



universität  
wien

# MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Didaktische Überlegungen zum Thema „Biodiversität“ im  
botanischen Garten der Universität Wien“

verfasst von / submitted by

Verena Aichberger BEd

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of  
Master of Education (MEd)

Wien, 2022 / Vienna, 2022

Studienkennzahl lt. Studienblatt /  
degree programme code as it appears on  
the student record sheet:

UA 199 502 507 02

Studienrichtung lt. Studienblatt /  
degree programme as it appears on  
the student record sheet:

Masterstudium Lehramt Sek (AB) UF Biologie  
und Umweltkunde UF Englisch

Betreut von / Supervisor:

ao. Univ.-Prof. Dr. Michael Kiehn



# Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all den Menschen bedanken, die das Verfassen dieser Arbeit erst ermöglicht haben.

Ganz besonderer Dank gilt an dieser Stelle Herrn Professor Dr. Michael Kiehn, der das Thema dieser Arbeit an mich herangetragen hat und mir stets unterstützend zur Seite stand. Ihre Begeisterung biologisches und botanisches Wissen anderen näher zu bringen sowie für die Thematik waren auch mir eine Inspiration.

Ich möchte mich auch herzlich bei Herrn Mag. Dr. David Bröderbauer für die Unterstützung beim Erstellen des Workshops bedanken. Seine Anregungen und Inputs waren beim Erstellen und Überarbeiten des Workshopaufbaus sowie dem Feilen an Details eine willkommene Bereicherung.

Herr Professor i.R. Dr. Manfred Fischer möchte ich dafür danken, dass er mich mit seinem umfangreichen Wissen bei der Bestimmung der Arten, die in der Brachfläche des botanischen Gartens zu finden und nicht mit Pflanzenetiketten beschildert sind, unterstützt hat. Mit viel Geduld hat er mir geholfen eine Liste der häufigsten und interessantesten der dort vorkommenden Arten zu erstellen.

Dank auch an Frau Dipl.-Ing. Barbara Knickmann für das zur Verfügung stellen der Artenlisten der einzelnen Gruppen des Botanischen Gartens, die mir die Erstellung der Listen interessanter Arten für den Workshop sehr erleichtert haben sowie für die Erstellung einer Artenliste der häufigsten Pflanzenarten in den Wiesenflächen des Gartens.

Abschließend möchte ich mich noch bei meiner Familie, meinen Freundinnen und Freunden sowie insbesondere meinem Lebenspartner für ihre Unterstützung und Geduld bedanken. Sie standen mir während des gesamten Erstellungsprozesses der Masterarbeit immer mit Rat und Tat zur Seite.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2. FACHLICHER HINTERGRUND</b> .....	<b>2</b>
2.1. BIODIVERSITÄT UND IHRE EBENEN.....	2
2.1.1. <i>Die genetische Ebene</i> .....	3
2.1.2. <i>Die organismische Ebene</i> .....	4
2.1.3. <i>Die ökosystemare Ebene</i> .....	6
2.2. BEDEUTUNG DER BIODIVERSITÄT.....	8
2.3. GEFÄHRDUNGSFAKTOREN FÜR DIE BIODIVERSITÄT.....	11
2.4. MAßNAHMEN ZUM SCHUTZ DER BIODIVERSITÄT.....	19
2.4.1. <i>Internationale Übereinkommen, Konventionen und Richtlinien</i> .....	20
2.4.1.1. Ramsar-Konvention.....	20
2.4.1.2. Washingtoner Artenschutzübereinkommen CITES.....	20
2.4.1.3. Übereinkommen über die biologische Vielfalt.....	20
2.4.1.4. Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie.....	21
2.4.2. <i>Rolle botanischer Gärten für die Erhaltung der Biodiversität</i> .....	22
2.4.2.1. Botanischer Garten der Universität Wien.....	23
2.5. BIODIVERSITÄT IN ÖSTERREICH - EIN ÜBERBLICK.....	25
2.6. LEBENSÄRÄUME.....	26
2.6.1. <i>Äcker</i> .....	27
2.6.2. <i>Brachflächen</i> .....	27
2.6.3. <i>Trockenrasen</i> .....	27
2.6.4. <i>Serpentinstandorte</i> .....	28
2.6.5. <i>Biotope im Hochgebirge</i> .....	28
2.6.6. <i>Wiesen und naturnahe Gärten</i> .....	29
2.6.7. <i>Süßgewässer und Feuchtstandorte</i> .....	30
2.6.8. <i>Rasen und Parks</i> .....	30
2.6.9. <i>Waldsäume von Laubwäldern</i> .....	31
2.6.10. <i>Nadelwälder</i> .....	32
<b>3. DIDAKTISCHE UND METHODISCHE GRUNDLAGEN</b> .....	<b>33</b>
3.1. DIDAKTISCHE REKONSTRUKTION.....	33
3.2. SCHÜLER*INNENVORSTELLUNGEN UND DIE <i>CONCEPTUAL CHANGE</i> THEORIE.....	33
3.2.1. <i>Conceptual Change und Conceptual Reconstruction</i> .....	35
3.2.2. <i>Schüler*innenvorstellungen mit Bezug zur Biodiversität</i> .....	36
3.3. INTERESSE VON LERNENDEN.....	37
3.3.1. <i>Das Interesse von Schüler*innen an biologischen Themen</i> .....	39
3.3.2. <i>Plant blindness</i> .....	40
3.4. FORSCHEND-ENTDECKENDES LERNEN.....	40
3.4.1. <i>Forschend-entdeckende Lernarrangements</i> .....	41
3.4.2. <i>Scaffolding</i> .....	43
3.4.3. <i>Erkenntnismethoden</i> .....	44
3.5. LERNEN AN AUßERSCHULISCHEN LERNORTEN.....	45

<b>4. WORKSHOP ZUM THEMA „BIODIVERSITÄT“</b> .....	<b>47</b>
4.1. RAHMENBEDINGUNGEN .....	47
4.2. CURRICULARE VERORTUNG/ LEHRPLANBEZUG .....	47
4.3. LERNZIELE .....	48
4.4. POTENZIELLE VORSTELLUNGEN DER WORKSHOPTEILNEHMER*INNEN ZUR BIODIVERSITÄT .....	49
4.5. ABLAUF.....	49
4.5.1. <i>Einstieg</i> .....	51
4.5.2. <i>Erarbeitungsphase 1: Einteilung Österreichs nach Einflussfaktoren (Temperatur, Niederschlag, Höhenlage):</i> .....	51
4.5.3. <i>Erarbeitungsphase 2: Erwartungen zu einem österreichischen Lebensraum festhalten und überprüfen sowie weitere Überlegungen in Bezug zum Lebensraum anstellen:</i> .....	54
4.5.4. <i>Sicherung und Diskussion</i> .....	59
4.5.5. <i>Reflexion</i> .....	60
<b>5. ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>61</b>
<b>6. LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>63</b>
<b>7. ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>67</b>
<b>8. TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>69</b>
<b>9. APPENDIX</b> .....	<b>70</b>
9.1. ABSTRACTS .....	70
9.1.1 <i>Abstract (deutsch)</i> .....	70
9.1.2. <i>Abstract (englisch)</i> .....	70
9.2. MATERIALIEN .....	71
9.2.1. <i>Stumme Karten Österreichs</i> .....	71
9.2.2. <i>Protokoll</i> .....	72
9.2.3. <i>Österreichkarten der Lebensräume</i> .....	74
9.2.4. <i>Infotext</i> .....	79
9.2.5. <i>Lagepläne</i> .....	80
9.2.6. <i>Listen interessanter Arten</i> .....	91
9.2.7. <i>Leitfragen</i> .....	101

# 1. Einleitung

Biodiversität umfasst neben der Artenvielfalt auch die genetische Vielfalt und die Vielfalt der Ökosysteme (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2001). Durch ihre Ökosystemdienstleistungen, die teils die Lebensgrundlage der Menschen bilden, ist Biodiversität von unschätzbarem Wert. Sie ist jedoch auch zahlreichen Bedrohungen ausgesetzt, weshalb verschiedenen Initiativen zu ihrem Schutz ins Leben gerufen wurden. Zum Schutz der Biodiversität ist es jedoch auch wichtig, ein Bewusstsein für die Bedeutung der Biodiversität mit all ihren Ebenen sowie ihrer Gefährdung in der Bevölkerung zu schaffen und Wissen darüber zu vermitteln. Das fachspezifische Wissen, auf dem sich diese Arbeit gründet, wurde im Kapitel 2 „Fachlicher Hintergrund“ der vorliegenden Arbeit festgehalten. Es stellt sich jedoch die Frage, wie die konkrete didaktische Umsetzung der Vermittlung von Wissen über die Biodiversität ausgestaltet sein kann.

Aus diesem Anlass wurde ein Workshop erstellt, der die Ressourcen des Botanischen Gartens der Universität Wien nutzt, um das Konzept der Biodiversität der Teilnehmer\*innen zu erweitern und sie auf mögliche Gefährdungsfaktoren aufmerksam zu machen. Die Grundlage bilden neben den fachwissenschaftlichen Informationen auch fachdidaktische Erkenntnisse, die sich im Aufbau des Workshops widerspiegeln und die im Kapitel 3 „Didaktische und methodische Grundlagen“ nachzulesen sind.

Da bei den meisten Schüler\*innen die Vorstellung vorherrscht, Biodiversität und Artenvielfalt seien gleichzusetzen, wird der Fokus im Workshop weniger auf die Diversität der Arten und mehr auf die Diversität der Ökosysteme bzw. Lebensräume gelegt. Einerseits soll den Teilnehmer\*innen dadurch verdeutlicht werden, dass Österreich eine große Vielfalt an Lebensräumen bzw. Biotoptypen beherbergt. Andererseits soll durch eigenständiges forschend-entdeckendes Lernen im Botanischen Garten auch die Vielfalt, die einzelne Lebensräume beherbergen, aufgezeigt werden. Hierfür wurden Lebensraumtypen ausgewählt, die charakteristisch für Österreich oder aufgrund ihrer Seltenheit relevant sind und die durch die Vegetation im Botanischen Garten repräsentiert werden. Die Beschreibung des Workshops sowie der dafür benötigten Materialien bilden den Schlusspunkt der vorliegenden Arbeit.

## 2. Fachlicher Hintergrund

### 2.1. Biodiversität und ihre Ebenen

Der Begriff „Biodiversität“ wird in der Öffentlichkeit häufig synonym mit dem Begriff „Artenvielfalt“ verstanden (Baur, 2010). Im Deutschen ist auch die Bezeichnung „Biologische Vielfalt“ im Alltag gebräuchlich (Wittig & Niekisch, 2014). Der Erhalt der Biodiversität wird oftmals mit Artenschutz gleichgesetzt (Baur, 2010). Tatsächlich umfasst die Biodiversität aber mehr als nur die Artenvielfalt, wie auch in der Definition in der Konvention über die biologische Vielfalt (*Convention on Biological Diversity*, CBD) festgehalten wird, die im Zuge der UNO-Konferenz über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro im Jahr 1992 verabschiedet wurde (Nentwig et al., 2017). In der Convention on Biological Diversity wurde Biodiversität wie folgt definiert:

„Biological diversity“ means the variability among living organisms from all sources including, inter alia, terrestrial, marine and other aquatic ecosystems and the ecological complexes of which they are part: this includes diversity within species, between species and of ecosystems. (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2001, S. 5)

Diese Definition von Biodiversität wird heute standardmäßig verwendet und weltweit als gültig akzeptiert. Eine deutsche Übersetzung der Definition findet sich bei Baur (2010):

Biologische Vielfalt bedeutet die Variabilität unter lebenden Organismen jeglicher Herkunft, darunter unter anderem Land- Meeres- und sonstige aquatische Ökosysteme und die ökologischen Komplexe, zu denen sie gehören: dies umfasst die Vielfalt innerhalb der Arten und zwischen den Arten und die Vielfalt der Ökosysteme. (S.7)

Aus wissenschaftlicher Sicht beinhaltet die Definition von Biodiversität drei Organisationsebenen: die genetische Ebene, die organismische Ebene und die ökosystemare Ebene (Baur, 2010). Daraus folgt, dass die synonyme Verwendung der Begriffe „Biodiversität“ und „Artenvielfalt“ wissenschaftlich nicht korrekt ist und einer Verkürzung des Konzepts gleichkommt.

