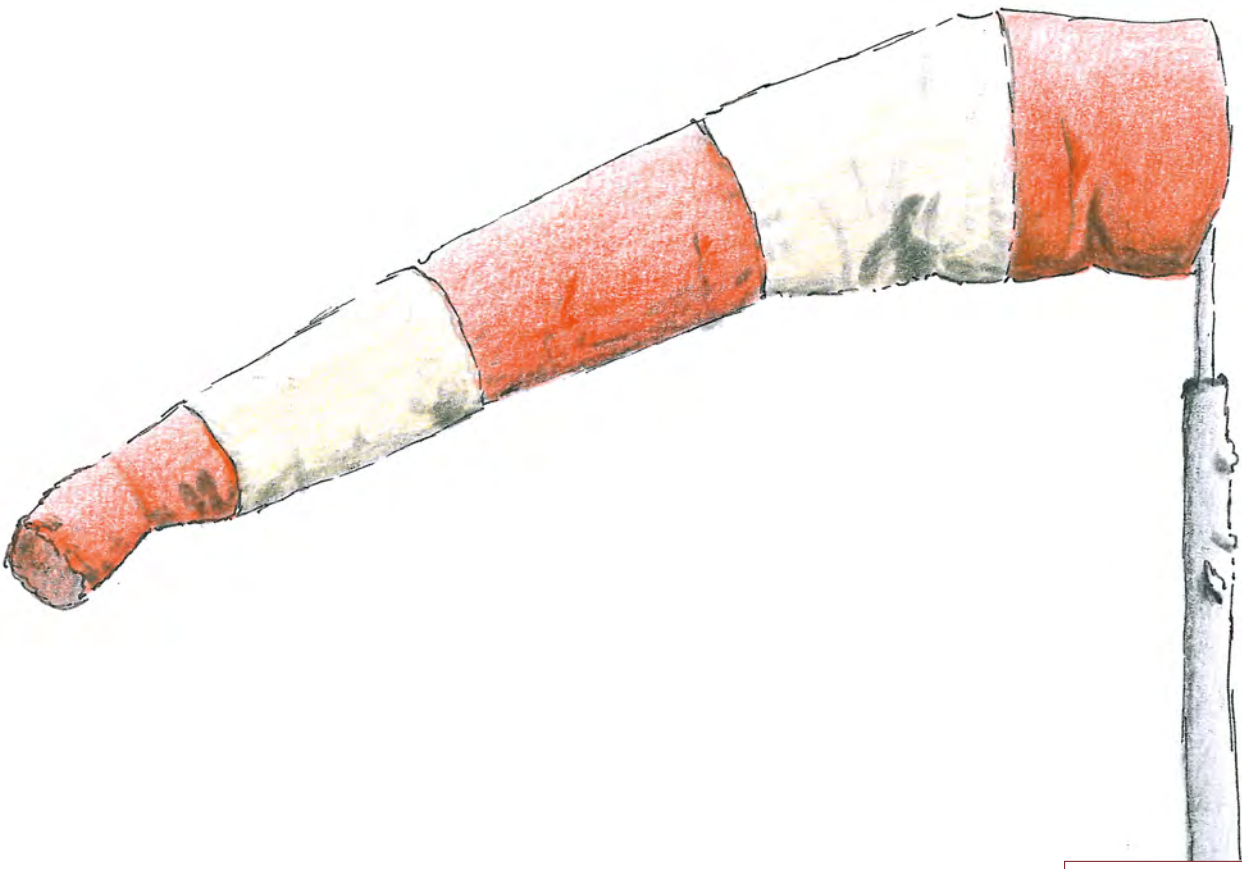
ORIGINALGRÖßE:





STEINLÄUFER

Anlage I Walddomino



Windsack



Windwurf

Anlage I **Walddomino**



FUCHS



WALDKAUZ



Waldmaus

Anlage II

Ökosysteme entdecken

Pilze

Material für Modul WA 13



Herausgeber

Bayerische Akademie für
Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)
Seethalerstraße 6
83410 Laufen

Bildnachweise

01 – Ziegenlippe: Albin Huber (AELF Krumbach)
02 – Goldröhrling: Albin Huber (AELF Krumbach)
03 – Erlengrübling: Albin Huber (AELF Krumbach)
04 – Herbsttrompete: Albin Huber (AELF Krumbach)
05 – Heiderotkappe: Albin Huber (AELF Krumbach)
06 – Reizker: Albin Huber (AELF Krumbach)
07 – Espenrotkappe: Albin Huber (AELF Krumbach)
08 – Eichenmilchling: Albin Huber (AELF Krumbach)
09 – Knollenblätterpilz: Albin Huber (AELF Krumbach)
10 – Nadelstinkschwindling: Albin Huber (AELF Krumbach)
11 – Fliegenpilz: Albin Huber (AELF Krumbach)
12 – Violetter Lacktrichterling: Albin Huber (AELF Krumbach)
13 – Samtfußkrempling: Albin Huber (AELF Krumbach)
14 – Austernseitling: Albin Huber (AELF Krumbach)
15 – Fenchelporling: Albin Huber (AELF Krumbach)
16 – Krause Glucke: Kerstin Hermann/pixabay
17 – Eichenwirrling: Albin Huber (AELF Krumbach)
18 – Hallimasch: Stefan Schweihofer/pixabay
19 – Zunderschwamm: Christoph Schütz/pixabay
20 – Ahornrunzelschorf: Albin Huber (AELF Krumbach)