### 2.1.1. Die genetische Ebene

Die Individuen einer Population weisen meist eine genetische Variabilität auf, die darauf zurückzuführen ist, dass sich die einzelnen Gene der Individuen geringfügig voneinander unterscheiden (Baur, 2010). Diese genetische Diversität innerhalb einer Art wird auch als intraspezifische Diversität bezeichnet (Wittig & Niekisch, 2014). Die Gene bestimmen sowohl das Aussehen als auch alle anderen biologischen Merkmale eines Organismus (Wittig & Niekisch, 2014). Ihre unterschiedlichen Ausprägungen werden als Allele bezeichnet (Baur, 2010). Die Gesamtheit aller Allele einer Population ist der sogenannte Genpool (Baur, 2010). Jedes Individuum besitzt eine konkrete Allelkombination, die als Genotyp bezeichnet wird (Baur, 2010). Dieser legt die Reaktionsmöglichkeiten des Individuums auf Umweltbedingungen fest (Wittig & Niekisch, 2014). Die tatsächliche Ausprägung des Genotyps eines Individuums unter bestimmten Umwelteinflüssen wird als Phänotyp bezeichnet und umfasst die morphologischen, anatomischen, physiologischen und biochemischen Eigenschaften des Individuums (Baur, 2010).

Die genetische Variabilität der Arten kommt durch die Rekombination der Gene im Zuge der sexuellen Fortpflanzung zustande (Baur, 2010). Durch das *Crossing-over* bei der Meiose entstehen neue Genkombinationen, die den Nachkommen vererbt werden (Baur, 2010). Bei Populationen die sich ausschließlich vegetativ vermehren, ist die genetische Vielfalt in der Regel am geringsten (Baur, 2010). Auch Arten mit häufiger oder obligater Selbstbefruchtung weisen meist eine eher geringe genetische Vielfalt auf (Baur, 2010). Obwohl auch das vorherrschende Paarungssystem und die Ausbreitungsdistanzen die genetische Diversität beeinflussen, spielt das Fortpflanzungssystem die wichtigste Rolle für die genetische Variabilität von Populationen (Baur, 2010). Veränderungen der Genfrequenzen in einer Population können durch die Ein- oder Auswanderung von Individuen, natürliche Selektion, Genfluss oder Zufallsprozesse (z.B. Keimbahnmutationen, genetische Drift) auftreten und so den Genpool der Population beeinflussen (Baur, 2010). Je höher die genetische Diversität in einer Population ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit der Anpassungsfähigkeit an veränderte Umweltbedingungen (Baur, 2010). Zur Bestimmung der genetischen Vielfalt von Populationen werden zwei verschiedenen Indizes herangezogen: Polymorphismus und Heterozygotie (Wittig & Niekisch, 2014). Da es in der Regel unmöglich ist, alle Individuen einer Population zu untersuchen, werden meist einzelne Individuen untersucht und verglichen (Wittig & Niekisch, 2014).

Zur Feststellung der genetischen Diversität eines Individuums wird die Heterozygotie ermittelt (Baur, 2010). Dafür werden die Allele an ausgewählten Genloci betrachtet (Baur, 2010). Besitzt ein Individuum zwei identische Allele eines Gens, so ist es homozygot (Wittig & Niekisch, 2014). Unterscheiden sich die Allele des betrachteten Genlocus, so ist das Individuum heterozygot (Wittig & Niekisch, 2014). Durch die Untersuchung mehrerer Genloci bei einem Individuum kann daraus die Häufigkeit der homozygoten und heterozygoten Loci errechnet werden (Baur, 2010). Im Extremfall sind alle Loci eines Individuums homozygot, was beispielsweise bei Organismen mit klonaler Fortpflanzung, Parthenogenese oder Vermehrung durch regelmäßige Selbstbefruchtung vorkommen kann (Baur, 2010). Bezogen auf eine Population besteht die Heterozygotie neben der Anzahl heterozygoter Gene eines durchschnittlichen Individuums auch noch aus einer weiteren Komponente: der Anzahl an Individuen, die für ein bestimmtes Gen heterozygot sind (Wittig & Niekisch, 2014). Die genetische Diversität einer Population ist umso größer, je mehr heterozygote Gene ein Individuum besitzt und je mehr Individuen für jedes Gen heterozygot sind.

Polymorphismus kann festgestellt werden, indem die Kombinationen von Allelen bei verschiedenen Individuen einer Population untersucht werden (Baur, 2010). Weisen alle Individuen am untersuchten Genlocus zwei gleiche Allele auf, so ist die Population an diesem Locus monomorph (Baur, 2010). Unterscheiden sich aber die Allele einiger Individuen am untersuchten Locus, so ist die Population polymorph (Baur, 2010). Man spricht von Polymorphismus wenn für mindestens ein Gen mehrere Allele vorkommen (Wittig & Niekisch, 2014). Der Polymorphismus umfasst jedoch noch eine zweite Komponente: die Zahl der Allele die ein polymorphes Gen aufweist (Wittig & Niekisch, 2014). Je größer die Zahl der Allele eines polymorphen Gens ist und je mehr polymorphe Gene in einer Population existieren, desto größer ist die genetische Diversität dieser Population.

### **2.1.2. Die organismische Ebene**

Die organismische Ebene umfasst die Vielfalt der Taxa, also der Unterarten, Arten, Gattungen und Familien (Baur, 2010). Die Diversität auf organismischer Ebene wird anhand der Artendiversität diskutiert, die auch als interspezifische Diversität bezeichnet wird (Wittig & Niekisch, 2014). Diese lässt sich wiederum in drei Typen – Alpha-Diversität, Beta-Diversität und Gamma-Diversität – unterscheiden (Wittig & Niekisch, 2014). Um jedoch die Artendiversität bestimmen zu können, muss vorab festgelegt werden, was eine

Art ist. Nach der morphologischen Definition ist eine Art „eine Gruppe von Individuen, die sich in morphologischer, physiologischer oder biochemischer Hinsicht von anderen Gruppen unterscheiden“ (Baur, 2010, S. 16). Der biologischen Definition zufolge ist eine Art „eine Gruppe tatsächlich und potentiell kreuzbarer Individuen, die sich mit Individuen anderer Gruppen unter natürlichen Bedingungen nicht fortpflanzen“ (Baur, 2010, S. 16-17). Trotz gewisser Einschränkungen findet das biologische Artkonzept häufig Verwendung in der Ökologie und in der Naturschutzbiologie (Baur, 2010).

Die Alpha-Diversität ( $\alpha$ -Diversität) gibt die Artenzahl pro Flächeninhalt in einer Biozönose an (Wittig & Niekisch, 2014). Sie entspricht dem Begriff „Artenreichtum“ (Baur, 2010). Da einzelne Lebensgemeinschaften oder Gilden betrachtet werden, ist sie flächen- oder typenbezogen (Baur, 2010). Die Alpha-Diversität kann jedoch neben Lebensgemeinschaften und Gilden auch auf die genetische Vielfalt, die Vielfalt funktioneller Gruppen oder die Ökosystemvielfalt bezogen werden (Baur, 2010). Um das Ausmaß der Veränderung der Artenzusammensetzung entlang eines Umweltgradienten zu beschreiben, verwendet man die Beta-Diversität ( $\beta$ -Diversität) (Baur, 2010; Wittig & Niekisch, 2014). Je stärker sich die Artenzusammensetzung entlang eines Umweltgradienten ändert, desto höher ist die Beta-Diversität (Baur, 2010). Mit der Gamma-Diversität ( $\gamma$ -Diversität) wird die Artenzahl in einem großräumigen Gebiet angegeben (Baur, 2010). Sie bezieht sich meist auf die Gesamtzahl aller Arten innerhalb von Ländern, Landschaften oder Vegetationskomplexen (Wittig & Niekisch, 2014). Da die Gamma-Diversität die Diversitäten verschiedener Lebensräume zusammenfasst, ist sie immer größer als die Alpha-Diversität (Baur, 2010).

Die quantitative Bestimmung der Artendiversität ist mit gewissen Problematiken verbunden, da in der Regel nur Teile von Lebensgemeinschaften oder Gebieten stichprobenartig untersucht werden und daraus dann die Artendiversität geschätzt wird (Baur, 2010). So sind größere Organismen leichter zu lokalisieren und identifizieren als kleinere und es sind in Lebensgemeinschaften auch nicht alle Arten zu jedem Zeitpunkt erfassbar (Baur, 2010). Zudem kommen in Lebensgemeinschaften typischerweise einige wenige Arten mit hoher Individuenzahl vor, während andere Arten nur mit sehr geringer Individuenzahl vertreten sind, weshalb es meist keine Gleichverteilung von Arten (*evenness*) in einem Lebensraum gibt (Baur, 2010). Daher ist zu beachten, dass reine Artenlisten von Lebensgemeinschaften ohne Angaben zur Häufigkeit der Arten nur eine geringe wissenschaftliche Aussagekraft haben (Baur, 2010). Die Artendiversität setzt sich also aus der Anzahl

der verschiedenen Arten und deren Häufigkeitsverteilung, also der Anzahl der Individuen jeder Art, zusammen (Wittig & Niekisch, 2014). Zur Berechnung der Diversität existieren verschiedene Methoden, die die Anzahl der verschiedenen Arten und die Häufigkeitsverteilung in einem Biodiversitätsindex kombinieren (Baur, 2010). Die Biodiversitätsindizes erlauben zwar den Vergleich von Lebensgemeinschaften, sollten jedoch nicht zur Charakterisierung der Biodiversität herangezogen werden (Baur, 2010).

Neben quantitativen Methoden zur Bestimmung der Artendiversität gibt es auch qualitative Methoden, die allerdings ebenfalls mit Problematiken verbunden sind. So werden beim Ansatz mit Indikatorgruppen bestimmte Organismengruppen als stellvertretende Artengruppe bzw. Indikator für die Artendiversität verwendet (Baur, 2010). Diese Methode beruht auf der Annahme, dass die Diversität der untersuchten Organismengruppen mit der unbekanntem Diversität anderer Organismengruppen korreliert, was jedoch vielfach nicht zutrifft (Baur, 2010). Eine weitere Methode zur qualitativen Bestimmung der Artendiversität ist die Schätzung anhand sogenannter Morphotypen (Baur, 2010). Die gesammelten Individuen werden bei diesem Ansatz anhand der Übereinstimmung in wesentlichen Merkmalen nach Morphotypen zusammengefasst ohne die Arten zu bestimmen (Baur, 2010). Dabei wird jedoch häufig die effektive Artendiversität unterschätzt, da Individuen sehr ähnlich aussehender Arten demselben Morphotyp zugeordnet werden (Baur, 2010). Um die Artendiversität in größeren Gebieten einschätzen zu können, werden häufig Landschaftseigenschaften (z.B. Klima Relief, Hydrologie, Bodenverhältnisse) erfasst und daraus Indikatoren für die Biodiversität abgeleitet (Baur, 2010). Zu diesen Indikatoren gehören beispielsweise der Biototyp sowie dessen Naturnähe, die Landnutzungsart und Störungen (Baur, 2010). Durch die Kombination von Informationen zur Landschaftsstruktur und Informationen zu den Lebensraumbedürfnissen einzelner Arten können mithilfe von Modellierungstechniken potenzielle Verbreitungskarten abgeleitet werden (Baur, 2010).

### **2.1.3. Die ökosystemare Ebene**

Die ökosystemare Ebene beinhaltet die Vielfalt der Lebensgemeinschaften von Arten und ihre Wechselbeziehungen (Baur, 2010). Lebensgemeinschaften werden auch als Biozönosen bezeichnet und kommen in der Regel in einem charakteristischen Lebensraum, dem sogenannten Biotop, vor (Wittig & Niekisch, 2014). Die Biozönose und ihr Biotop einschließlich seiner abiotischen Faktoren bilden gemeinsam ein Ökosystem (Campbell

et al., 2016). Zwar werden Ökosysteme häufig als relativ selbstständig angesehen, sie hängen aber dennoch voneinander ab, weshalb viele Autoren Biozönosen nicht mehr ausschließlich auf Ökosysteme beschränken, sondern auch auf Landschaften erweitern (Wittig & Niekisch, 2014). Auch Lebensräume lassen sich nicht immer klar abgrenzen, da sie in vielen Fällen ineinander übergehen und sich nur geringfügig unterscheiden (Weber, 2018). Abhängig von der Perspektive kann eine räumliche Einheit als Ökosystem, Teilkompartiment eines Ökosystems oder Ökosystemkomplex, also Landschaft, angesehen werden (Wittig & Niekisch, 2014). Daraus ergibt sich, dass sich die genaue Bestimmung und Abgrenzung der Biodiversität auf dieser Ebene schwieriger gestaltet als auf der genetischen oder organismischen Ebene (Wittig & Niekisch, 2014). Die ökosystemare Ebene der Biodiversität schließt auch die Dimension der Zeit mit ein, da Ökosysteme definitionsgemäß nicht nur Biozönose und Biotop, sondern auch das Wirkgefüge von Lebewesen und ihrer anorganischen Umwelt und somit Prozesse und Interaktionen einschließt (Wittig & Niekisch, 2014).

Nicht alle Lebensräume sind natürlich entstanden, sondern sind Teil der Kulturlandschaft und damit durch den Menschen hervorgebracht worden (Weber, 2018). Jedoch tragen auch Lebensräume der Kulturlandschaften zur Biodiversität bei (Weber, 2018). Wittig und Niekisch (2014) zufolge, hängt „die Vielfalt der innerhalb einer Landschaft anzutreffenden Ökosysteme ... nicht zuletzt von der Intensität und der Art und Weise der menschlichen Eingriffe ab“ (S. 17).

Die Diversität der Ökosysteme ist von großer Bedeutung, da zum einen in unterschiedlichen Ökosystemen unterschiedliche Standortbedingungen herrschen und zum anderen unterschiedliche Ökosysteme verschiedene Arten beherbergen (Wittig & Niekisch, 2014). Die unterschiedlichen Standortbedingungen kommen beispielsweise bei Extremereignissen wie beispielsweise extremer Trockenheit oder Waldbränden zum Tragen, da in diesen Situationen alternative Standorte für viele Arten eine Überlebenschance bieten (Wittig & Niekisch, 2014). Durch die unterschiedliche Zusammensetzung der Arten in Ökosystemen besteht beispielsweise bei klimatischen Veränderungen in einem Ökosystem die Möglichkeit, dass besser an die neuen Bedingungen angepasste Arten aus benachbarten Ökosystemen einwandern und das veränderte Ökosystem besiedeln können (Wittig & Niekisch, 2014).

Zusätzlich besteht zwischen der ökosystemaren Ebene mit ihren Ökosystemfunktionen und der Alpha-Diversität ein Zusammenhang. Je höher die Alpha-Diversität eines Ökosystems ist, desto besser kann es die Effekte von Störungen der Diversitäts-Stabilitäts-Hypothese zufolge abfedern (Wittig & Niekisch, 2014). Es hängen jedoch nicht alle Ökosystemfunktionen von der Alpha-Diversität ab (Wittig & Niekisch, 2014). Des Weiteren darf die Stabilität eines Ökosystems insbesondere bei kleinräumlicher Betrachtung nicht mit einer Konstanz der Artenzusammensetzung gleichgesetzt werden, da insbesondere Biozönosen mit hoher Alpha-Diversität eine hohe Mobilität der Arten innerhalb eines großflächigeren Lebensraums aufweisen (Wittig & Niekisch, 2014).

## **2.2. Bedeutung der Biodiversität**

Aus einer anthropozentrischen Betrachtungsweise heraus liegt die Bedeutung der Biodiversität in ihrer Nutzbarkeit (Baur, 2010). Diese Nutzbarkeit wird mit dem Begriff „Ökosystemdienstleistungen“ (engl. *ecosystem services*) umschrieben und manchmal verkürzt als Ökosystemleistung bezeichnet (Wittig & Niekisch, 2014). Ökosysteme erbringen in den meisten Fällen mehrere Ökosystemdienstleistungen gleichzeitig (Wittig & Niekisch, 2014). Die Ökosystemdienstleistungen sind vom Funktionieren der Ökosysteme abhängig (Wittig & Niekisch, 2014). Das Funktionieren der Ökosysteme ist wiederum abhängig vom Vorhandensein eines möglichst großen Anteils des natürlich vorkommenden Arteninventars (Wittig & Niekisch, 2014). Auch Ökosysteme die durch den Menschen verändert wurden, wie beispielsweise Grünanlagen in Städten, leisten durch ihre Biodiversität wichtige Dienste (Baur, 2010). Einzelne Ökosystemdienstleistungen sind je nach Ökosystem und vorhandener Artenvielfalt unterschiedlich stark ausgeprägt (Baur, 2010). Baur (2010) zufolge können „artenreiche Ökosysteme ... ihre funktionelle Integrität über längere Zeit wahren und Umweltveränderungen besser abpuffern als artenarme Ökosysteme“ (S. 65). Eine höhere Artendiversität ermöglicht somit Ökosystemen eher beim Ausfall einzelner Arten Aufrechterhaltung der Ökosystemdienstleistungen (Baur, 2010). Je höher die Biodiversitätsverluste auf organismischer und ökosystemarer Ebene sind, desto einschneidender fallen die Konsequenzen für die Menschheit aus (Wittig & Niekisch, 2014). Eine Schwächung der Ökosysteme durch einmalige, wiederholte oder langanhaltende Eingriffe hat eine Reduktion der Ökosystemdienstleistungen zur Folge (Baur, 2010). Da die verschiedenen Leistungen eines Ökosystems voneinander abhängen, können sie sich auch gegenseitig beeinflussen (Baur, 2010).

Um die Bedeutung der Biodiversität klarer definieren zu können müssen Ökosystemdienstleistungen von Ökosystemfunktionen unterschieden werden (Wittig & Niekisch, 2014). Prozesse, die in Ökosysteme ablaufen und nicht direkt vom Menschen genutzt werden können, wie beispielsweise die Humusproduktion, und zum normalen „Funktionieren“ eines Ökosystems gehören, sind Ökosystemfunktionen (Wittig & Niekisch, 2014). Die Ökosystemdienstleistungen können in vier Kategorien unterteilt werden: unterstützende Dienstleistungen (engl. *supporting services*), bereitstellende Dienstleistungen (engl. *provisioning services*), regulierende Dienstleistungen (engl. *regulating services*) und kulturelle Dienstleistungen (engl. *cultural services*) (Baur, 2010; Weber, 2018; Wittig & Niekisch, 2014).

Zu den unterstützenden Dienstleistungen werden all jene Prozesse und Eigenschaften gezählt, die für alles Leben unabdingbar sind und somit auch dem Menschen seine Existenz erlauben (Weber, 2018). Zu diesen Dienstleistungen gehören beispielsweise die Umwandlung von Sonnenlicht in Energie und Biomasse, der Wasserkreislauf, die Bodenbildung, die Sauerstoffbildung, Abbauprozesse, die Aufrechterhaltung der Nährstoffkreisläufe und die Erhaltung der genetischen Vielfalt (Baur, 2010; Nentwig et al., 2017; Weber, 2018; Wittig & Niekisch, 2014).

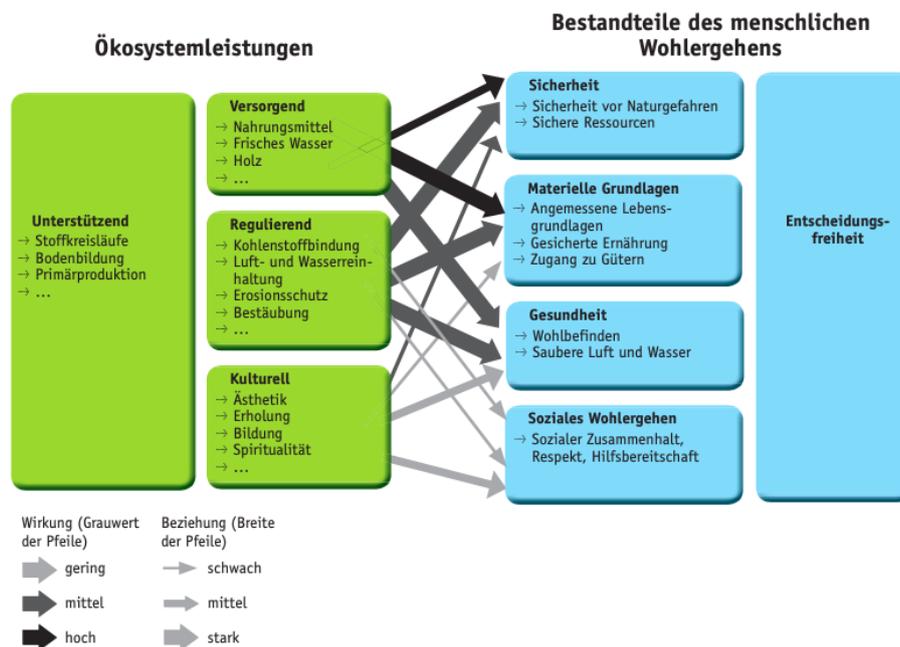
Die bereitstellenden Dienstleistungen von Ökosysteme ermöglichen dem Menschen die Deckung seiner Grundbedürfnisse (Weber, 2018). Sie umfassen die Produktion von Nahrung und die Bereitstellung von Wasser ebenso wie das zur Verfügung stellen von Brenn- und Baustoffen wie Holz und Naturfasern (Baur, 2010; Weber, 2018; Wittig & Niekisch, 2014). Auch die Produktion von Rohstoffen, die für Arzneimittel verwendet werden, wird den bereitstellenden Dienstleistungen zugeordnet (Weber, 2018). Nur dieser Typ von Ökosystemdienstleistungen ist direkt sichtbar und auch durch einen finanziellen Wert leicht erfassbar (Wittig & Niekisch, 2014).

Eng verwandt mit den unterstützenden Dienstleistungen sind die regulierenden Dienstleistungen (Weber, 2018). Zu ihnen gehören Vorgänge in der Natur, die das Leben angenehmer gestalten (Weber, 2018). Die regulierenden Dienstleistungen umfassen unter anderem die Regulation des Klimas, die Filterung bzw. den Abbau von Schadstoffen, die Bestäubung von Blütenpflanzen, die Abfederung der Auswirkungen von Extremereignissen wie Überschwemmungen oder Trockenheit sowie die Selbstreinigung von Gewässern (Baur, 2010; Weber, 2018; Wittig & Niekisch, 2014). Sie schützen auch in gewissem

Maß vor Krankheiten bzw. dem Ausbruch von Krankheits- und Schädlingsepidemien, da sie die Bestände von Krankheitserregern und Schädlingen regulieren (Baur, 2010; Weber, 2018; Wittig & Niekisch, 2014).

Schließlich gibt es noch die kulturellen Dienstleistungen, die auf dem Vorhandensein bestimmter Pflanzen, Tiere oder Landschaften basieren (Baur, 2010). Diese können aus religiösen, spirituellen oder historischen Gründen von Bedeutung für den Menschen sein (Baur, 2010). Sie beeinflussen durch die Biodiversität unsere Stimmung und den Grad des Wohlfühlens und ermöglichen Erholung, Bildung und Freizeitgestaltung (Baur, 2010; Weber, 2018). Ihnen werden auch Naturerlebnisse und Naturtourismus zugeordnet und sie können für Inspiration sorgen (Weber, 2018; Wittig & Niekisch, 2014).