01


02


03


04

02 – Goldröhrling

Suillus grevillei

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS

5–13 cm

9–15 cm

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

essbar

–Schleimige Huthaut entfernen–

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Mykorrhizapartner der Lärche

VORKOMMEN

unter Lärchen,
häufig

01 – Ziegenlippe

Xerocomus subtomentosus

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS

5–12 cm

5–10 cm

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

essbar

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Mykorrhizapartner verschiedener Baumarten

VORKOMMEN

in Laub- und Nadelwäldern,
häufig

04 – Totentrompete

Craterellus cornucopioides

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS

5–12 cm

3–8 cm
hohl

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

essbar

–Als Gewürzpilz zu verwenden–

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Mykorrhizapartner verschiedener Baumarten

VORKOMMEN

vor allem unter Buchen und Eichen,
gern aut Kalkböden

03 – Erlengrübling

Gyrodon lividus

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS

5–16 cm

3–7 cm

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

essbar

–soll jedoch verschont werden–

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Mykorrhizapartner der Erle

VORKOMMEN

unter Erlen,
eher selten


05


06


07


08

06 – Lachsreizker

Lactarius salmonicolor

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS

6–12 cm

6–8 cm

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

essbar

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Mykorrhizapartner der Tanne

VORKOMMEN

unter Tannen,
gern auf Kalkböden

05 – Heiderotkappe

Leccinum versipelle

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS

5–17 cm

10–20 cm

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

essbar

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Mykorrhizapartner der Birke

VORKOMMEN

unter Birken,
meidet Kalkböden

08 – Eichenmilchling

Lactarius quietus

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS

4–8 cm

5–7 cm

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

ungenießbar

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Mykorrhizapartner der Eiche

VORKOMMEN

unter Eichen,
häufig

07 – Espenrotkappe

Leccinum aurantiacum

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS

10–18 cm

15–20 cm

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

essbar

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Mykorrhizapartner der Zitterpappel

VORKOMMEN

unter Zitterpappeln


09


10


11


12

10 – Nadelstinkschwindling

Micromphale perforans

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS


0,5–1,5 cm


bis 3 cm

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

unbedeutend,
kein Speisepilz

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Streuzersetzer

VORKOMMEN

massenhaft auf abgefallenen Fichtennadeln,
sehr häufig

09 – Grüner Knollenblätterpilz

Amanitra phalloides

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS


6–13 cm


6–10 cm

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

tödlich giftig

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Mykorrhizapartner von Laubbäumen

VORKOMMEN

meist unter Eichen und Buchen,
gerne am Waldrand,
relativ häufig

12 – Violetter Lacktrichterling

Laccaria amethystina

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS


4–8 cm


5–7 cm

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

essbar

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Streuzersetzer

VORKOMMEN

im Laub- und Nadelwald,
bevorzugt zwiichen Moosen,
sehr häufig

11 – Fliegenpilz

Amanitra muscaria

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS


7–15 cm


10–15 cm

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

giftig

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Mykorrhizapartner verschiedener Baumarten

VORKOMMEN

vor allem unter Birken und Fichten,
meidet Kalkböden,
sehr häufig


13


14


15


16

14 – Austernseitling

Pleurotus ostreatus

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS

6–18 cm

1–2 cm
meist exzentrisch

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

essbar

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Hohzersetzer,
trfff auch als «Schwächeparasit» auf

VORKOMMEN

hauptsächlich an Laubholz:
abgestorbene Stämme und
lebende Bäume mit Rindenverletzungen

13 – Samtfußkrempling

Paxiulls atrotomentosus

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS

10–25 cm

3–8 cm
meist exzentrisch

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

ungenießbar

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Holzzersetzer

VORKOMMEN

an toten Nadelholzstümpfen,
sehr häufig

16 – Krause Glucke

Sparassis crispa

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS

15–30 cm
blumenkohlartig

1–3 cm
Stiel dick

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

essbar

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Holzzersetzer, auch als Wurzelparasit

VORKOMMEN

tote Kiefernstümpfe und wurzeln lebender Kiefern

15 – Fenchelporling

Gloephyllum odoratum

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS

5–15 cm

kein Stiel

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

ungenießbar

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Holzzersetzer

VORKOMMEN

an Fichtenstümpfen,
häufig


17


18


19


20

18 – Gemeiner Hallimasch

Armillaria ostoyae

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS

3–10 cm

10–15 cm

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

Hüte essbar,
nicht jedem
verträglich

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Hohzersetzer,
auch parasitär

VORKOMMEN

auf Fichte:
totes Holz,
gelegentlich auch an lebenden Fichten,
sehr häufig

17 – Eichenwirrling

Daedalea quercina

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS

10–20 cm

kein Stiel

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

ungenießbar

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Holzzersetzer, auch als Wundparasit

VORKOMMEN

totes Eichenholz sowie
alte Eichen mit Rindenverletzungen

20 – Ahornrunzelschorf

Rhytisma acerinum
(= «Teerfleckenkrankheit»)

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS

1–2 cm

kein Stiel

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

unbedeutend,
kein Speisepilz

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Parasit auf Ahornblättern

VORKOMMEN

auf Ahornblättern
am Baum sowie abgefallen,
häufig

19 – Zunderschwamm

Fomes fomentarius

MAßE DES FRUCHTKÖRPERS

10–25 cm

kein Stiel

SPEISEWERT FÜR DEN MENSCHEN

ungenießbar

ÖKOLOGISCHE FUNKTION

Holzzersetzer, auch als Wundparasit

VORKOMMEN

an Buche und Birke:
totes Holz sowie
Bäume mit Rindenverletzungen