Nicht alle Ökosystemdienstleistungen sind eindeutig einer der vier beschriebenen Kategorien zuzuordnen (Baur, 2010). Abbildung 1 veranschaulicht die Wirkungen einzelner Ökosystemdienstleistungen auf den Menschen und somit deren Bedeutung.



**Abbildung 1: Wirkungen von Ökosystemdienstleistungen auf das Wohlergehen des Menschen (Götzl et al., 2013, S. 233)**

Es gab auch immer wieder Versuche die von Ökosystemen erbrachten Leistungen monetär zu bewerten und zu vergleichen (Götzl et al., 2013). Da der langfristige Wert von Ökosystemdienstleistungen meist eindeutig höher ist als der kurzfristige mögliche Gewinn, sollte auch deutlicher erkennbar werden, dass sich der Erhalt der Biodiversität rentiert (Wittig & Niekisch, 2014). Durch die Bewertung von Ökosystemdienstleistungen soll

auch den Entscheidungsträgern aus Wirtschaft und Politik vermittelt werden, dass hinter der Biodiversität und den Ökosystemdienstleistungen wirtschaftliche Werte und finanzielle Potentiale stehen (Nentwig et al., 2017; Wittig & Niekisch, 2014). Tatsächlich gestaltet sich die monetäre Bewertung von Ökosystemdienstleistungen allerdings schwierig, da bei manchen Ökosystemdienstleistungen der Wert nicht einfach zu ermitteln ist (Götzl et al., 2013). Während den bereitstellenden Dienstleistungen relativ leicht ein monetärer Wert zugeordnet werden kann, sind kulturelle Dienstleistungen kaum umfassend finanziell zu erfassen (Götzl et al., 2013; Nentwig et al., 2017; Wittig & Niekisch, 2014). Zusätzlich sollten Doppelzählungen von Leistungen bei der Bewertung vermieden werden (Baur, 2010).

### **2.3. Gefährdungsfaktoren für die Biodiversität**

Biodiversität hat eine große Bedeutung für den Menschen und wurde deshalb seit jeher vom Menschen genutzt und beeinflusst (Baur, 2010; Wittig & Niekisch, 2014). Mit dem Bevölkerungswachstum stieg auch der Einfluss des Menschen auf Ökosysteme (Baur, 2010; Nentwig et al., 2017). Aus Naturlandschaften wurden Kulturlandschaften (Frey & Lösch, 2010). Der Einfluss des Menschen auf Naturlandschaften ist so groß, dass es im west-, mittel- und südeuropäischen Raum kaum mehr Flächen mit Vegetation gibt, die nicht wenigstens zeitweilig durch menschliche Aktivitäten beeinflusst wird (Frey & Lösch, 2010). Die Veränderungen geschehen so schnell und großräumig, dass es der natürlich vorkommenden Flora und Fauna nicht mehr möglich ist angemessen auf diese zu reagieren (Nentwig et al., 2017). Da der Mensch derzeit mehr Ressourcen verbraucht als die Erde regenerieren kann, ist die biologische Vielfalt zunehmend bedroht (Baur, 2010). Die Gefährdung der Biodiversität ist überwiegend auf anthropogene Ursachen zurückzuführen (Wittig & Niekisch, 2014). Diese Ursachen führen auch zu einer erhöhten Aussterberate, die als Artenschwund wahrgenommen wird (Baur, 2010). Zwar ist das Aussterben von Arten ein Grundprinzip der Evolution des Lebens, jedoch übersteigt die aktuelle, durch den Menschen ausgelöste Aussterberate deutlich die natürliche Aussterberate (Nentwig et al., 2017). Die Diskrepanz zwischen der natürlichen Aussterberate im Verlauf der Erdgeschichte und der vom Menschen verursachten Aussterberate wird anhand mariner Organismen in Abbildung 2 veranschaulicht.

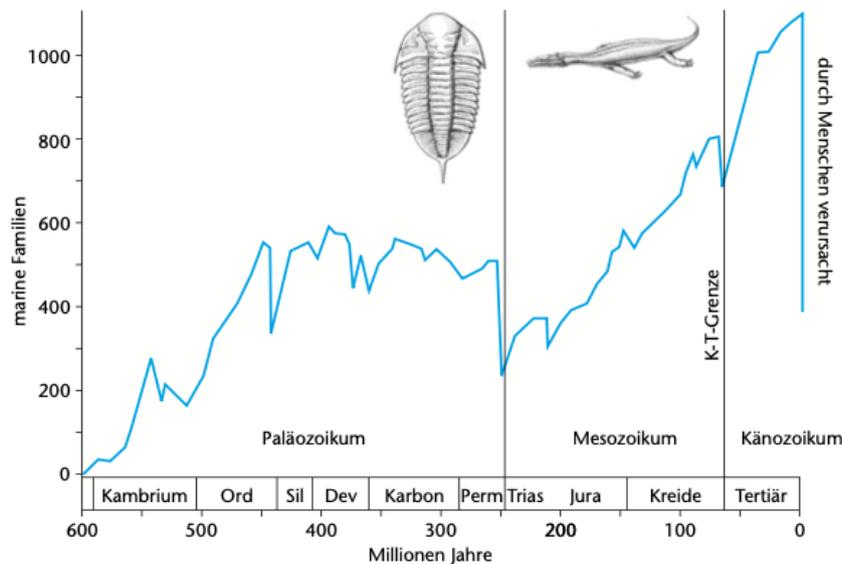


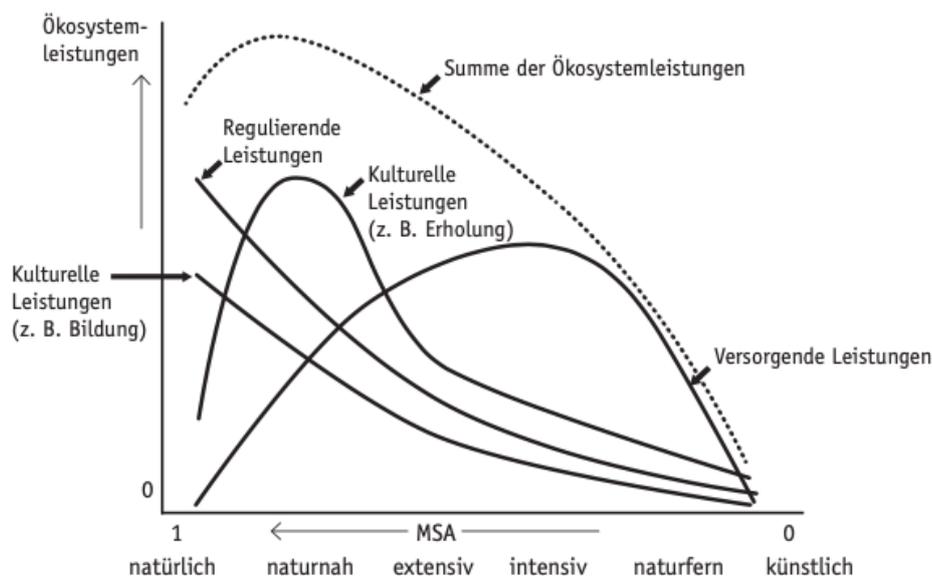
Abbildung 2: Entwicklung der Vielfalt mariner Organismen im Verlauf der Erdgeschichte (Nentwig et al., 2017, S. 215)

Die Gefährdungsfaktoren für die Biodiversität, die zu einem Verlust von Arten führen, sind vielfältiger Art und werden im Folgenden näher beschrieben.

### 2.3.1. Anthropogene Veränderung und Zerstörung von Habitaten

Sowohl Pflanzen als auch Tiere sind abhängig von ihrem Lebensraum, weshalb die Veränderung bzw. der Verlust von Lebensräume zu einem Verlust der Arten führt (Baur, 2010). Die Nutzung eines Lebensraums durch den Menschen kann auf vielfältige Weise dessen Zerstörung verursachen (Nentwig et al., 2017). Zwar hat die traditionelle, extensive Landnutzung Lebensräume für viele spezialisierte Pflanzen- und Tierarten geschaffen, die eine hohe Artenvielfalt aufweisen (Baur, 2010). Diese Form der Bewirtschaftung wird jedoch zunehmend von intensiven Formen der Landwirtschaft verdrängt (Baur, 2010). In Mitteleuropa ist insbesondere die intensive, moderne Bewirtschaftung für die Veränderung und Zerstörung von Lebensräumen verantwortlich zu sehen (Baur, 2010; Wittig & Niekisch, 2014). Naturnahe Landschaftselemente wie Baumgruppen, Sträucher, Hecken, Tümpel oder Feuchtgebiete werden entfernt, wenn sie die Bewirtschaftung erschweren (Baur, 2010). Dadurch kommt es zu einer Entdifferenzierung von Landschaften und dem Verlust kleinräumig strukturierter Landschaften sowie der daran angepassten Pflanzengesellschaften und der davon abhängigen Fauna (Baur, 2010; Wittig & Niekisch, 2014). Auch Flächenstilllegung kann zu einem Verlust der Biodiversität führen, wenn die Bewirtschaftung artenreicher Wiesen und Weiden aufgegeben wird und sie im Zuge der

Sukzession durch einen artenärmeren Wald ersetzt werden (Baur, 2010). Mit dem Verlust der Arten geht auch ein Verlust von Ökosystemdienstleistungen einher (Götzl et al., 2013). Der Zusammenhang zwischen der Nutzungsintensität, der Biodiversität und den damit verbundenen Ökosystemdienstleistungen ist in Abbildung 3 dargestellt.



**Abbildung 3: Zusammenhang zwischen Ökosystemdienstleistungen, Biodiversität (MSA = mean species abundance) und Landnutzungsintensität (Götzl et al., 2013, S. 234)**

Durch die Düngung im Rahmen der landwirtschaftlichen Nutzung und die daraus folgende Eutrophierung der Lebensräume werden nährstoffarme Standorte und ihre Pflanzengesellschaften vernichtet (Wittig & Niekisch, 2014). Der stark erhöhte Nährstoffeintrag wirkt sich nicht nur auf terrestrische Lebensräume aus, sondern auch auf Binnen- und Küstengewässer in denen es ebenfalls zur Eutrophierung kommt (Baur, 2010; Wittig & Niekisch, 2014). Die Verschmutzung der Gewässer durch den Nährstoffeintrag übersteigt global die Selbstreinigungskapazität der Gewässer und Meere wodurch es in weiterer Folge auch in Gewässern zu einem Rückgang der biologischen Vielfalt kommt, der deutlich höher ausfällt als in terrestrischen Lebensräumen (Baur, 2010).

### 2.3.2. Fragmentierung von Lebensräumen

Neben der Veränderung und Zerstörung von Lebensräumen stellt auch deren Fragmentierung eine Gefahr für die Biodiversität dar. Das Bevölkerungswachstum machte eine Intensivierung der Landwirtschaft nötig und führte auch zu einer Ausdehnung von Siedlungsräumen (Baur, 2010). Damit ging der Bau von Straßen, Eisenbahnlinien und Auto-

bahnen einher, wodurch ursprünglich zusammenhängende Lebensräume räumlich voneinander abgetrennt wurden (Baur, 2010). Viele Arten wechseln jedoch im Jahresverlauf ihren Lebensraum und sind daher auf intakte Verbindungen sowie „Zwischenstationen“ angewiesen, weshalb die Fragmentierung durch großflächige Veränderung oder Zerstörung der Lebensräume problematisch sind (Wittig & Niekisch, 2014).

Die zunehmende Fragmentierung von Lebensräumen führt auch auf subtile Art zu einer Gefährdung der Biodiversität (Baur, 2010). Es kommt zu einer Verkleinerung von Populationen und in manchen Fällen auch zur Vernichtung ganzer Teilpopulationen (Nentwig et al., 2017). Die Barrieren zwischen den Landschaftsfragmenten haben einen reduzierten Individuenaustausch zwischen Populationen und eine geringere Ausbreitung von Pollen und Samen zur Folge (Baur, 2010). Es kommt zur Inzucht innerhalb einer Population, da der Austausch an genetischem Material eingeschränkt ist (Baur, 2010). Dadurch ist bei kleinen, isolierten Populationen die Möglichkeit, sich an verändernde Umweltbedingungen anpassen zu können stark eingeschränkt und die Wahrscheinlichkeit groß, dass Allele und somit die genetische Diversität verloren geht (Baur, 2010).

### **2.3.3. Übernutzung natürlicher Ressourcen**

Nicht nur der Einfluss des Menschen auf Lebensräume stellt eine Gefahr für die Biodiversität dar, auch der direkte Zugriff auf Tier- und Pflanzenarten durch Jagen und Sammeln ist problematisch und hat bereits bei vielen Arten durch eine Übernutzung zur Ausrottung geführt (Nentwig et al., 2017; Wittig & Niekisch, 2014). Selbst wenn die Bejagung oder das Sammeln von Tier- und Pflanzenarten nicht direkt zur Ausrottung führt, so kann der Bestand dadurch so stark dezimiert werden, dass eine kritische Bestandsgröße unterschritten wird und andere minimale Gefährdungsfaktoren zur Ausrottung führen (Wittig & Niekisch, 2014).

### **2.3.4. Tourismus und Freizeitaktivitäten**

In den Industriestaaten ist das Freizeitverhalten durch hohe Mobilität und verstärkte Aktivitäten in der Natur gekennzeichnet (Baur, 2010). Durch die Ausübung dieser Aktivitäten in naturnahen Gebieten werden jedoch Tiere in ihrem Lebensraum gestört (Baur, 2010). Einerseits werden sie aufgescheucht und von ihren Nahrungs-, Nist- oder Ruheplätzen vertrieben, andererseits siedeln sie sich in stark beanspruchten Gebieten nicht mehr an (Baur, 2010; Wittig & Niekisch, 2014). Zwar sind derartige Störungen von den Ausübenden der Sport- oder Freizeitaktivitäten in der Natur oft nicht beabsichtigt, in manchen

Fällen werden sie aber bewusst in Kauf genommen (Wittig & Niekisch, 2014). Beispiele für bewusste bzw. direkte Einflüsse auf die Biodiversität wären beispielsweise die Beseitigung von Ufer- und Wasservegetation durch Angler oder das Ausreißen oder Zertreten teils seltener Pflanzen (Baur, 2010; Wittig & Niekisch, 2014).

Auch der Bau und Betrieb von tourismus- und freizeitorientierter Infrastruktur hat einen großen Einfluss auf die Biodiversität, da bei ihrer Errichtung die standortspezifische Artenvielfalt zerstört wird und gerade Wintersporteinrichtungen sowie die dazugehörigen Unterkünfte häufig an Standorten mit hoher Biodiversität gebaut werden (Baur, 2010). Die Gefährdung erfolgt in diesem Fall durch die Zerstörung und Beeinträchtigung von Lebensräumen und die Störung der am Standort vorkommenden Arten (Wittig & Niekisch, 2014). Da Natur und Landschaft aufgrund ihrer Eigenheit und Schönheit einen Erholungswert besitzen, sollte der Natur- und Ökotourismus den Anspruch stellen besonders umweltschonend zu sein um diesen zu erhalten (Wittig & Niekisch, 2014). Es kann jedoch auch diese Form des Tourismus weitreichende negative Auswirkungen haben und ist deshalb kritisch zu sehen (Wittig & Niekisch, 2014).

### **2.3.5. Neobiota**

Arten sind natürlicherweise in ihrer Verbreitung auf das Gebiet beschränkt in dem sie entstanden sind und in das sie sich aus eigener Kraft ausbreiten konnten (Nentwig et al., 2017). Das Verbreitungsgebiet von Arten ist durch Barrieren begrenzt, über die hinaus sich die Arten nicht mit eigenen Mitteln verbreiten können (Nentwig et al., 2017). Im Zuge der Eroberung und Besiedelung neuer Gebiete und später der Globalisierung wurden jedoch Arten absichtlich und unabsichtlich in Regionen mitgenommen, die außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets liegen (Baur, 2010; Nentwig et al., 2017). Arten die durch menschliche Aktivitäten in neue Regionen gebracht werden, werden als nicht-einheimisch oder gebietsfremd bezeichnet und unter dem Begriff „Neobiota“ zusammengefasst (Baur, 2010; Nentwig et al., 2017). Zwar hat die Einfuhr bzw. Freilassung von nicht-einheimischen Arten noch nicht zwangsläufig deren Etablierung zur Folge und die Ausbreitung kann mit einer zeitlichen Verzögerung eintreten, es kommt aber im Falle einer Etablierung zu einer Anpassung an die neuen Umweltbedingungen und einer anschließenden rapiden Ausbreitung der wachsenden Population (Nentwig et al., 2017; Wittig & Niekisch, 2014). Manche Neobiota sind am Standort, an dem sie eingeschleppt wurden bereits ohne Anpassung bereits konkurrenzstärker als einheimische Arten und können

sich relativ ungehindert ausbreiten (Wittig & Niekisch, 2014). In jedem Fall zieht die Ausbreitung der Neobiota eine Einschränkung der Ressourcen nach sich, auf die auch einheimische Arten angewiesen sind und beeinträchtigen diese dadurch (Nentwig et al., 2017). Teilweise sind auch Menschen oder ihre Infrastruktur vom Schaden der durch die Neobiota verursacht wird betroffen (Nentwig et al., 2017). Arten, die solche Schäden verursachen, werden als invasive Arten bezeichnet (Nentwig et al., 2017). Hat die Ausbreitung invasiver Arten einmal begonnen, ist eine Ausrottung dieser Arten kaum mehr möglich (Wittig & Niekisch, 2014).

Invasive Arten beeinflussen die lokale Biodiversität in vielfältiger Weise (Baur, 2010). Sie können durch Konkurrenz einheimische Arten verdrängen (Baur, 2010; Wittig & Niekisch, 2014). Auch die Übertragung von Krankheiten oder Parasiten kann eine Dezimierung von Populationen zur Folge haben, die letztlich zum Aussterben von Arten führen kann (Baur, 2010; Wittig & Niekisch, 2014). Prädation, Parasitismus und Beweidung einheimischer Arten durch invasive Arten können Populationen, die bereits aus anderen Gründen geschwächt sind, ausrotten (Wittig & Niekisch, 2014). Insbesondere isolierte Lebensräume, in denen sich spezialisierte oder endemitenreiche Lebensgemeinschaften entwickelt haben, sind anfällig für die Ausrottung einheimischer durch invasive Arten (Nentwig et al., 2017). Durch Hybridisierung mit einheimischen Arten können invasive Arten die einheimische Biodiversität reduzieren, da die einheimischen Arten ihre arteigene genetische Identität verlieren (Baur, 2010; Wittig & Niekisch, 2014). Schließlich besteht noch die Möglichkeit, dass invasive Arten sich auch auf den Zustand und die Funktion von Ökosystemen auswirken und Standortbedingungen verändern, wodurch es zu einer Verdrängung einheimischer Arten kommen kann (Baur, 2010; Wittig & Niekisch, 2014). Durch die Verdrängung und Ausrottung heimischer Arten stellen invasive Neobiota eine Gefahr für die lokale Biodiversität dar.

### **2.3.6. Klimaerwärmung**

Die weltweite Erwärmung des Klimas muss mittlerweile als eine Tatsache anerkannt werden (Wittig & Niekisch, 2014). Mit großer Wahrscheinlichkeit ist der Mensch durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe sowie dem Verursachen eines Anstieg von Treibhausgasen für einen Großteil der Klimaerwärmung seit Mitte des 20. Jahrhunderts verantwortlich (Baur, 2010). Die Veränderungen im Klimasystem haben wiederum überwiegend negative Konsequenzen für die Biodiversität (Baur, 2010). Klimawandeleffekte verursachen

unter anderem Änderungen in der Phänologie, Veränderungen der Ausbreitungsareale, die Begünstigung von Neobiota sowie Veränderungen in ökologischen Beziehungen (Rabitsch et al., 2013). Insbesondere kühle- und kälteadaptierte Arten sind betroffen (Wittig & Niekisch, 2014).

Im Lebenszyklus von Organismen gibt es jährlich wiederkehrende Ereignisse (Rabitsch et al., 2013). Diese Ereignisse werden von der Phänologie beschrieben und sind von lokalen und regionalen Gegebenheiten abhängig (Rabitsch et al., 2013). Auch überregionale Klimamuster haben einen Einfluss auf phänologische Ereignisse (Rabitsch et al., 2013). Zu den phänologischen Ereignissen bei Pflanzen gehören unter anderem die Knospung, die Blattentwicklung sowie die Blüten- und Fruchtbildung (Rabitsch et al., 2013). Die Klimaerwärmung bewirkt eine Vorverlegung phänologischer Ereignisse im Frühling (Rabitsch et al., 2013). Auch die gesamte Vegetationszeit wird durch die Klimaerwärmung verlängert (Wittig & Niekisch, 2014). Auch bei Tieren kommt es zu einer Reihe von phänologischen Änderungen (Rabitsch et al., 2013). So kommt es unter anderem zu einer Vorverlegung der Brutzeit bei Standvögeln, veränderten Zugdistanzen bei Zugvögeln bzw. deren Entwicklung zu Standvögeln, der Beschleunigung der Entwicklung von ektothermen Organismen sowie der Verkürzung von Ruhephasen wie der Winterruhe oder dem Winterschlaf (Rabitsch et al., 2013).

Die Klimaerwärmung bewirkt auch eine Veränderung der Areale von Arten (Rabitsch et al., 2013). Als Areal wird das Verbreitungsgebiet aller Populationen einer Art bezeichnet (Rabitsch et al., 2013). Durch den Klimawandel werden einerseits Areale erweitert, andererseits gehen auch Areale verloren (Rabitsch et al., 2013). Die Erweiterung bzw. Verschiebung von Arealen erfolgt bedingt durch den Temperaturanstieg nach Norden in kühlere Gebiete (Rabitsch et al., 2013; Wittig & Niekisch, 2014). Dies trifft sowohl auf terrestrische Areal als auch auf Fließgewässer zu (Rabitsch et al., 2013). Es kommt aber auch zu einem Höhersteigen von Arten in Gebirgen (Wittig & Niekisch, 2014). Problematisch wird die Verschiebung der Areale beispielsweise für alpine Pflanzenarten und kälteliebende Fischarten, wenn durch die Verschiebung Areale verloren gehen (Rabitsch et al., 2013). So kann das Areal, in das die Verschiebung aufgrund des Temperaturanstiegs erfolgte, ungeeignete Lebensbedingungen bieten oder schlicht nicht ausreichend Platz bieten, wodurch mit dem Aussterben von Arten und Pflanzengesellschaften zu rechnen ist (Rabitsch et al., 2013; Wittig & Niekisch, 2014). Zusätzlich kann es vorkommen, dass

die Ausbreitung in neue Areale durch fehlende Konnektivität der Landschaft verhindert wird oder das Ausbreitungspotential nicht ausreicht um den neuen Lebensraum zu erschließen (Rabitsch et al., 2013; Wittig & Niekisch, 2014). Auch die Wanderungsgeschwindigkeit von Arten kann problematisch sein, wenn sich potentielle Areale durch die Klimaerwärmung schneller verschieben als sie von den Arten erreicht werden können (Wittig & Niekisch, 2014).

Erste Veränderungen in ökologischen Beziehungen durch die Klimaerwärmung zeichnen sich bereits ab (Rabitsch et al., 2013). So kommt es beispielsweise zu Verschiebungen bei der Verfügbarkeit von Nahrungspflanzen für Herbivore (Wittig & Niekisch, 2014). Durch die Effekte der Klimaerwärmung und die Änderungen der Phänologie stehen Pflanzen und Pflanzenteile im Jahresverlauf immer früher zur Verfügung (Rabitsch et al., 2013). Die Aktivität herbivorer Tiere verschiebt sich jedoch nicht im gleichen Maß (Rabitsch et al., 2013). Dadurch kann es ohne evolutive Anpassung zu einer Entkopplung der interagierenden Herbivoren und ihren Nahrungspflanzen kommen (Rabitsch et al., 2013). Arealverschiebungen können ebenfalls zur Neugestaltung von Lebensgemeinschaften führen (Rabitsch et al., 2013). Ebenso kann die Bestäubung auf vielfältige Weise von der Klimaerwärmung beeinflusst werden (Rabitsch et al., 2013; Wittig & Niekisch, 2014). Durch phänologische Verschiebungen kann es beispielsweise zu Probleme bei der Bestäubung kommen wenn Pflanzen zu früh oder zu spät für ihre Bestäuber blühen (Rabitsch et al., 2013). Veränderungen sind des Weiteren in Räuber-Beute-Beziehungen zu beobachten (Wittig & Niekisch, 2014). Durch veränderte Aktivitätsmuster der Prädatoren erhöht sich der Räuberdruck (Rabitsch et al., 2013). Rabitsch et al. (2013) zufolge, können sich „Änderungen in der Phänologie ... auch auf die Nahrungsverfügbarkeit für Räuber auswirken“ (S.82). Nicht nur in Räuber-Beute-Beziehungen kommt es zu Veränderungen, auch Parasiten-Wirtsbeziehungen sind betroffen (Rabitsch et al., 2013). Klimaveränderungen können sowohl den Parasiten als auch den Wirt begünstigen (Rabitsch et al., 2013). Neben den Auswirkungen auf einzelne Arten sind auch Veränderungen ökologischer Beziehungen durch den Klimawandel problematisch, da sie die Funktionsweise ganzer Ökosysteme beeinflussen und eventuell beeinträchtigen können (Rabitsch et al., 2013).

## 2.4. Maßnahmen zum Schutz der Biodiversität

Durch die intensive Nutzung natürlicher Ressourcen und auch Übernutzung kommt es zu Veränderungen, die so schnell und großräumig erfolgen, dass die ursprüngliche Flora und Fauna irgendwann nicht mehr mithalten kann (Nentwig et al., 2017). So kommt es dazu, dass immer mehr Arten, Artgemeinschaften und Lebensräume bedroht sind und auch ausgerottet werden (Nentwig et al., 2017). Derartige Entwicklungen sorgten insbesondere in den letzten Jahrzehnten in der Gesellschaft für eine gesteigerte Wertschätzung natürlicher und naturnaher Lebensräume sowie der darin lebenden Organismen (Frey & Lösch, 2010). Die Bedeutung der Ökosystemdienstleistungen wurde im Umweltschutz erkannt, dessen Ziel es ist die Selbstregulation der Ökosysteme zu erhalten oder auf einen Zustand zu bringen, der für die menschliche Lebensqualität besser zuträglich und mittelfristig stabil ist (Frey & Lösch, 2010). Hier kommt die Renaturierungsökologie ins Spiel, die sich der „aktiven Wiederherstellung degradierter Ökosysteme zur Förderung ihrer charakteristischen Artenvielfalt und Ökosystemfunktionen“ (Kiehl, 2019, S. 14) widmet.

Es wurde bereits deutlich, dass der Schutz der Biodiversität auf verschiedenen Ebenen ansetzt. Der Schutz kann auf Artniveau, beispielsweise mittels sogenannter Roter Listen, in denen bedrohte Arten aufgelistet sind, erfolgen (Frey & Lösch, 2010; Nentwig et al., 2017). Eine weitere Möglichkeit im Schutz auf Artniveau stellt die Wiedereinbürgerung zuvor ausgerotteter Arten in ihr ursprüngliches Verbreitungsgebiet dar (Nentwig et al., 2017). Auch ganze Lebensräume und im Idealfall Ökosysteme können im Rahmen des Biotopschutzes geschützt werden, wodurch auch alle darin lebenden Arten und deren Funktionsabläufe umfasst sind (Nentwig et al., 2017). Bei manchen anthropogen geprägten Lebensräumen sind zur Erhaltung auch bestimmte Pflegemaßnahmen nötig (Nentwig et al., 2017). Zum Schutz der Biodiversität gibt es mittlerweile auch eine Vielzahl an Abkommen und Gesetzen, die Regelungen betreffend Arten und Ökosysteme beinhalten (Wittig & Niekisch, 2014). Einige dieser internationalen Übereinkommen, die eine zentrale Rolle spielen, werden im Folgenden kurz vorgestellt.

## **2.4.1. Internationale Übereinkommen, Konventionen und Richtlinien**

### **2.4.1.1. Ramsar-Konvention**

Die Ramsar-Konvention ist ein internationales Übereinkommen über die Erhaltung von Feuchtgebieten als Lebensraum für Wasser- und Watvögel aus dem Jahr 1971 und ist benannt nach dem Ort Ramsar im Iran, an dem sie unterzeichnet wurde (Baur, 2010; Wittig & Niekisch, 2014). Sie stellt einen Paradigmenwechsel im internationalen Arten- und Biotopschutz dar, da erstmals Ökosysteme als Teil des Naturhaushalts dargestellt wurde und sowohl ihre Erhaltung als auch eine wohlausgewogene Nutzung als Doppelziel genannt wurden (Wittig & Niekisch, 2014). Mittlerweile steht nicht mehr nur der Schutz von an Feuchtgebiete gebundene Vogelarten im Vordergrund, sondern auch der integrative Schutz von Feuchtgebieten als wichtige Ökosysteme zur Erhaltung der Biodiversität (Wittig & Niekisch, 2014).

### **2.4.1.2. Washingtoner Artenschutzübereinkommen CITES**

Das Washingtoner Artenschutzübereinkommen CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*) trat 1975 in Kraft (Nentwig et al., 2017). Es „verbietet bzw. reglementiert den Handel mit gefährdeten wild lebenden Organismen und aus und von ihnen gewonnenen Produkten im grenzüberschreitenden Verkehr, unter detaillierter Aufzählung der einzelnen Sippen in verschiedenen Anhängen zu diesem übernationalen Vertrag“ (Frey & Lösch, 2010, S.495). Auch dieses Abkommen wurde nach dem Ort, an dem es unterzeichnet wurde benannt (Wittig & Niekisch, 2014). Die Konvention wurde aufgrund der Gefährdung vieler Arten durch den internationalen Handel errichtet (Wittig & Niekisch, 2014). Dies bezieht sich nicht nur auf ganze lebende oder tote Exemplare sondern auch auf deren Teile oder daraus gefertigte Produkte (Wittig & Niekisch, 2014). Seit 1984 wird das Washingtoner Artenschutzübereinkommen für alle Mitgliedstaaten der Europäischen Union verbindlich angewandt (Wittig & Niekisch, 2014).

### **2.4.1.3. Übereinkommen über die biologische Vielfalt**

Das Übereinkommen über die biologische Vielfalt (*Convention on Biological Diversity*; CBD) aus dem Jahr 1992 ist eine Rahmenkonvention mit inzwischen 191 Vertragspartnern und seit 1994 für Österreich völkerrechtlich bindend (Baur, 2010; Wittig & Niekisch, 2014). Die Ziele der Konvention werden in Artikel 1 zusammengefasst und umfassen den

Erhalt der intraspezifischen genetischen Vielfalt, der interspezifischen Vielfalt und der Vielfalt sowie Funktionsfähigkeit der Ökosysteme als Grundlage des menschlichen Lebens und Wirtschaftens sowie die gerechte Entschädigung der Herkunftsländer für die Nutzung ihrer biologischen Ressourcen durch Dritte (Baur, 2010; Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2001; Wittig & Niekisch, 2014). Durch die CBD entwickelt sich Naturschutz zum Schutz der Lebensgrundlagen des Menschen (Wittig & Niekisch, 2014). Die unterzeichnenden Staaten verpflichten sich dazu, in ihrem Hoheitsgebiet Schutz- und Förderflächen für die Biodiversität einzurichten und zu sichern und ihre Verantwortung für die globale Biodiversität stärker wahrzunehmen (Baur, 2010). Außerdem muss die Ressourcennutzung nachhaltig und im Einklang mit Biodiversitätszielen erfolgen sowie eine nationale Biodiversitätsstrategie entwickelt und umgesetzt werden (Baur, 2010). Ökosystemleistungen sollen volkswirtschaftlich gefördert und stärker berücksichtigt werden und die Regierungen sollen marktwirtschaftliche Maßnahmen zugunsten der Biodiversität entwickeln (Baur, 2010). Problematisch an der CBD ist jedoch, dass sie wenige zwingende Vorgaben enthält und die Vertragsparteien daher großen Spielraum bei der Ausübung ihrer Rechte und der Wahrnehmung ihrer Pflichten haben (Baur, 2010). Zusätzlich müssen Entscheidungen im Konsens aller Mitgliedsstaaten getroffen werden, was einerseits zu langwierigen Verhandlungen führt und andererseits oft zu Ergebnissen führt, die den kleinsten gemeinsamen Nenner aller Vertragsstaaten widerspiegeln (Wittig & Niekisch, 2014).

#### **2.4.1.4. Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie**

Auf europäischer Ebene ist für den Naturschutz die EU-Richtlinie „zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen“ (Wittig & Niekisch, 2014, S.389), kurz auch Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie), aus dem Jahr 1992 von größter Bedeutung (Frey & Lösch, 2010). Sie wurde von den damaligen Mitgliedstaaten einstimmig beschlossen und hat allgemein die Erhaltung der Biodiversität zum Ziel (Frey & Lösch, 2010). Dieses Ziel wird in Artikel 2 der Richtlinie genauer definiert und umfasst neben dem erhaltenden Arten- und Biotopschutz auch die Entwicklung und Renaturierung bedrohter oder verschwundenen Lebensräume (Frey & Lösch, 2010). Des Weiteren wird die Erhaltung oder Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustands der natürlichen Lebensräume sowie wildlebender Tier- und Pflanzenarten, die von ge-

meinschaftlichem Interesse sind, angestrebt (Frey & Lösch, 2010). Die Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie enthält keine Vogelarten, da diese in der zuvor implementierten Vogelschutzrichtlinie enthalten und dadurch geschützt sind (Wittig & Niekisch, 2014). Die Errichtung eines zusammenhängenden ökologischen Netzes von Schutzgebieten im europäischen Raum wird als wichtigstes Mittel zur Sicherung der Biodiversität gesehen (Frey & Lösch, 2010). Diese Schutzgebiete erhalten die Bezeichnung „Natura 2000“ (Frey & Lösch, 2010).

#### **2.4.2. Rolle botanischer Gärten für die Erhaltung der Biodiversität**

Sofern möglich, wird bei den genannten internationalen Abkommen auf eine Erhaltung der Arten in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet sowie die Erhaltung der Lebensräume und Ökosysteme selbst abgezielt. Dies wird als *in-situ*-Erhaltung bezeichnet (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2001). Eine Definition der *in-situ*-Erhaltung findet sich auch in Artikel 2 der CBD (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2001). Zusätzlich enthält die CBD in Artikel 8 verbindliche Richtlinien für die *in-situ*-Erhaltung (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2001). Wenn jedoch aufgrund von Lebensraumverlust oder zunehmenden Störungen durch den Menschen die Restpopulation zu klein für eine *in-situ*-Erhaltung wird, dann können mehrere Individuen der gefährdeten Arten an einem anderen Ort im Rahmen der *ex-situ*-Erhaltung kultiviert werden (Baur, 2010; Nentwig et al., 2017; Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2001). *Ex-situ*-Erhaltung erfolgt mit dem Ziel die Arten entweder wieder in ihrem ursprünglichen Lebensraum anzusiedeln oder gegebenenfalls auch in einem möglichst ähnlichen Lebensraum (Baur, 2010). Auch für die *ex-situ*-Erhaltung sind in Artikel 9 der CBD verbindliche Richtlinien enthalten (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2001).

Botanische Gärten spielen für die Erhaltung der Biodiversität eine wichtige Rolle (Wittig & Niekisch, 2014). Viele botanische Gärten beherbergen *ex-situ*-Erhaltungskulturen für Pflanzenarten (Frey & Lösch, 2010). Der überwiegende Teil der europäischen botanischen Gärten ist an Universitäten angeschlossen, wie beispielsweise der Botanische Garten der Universität Wien, und erfüllt neben der *ex-situ*-Erhaltung auch weitere wichtige Aufgaben (Kiehn & Knickmann, 2019; Wittig & Niekisch, 2014). Sie dienen unter anderem der Lehre und Forschung und bieten Informationen und Weiterbildungsmöglich-

keiten (Wittig & Niekisch, 2014). Botanische Gärten beherbergen ein kleinräumiges Mosaik vielgestaltiger Lebensräume und sind daher meist sehr artenreich (Wittig & Niekisch, 2014). Diese Diversität der Standorte ermöglicht auch die Kultivierung verschiedenster gefährdeter Arten *ex-situ* (Wittig & Niekisch, 2014). Die *ex-situ*-Erhaltung von Arten in botanischen Gärten ist allerdings mit einem erheblichen Arbeitsaufwand verbunden und auch nicht ganz unproblematisch (Wittig & Niekisch, 2014). So kann es durch die räumliche Nähe nahe verwandter Arten zur Hybridisierung kommen (Wittig & Niekisch, 2014). Auch Veränderungen auf genetischer Ebene sind möglich. Dies geschieht wenn Arten, die normalerweise nährstoffarme Standorte besiedeln, nach einigen Generationen Veränderungen in der genetischen Populationsstruktur zugunsten der unnatürlichen Standortbedingungen des botanischen Gartens aufweisen (Frey & Lösch, 2010; Wittig & Niekisch, 2014). Derartige Anpassungen können dazu führen, dass die *ex-situ* kultivierten Individuen für eine Wiedereinbürgerung in die Natur nicht mehr geeignet sind (Wittig & Niekisch, 2014).

#### **2.4.2.1. Botanischer Garten der Universität Wien**

Der Hortus Botanicus Vindobonensis (Botanischer Garten Wiens) wurde im Jahr 1754 unter Maria Theresia als Medizinalpflanzengarten gegründet (Kiehn & Knickmann, 2019). Heute ist er ein Universitätsgarten der auch der Öffentlichkeit zugänglich ist (Kiehn & Knickmann, 2019). Er dient als solcher nicht nur der Forschung und Lehre, sondern spielt auch eine wichtige Rolle in der Beforschung und Sammlung sowie der Erhaltung und dem Schutz von Pflanzen, Tieren und Ökosystemen in ihrer Diversität (Kiehn & Knickmann, 2019). So sind unter anderem zahlreiche Arten der Roten Listen im Garten beheimatet und werden im Rahmen von *ex-situ*-Erhaltung kultiviert (Kiehn & Knickmann, 2019). Der Botanische Garten umfasst verschiedene thematische Gruppen und Sammlungen, die in Tabelle 1 aufgelistet sind und jeweils unterschiedliche Schwerpunkte haben.

<b>Thematische Gruppe</b>	<b>Schwerpunkt</b>
Kalthaus-Gruppen	überwiegend holzige Pflanzenarten aus vorwiegend mediterranem oder subtropischem Klima
Sukkulenten-Gruppe	Sammlung wasserspeichernder Pflanzen (auch CITES-geschützte Arten)
Tropenhaus	typische Pflanzen tropischer Regenwälder; beispielhafte Veranschaulichung aller Bestäubungstypen der Tropen
Alpinum	montane, subalpine und alpine Arten mit unterschiedlichen Bodenansprüchen (Kalk/Silikat) aus den Alpen & Gebirgen Europas, Asiens und Nordamerikas
Ökologische und morphologische Gruppen	Veranschaulichung von Blüten- und Ausbreitungsökologie sowie Abwandlungen pflanzlicher Organe
Systematische Gruppen	Veranschaulichung verwandtschaftlicher Beziehungen einzelner Pflanzenarten
Heil-, Nutz-, und Giftpflanzengruppe	Lehr- und Anschauungsmaterial für Studierende und Wissenschaft; Nutzpflanzen und ihre typischen Beikräuter (zum Teil sehr selten geworden)
Koniferetum	Sammlung nacktsamiger Pflanzen (insbesondere Vertreter der Nadelhölzer)
„Flora von Österreich“-Gruppe	Vielfalt unterschiedlicher Lebensräume mit charakteristischer Flora (viele seltene Arten); <i>ex-situ</i> -Artenschutz
Gehölzsammlung	holzige Pflanzen (ca. 1500 Pflanzen, davon ca. 850 Bäume); hauptsächlich bedecktsamige Laubbäume
Wiesen	Repräsentation unterschiedlicher Wiesentypen; Nutzung des Artenspektrums für Forschung und Lehre

Tabelle 1: Übersicht der thematischen Gruppen und Sammlungen im Botanischen Garten der Universität Wien

Die Vermittlung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse sowie allgemeiner Informationen ist ein zentrales Anliegen des Botanischen Gartens (Kiehn & Knickmann, 2019). Dass der Botanische Garten der Universität seinen Bildungsauftrag sehr ernst nimmt, wird auch dadurch verdeutlicht, dass eine Grüne Schule sowie das sogenannte Botanicum eingerichtet wurden (Kiehn & Knickmann, 2019). Die Grüne Schule bietet Workshops und Führungen zu verschiedenen Themen (Kiehn & Knickmann, 2019). Diese finden unter anderem im Botanicum statt, einem Gebäude, das als „Klassenzimmer“ für die Grüne Schule fungiert (Kiehn & Knickmann, 2019).

## **2.5. Biodiversität in Österreich - Ein Überblick**

Österreich besitzt aufgrund seiner geografischen Lage sowohl eine außergewöhnliche Bandbreite an Landschaften als auch an klimatischen Bedingungen die auch die Biodiversität begünstigen (Austrian Federal Ministry for Sustainability and Tourism, 2018; Stocker-Kiss & Wrabka, 2005). Österreich ist eines der artenreichsten Länder Mitteleuropas und beherbergt zahlreiche Endemiten (Stocker-Kiss & Wrabka, 2005). Insgesamt finden sich in Österreich ca. 68.000 verschiedene Arten und 488 verschiedene Biotoptypen (Austrian Federal Ministry for Sustainability and Tourism, 2018; Essl & Egger, 2010). In besonderem Ausmaß bestimmen die Alpen die naturräumliche Vielfalt Österreichs (Stocker-Kiss & Wrabka, 2005). Die in Österreich vorhandene Biodiversität ist jedoch bedroht (Maier, 2005). So finden sich von den etwa 2950 Pflanzenarten rund 40% auf der Roten Liste (Maier, 2005). Auch die in Österreich vorkommenden Biotoptypen sind gefährdet (Essl & Egger, 2010). Weitere 246 gelten in den Roten Listen als gefährdet oder stark gefährdet und 33 Biotoptypen sind von der vollständigen Vernichtung bedroht (Austrian Federal Ministry for Sustainability and Tourism, 2018). Auch bei der Gefährdung der Biodiversität zeigt sich die wichtige Rolle der Alpen, da ein Großteil der bedrohten Biotoptypen in den Alpen zu finden ist, wie Abbildung 4 zeigt.

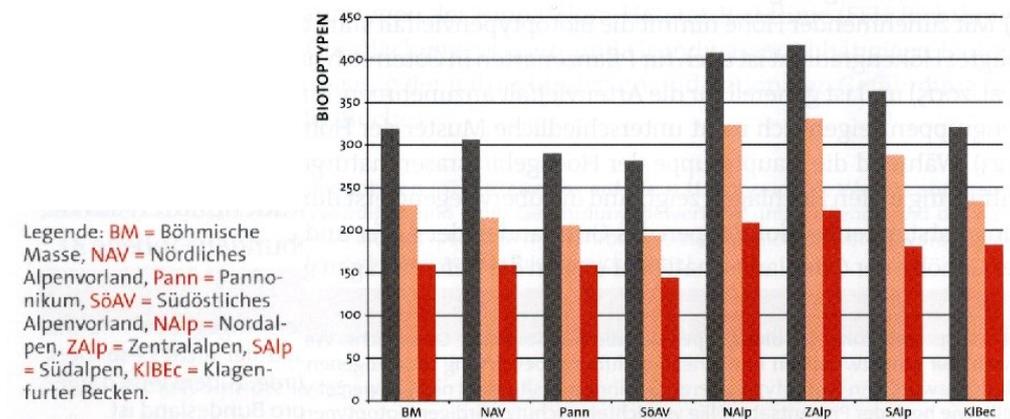


Abbildung 4: Naturräumliche Verbreitung aller (grau), aller schutzwürdigen (hellrot) und der gefährdeten (rot, Gefährdungskategorien 0-3) Biotoptypen Österreichs (Essl & Egger, 2010, S. 22, verändert von Verena Aichberger)

Für die Veränderungen der Biodiversität in Österreich sind verschiedene Faktoren verantwortlich (Maier, 2005). Insbesondere Flächenverbrauch, hydrologische Veränderungen, die Intensivierung der Landwirtschaft und die Aufgabe extensiver Landwirtschaft sind hier zu nennen (Austrian Federal Ministry for Sustainability and Tourism, 2018). Etwa ein Drittel der österreichischen Flora ist an anthropogenen Einfluss gebunden (Stocker-Kiss & Wrba, 2005). Des Weiteren sind der Eintrag von Schad- und Nährstoffen, die nicht nachhaltig betriebene Fischerei und Jagd, Freizeit- und Tourismusaktivitäten, invasive Neobiota sowie der Klimawandel als Gefährdungsfaktoren für die österreichische Biodiversität zu nennen (Austrian Federal Ministry for Sustainability and Tourism, 2018).

## 2.6. Lebensräume

Ein abgegrenztes Gebiet einschließlich seiner abiotischen Faktoren wird als Biotop bezeichnet (Campbell et al., 2016). Synonym wird auch der Begriff „Lebensraum“ und in der Geobotanik der Begriff „Standort“ verwendet (Campbell et al., 2016; Nentwig et al., 2017). In Österreich gibt es 488 verschiedene Biotoptypen die teilweise sehr kleinräumig vorkommen (Essl & Egger, 2010). Einige für Österreich charakteristische bzw. seltene Biotoptypen sollen näher vorgestellt werden und wurden zu diesem Zweck zu größeren Lebensräumen zusammengefasst.

### **2.6.1. Äcker**

Äcker entstanden durch den Anbau kurzlebiger Feldfrüchte auf gerodeten Offenlandflächen (Kollmann, 2019). Sie sind gekennzeichnet durch periodische Störungen in Form von Bodenbearbeitung, Saat und Ernte weshalb sich nur Arten mit kurzem Lebenszyklus oder kurzer empfindlicher Phase im Zyklus behaupten können (Wittig & Niekisch, 2014). Es dominieren einjährige Arten bei den Kultur- und Wildpflanzen (Wittig & Niekisch, 2014). Äcker sind heute aufgrund verschiedener Entwicklungen eher artenarm, obwohl sie historisch eine sehr artenreiche Begleitvegetation besaßen (Kollmann, 2019; Wittig & Niekisch, 2014). Gründe dafür sind neben der effektiven Saatgutreinigung sowie dem Einsatz von Herbi- und Fungiziden auch die Aufgabe der traditionellen Nutzungsweise und die Intensivierung der Bodenbearbeitung (Frey & Lösch, 2010; Wittig & Niekisch, 2014). Viele Ackerwildpflanzen hatten sich durch Koevolution an die traditionellen Nutzungsweisen angepasst und können unter den Bedingungen der Intensivlandwirtschaft nicht mehr überleben (Frey & Lösch, 2010). Zahlreiche Ackerwildkräuter sind daher in Mitteleuropa auf den Roten Listen zu finden (Wittig & Niekisch, 2014).

### **2.6.2. Brachflächen**

Eine traditionelle Form der Landwirtschaft ist die Dreifelderwirtschaft bei der in regelmäßigen Abständen Flächen brach liegen (Kollmann, 2019). Flächen können jedoch auch aus anderen Gründen für längere Zeit brach liegen. Auf diesen Brachflächen kommt es zur Sukzession bei der sich die Artengesellschaft kontinuierlich verändert (Nentwig et al., 2017). Zu Beginn ist die Artenzahl noch gering und steigt erst später an bis sie ein Plateau erreicht (Nentwig et al., 2017). Bei der Sukzession auf Brachflächen kommt es oft zu einem längeren Stadium in dem klonale Hochgräser dominieren ehe dieses Stadium zusammenbricht und Jungbäumen und Sträuchern weicht (Nentwig et al., 2017). Durch die Sukzession können auch auf Brachflächen wieder artenreiche Pflanzengesellschaften entstehen.

### **2.6.3. Trockenrasen**

Trockenrasen entstanden auf Flächen, auf denen der Mensch durch Entwaldung die klimatischen Bedingungen veränderte und auf denen durch extensive Beweidung die Verbuschung verhindert wurde (Wittig & Niekisch, 2014). Charakteristisch ist das warme und

sommertrockene Klima, welches einerseits heimischen Arten erlaubte sich auszubreiten und es andererseits kontinentalen und mediterranen Arten ermöglichte einzuwandern (Wittig & Niekisch, 2014). Trockenstandorte weisen eine sehr hohe Vielfalt an Pflanzenarten auf (Frey & Lössch, 2010). Da viele dieser Pflanzen auffällige Blüten oder Blütenstände besitzen, kann das Pflücken aufgrund ihrer Schönheit zu einem ernsthaften Gefährdungsfaktor werden (Frey & Lössch, 2010). Problematisch ist aber auch die Aufgabe der Beweidung oder Mahd, da nur dadurch die Verbuschung verhindert und die artenreiche Ausprägung dieser Standorte erhalten wird (Frey & Lössch, 2010; Wittig & Niekisch, 2014).

#### **2.6.4. Serpentinstandorte**

Serpentinstandorte weisen erhöhte Schwermetallkonzentrationen auf (Punz, 2014). Insbesondere Nickel und Chrom kommen in relativ großen Mengen vor (Frey & Lössch, 2010; Punz, 2014). Die hohen Konzentrationen treten durch die Verwitterung erzhaltigen Gesteins auf (Frey & Lössch, 2010). Für Pflanzen stellen diese einen Stressfaktor dar (Punz, 2014). Eine Vielzahl von Pflanzen ist jedoch in der Lage hohe Konzentrationen bestimmter Schwermetalle zu ertragen (Frey & Lössch, 2010). Pflanzen die auf Serpentinböden wachsen und die hohen Konzentration von Nickel und Chrom aushalten, werden Serpentinpflanzen bzw. Serpentinflora genannt (Frey & Lössch, 2010). Im Lauf der Evolution haben sich Arten und Taxa entwickelt, die ausschließlich auf Serpentin vorkommen und daher endemisch sind (Frey & Lössch, 2010). Neben der Seltenheit der Serpentinstandorte sind auch die daran gebundenen endemischen Arten ein Grund für deren Schutzwürdigkeit (Essl & Egger, 2010; Punz, 2014).

#### **2.6.5. Biotope im Hochgebirge**

Hochgebirge weisen auf engstem Raum eine hohe Diversität auf (Wittig & Niekisch, 2014). Die für die Alpen charakteristische Flora umfasst eine Vielzahl endemischer Arten, die insbesondere im südalpinen Raum angesiedelt sind (Frey & Lössch, 2010). Da im alpinen Bereich die täglichen und jährlichen Temperaturunterschiede extremer sind, wirken sich lokale Standortunterschiede stärker aus (Wittig & Niekisch, 2014). Die naturnahe Vegetation der Alpen ist daher im Vergleich zu den ebenen Mitteleuropas meist kleinräumiger differenziert (Wittig & Niekisch, 2014). Neben der Höhe sind außerdem die Expo-

sition, der geologische Untergrund und die aus dem Ausgangsgestein entstandenen Böden für die standörtliche Differenzierung der Vegetation von Bedeutung (Frey & Lössch, 2010; Wittig & Niekisch, 2014). Auch die Bodentiefe, die Länge der Aperaturzeit und die Verfügbarkeit von Boden- und Quellwasser haben einen Einfluss (Wittig & Niekisch, 2014).

Die Vegetation der Hochgebirge lässt sich in Höhenstufen unterteilen, die für sich jeweils charakteristische Lebensräume darstellen (Frey & Lössch, 2010). Bei den Höhenstufen wird zwischen planar, kollin, montan, subalpin, alpin und nival unterschieden, wobei jedoch die planare Höhenstufe im Alpenraum nicht vertreten ist (Frey & Lössch, 2010). In der kollinen Stufe dominieren Eichen-Buchenwälder und am südlichen Rand der Alpen Eichenmischwälder (Frey & Lössch, 2010). Zwischen der kollinen und der montanen Stufe liegt die submontane Stufe als eine Art Übergangsstufe in der überwiegend Buchen-Tannen-Fichtenwälder vorkommen (Frey & Lössch, 2010). Diese weichen in der montanen Stufe zusehends Nadelwäldern und gehen in der subalpinen Stufe schließlich in Kampfwald und Wälder aus Krummholz über (Frey & Lössch, 2010). In der alpinen Stufe dominieren alpine Rasen, Schneeböden, Zwerggesträuche, Fels- und Schuttgesellschaften (Frey & Lössch, 2010). Abschließend ist noch die nivale Stufe zu nennen, in die nur noch wenige Gefäßpflanzen, Moose und Flechten vordringen, die schneefreie Flächen an Graten, Felsslagen und Hängen besiedeln (Frey & Lössch, 2010). Die Unzugänglichkeit mancher Hochgebirgsregionen hat es einigen stark bejagten Tierarten ermöglicht dort zu überleben (Wittig & Niekisch, 2014).

### **2.6.6. Wiesen und naturnahe Gärten**

Wiesen gehören zum sogenannten Extensiv-Grünland und werden je nach Wiesentyp unterschiedlich häufig im Jahr gemäht (Wittig & Niekisch, 2014). So erfolgt die Mahd auf Streuwiesen nur einmal im Jahr und auf Zweischnittwiesen zweimal jährlich (Wittig & Niekisch, 2014). Obwohl die Mahd ein starker, aber kurzfristiger Eingriff ist, auf den eine lange Erholungsphase folgt, haben Arten, die an den Mahdrhythmus angepasst sind, gute Überlebenschancen (Wittig & Niekisch, 2014). Typische Wiesen sind im Flach- und Hügelland Glatthaferwiesen und im Bergland Storchenschnabel-Goldhaferwiesen (Wittig & Niekisch, 2014). Auf Fettweiden sind Kammgras-Weidelgras-Gesellschaften häufig (Wittig & Niekisch, 2014). Alle diese genannten Wiesentypen bzw. Pflanzengesellschaften sind jedoch im Rückgang begriffen, meist aufgrund veränderter Landnutzung

(Wittig & Niekisch, 2014). Werden ehemals intensiv genutzte Flächen jedoch wieder ausgehagert, werden solche Wiesen jedoch wieder artenreich, insbesondere wenn sie mit Magerrasen, Saumgesellschaften oder Gehölzbeständen verzahnt werden (Kiehl, 2019a; Wittig & Niekisch, 2014). Solche artenreichen verzahnten Lebensräume finden sich auch in naturnahen Gärten.

### **2.6.7. Süßgewässer und Feuchtstandorte**

Feuchtstandorte sind Lebensräume, die wenigsten zeitweise von hoher Bodenfeuchtigkeit, Nässe oder oberflächlicher Wasserbedeckung geprägt sind (Campbell et al., 2016). Ihre Vegetation weist spezielle Anpassungen an diese Umweltbedingungen auf (Campbell et al., 2016). Zu den Feuchtgebieten zählen Moore, Bruchwälder, Feucht- und Nasswiesen sowie Überschwemmungszonen stehender Gewässer und Auen von Fließgewässern (Campbell et al., 2016). Viele der Feuchtgebietstypen gehören zu den produktivsten und artenreichsten Lebensräumen Mitteleuropas (Campbell et al., 2016). Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich die durch die Fließgewässerdynamik verursachten Wasserstandschwankungen, die Eutrophierung durch Überflutungen, die meist anaeroben Verhältnisse und andere Faktoren günstig auf eine Vielzahl von Pflanzenarten und Lebensformtypen auswirkt (Campbell et al., 2016). Auenlebensräume sind auch reich an Käfer-, Libellen- und Schmetterlingsarten sowie Amphibien (Campbell et al., 2016). In Hochmooren finden sich bei den Tieren viele Spezialisten (Campbell et al., 2016). Auch windgeschützte Stellen an den Oberflächen stehender Gewässer bieten Gesellschaften freischwimmender Wasserpflanzen einen Lebensraum (Wittig & Niekisch, 2014). Trotz des Schutzes von Feuchtgebieten durch die Ramsar-Konvention und die Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie gehören Feuchtgebiete zu den gefährdetsten Ökosystemen der Erde (Campbell et al., 2016; Essl & Egger, 2010).

### **2.6.8. Rasen und Parks**

Rasen und Parks sind meist Teil urbaner Ökosysteme und sind in ihrer Vegetation sowie den Standortbedingungen stark anthropogen geprägt (Kiehl, 2019a). Viele der vorkommenden Pflanzenarten stammen ursprünglich aus natürlichen Lebensräumen und werden meist von den Menschen als Zierpflanzen gesät oder gepflanzt (Kiehl, 2019a). Viele Parkrasen im urbanen Lebensräumen stellen intensiv genutztes Grünland dar und Scherrasen sind häufig (Kiehl, 2019a; Wittig & Niekisch, 2014). Durch die Vielschnittpflege und

Düngung sind sie artenarm und es dominieren Gräser, Rosetten- und Ausläuferpflanzen (Kiehl, 2019a; Wittig & Niekisch, 2014). Häufig wurden artenarme Saatmischungen mit konkurrenzkräftigen Zuchtsorten verwendet, weshalb solche Grünflächen nur eine geringe Bedeutung für die Biodiversität haben (Kiehl, 2019a) Nichtsdestotrotz stellen städtische Parks wichtige Ersatzlebensräume für zahlreiche Tier- und Pflanzenarten dar (Kiehl, 2019a). Obwohl sich viele Arten an anthropogene Störungen und Belastungen wie Streusalz, Lärm, Hundekot, Luft- oder Lichtverschmutzung angepasst haben, sind diese problematisch für Tiere und Pflanzen (Kiehl, 2019a).

### **2.6.9. Waldsäume von Laubwäldern**

Laubwälder in den gemäßigten Breiten werden, wie der Name schon andeutet, von Laubbäumen dominiert und unterteilen sich in eine Baumschicht mit geschlossenem Kronendach, eine Strauch- und eine Feldschicht (Campbell et al., 2016). Zu den charakteristischen Arten auf der Nordhemisphäre gehören unter anderem Buche, Eiche, Ahorn, Birke, Pappel, Linde, Ulme, Esche, Walnuss, Fichte, Tanne und Kiefer (Campbell et al., 2016). Laubwälder der gemäßigten Zone beherbergen einen großen Reichtum an Tierarten (Campbell et al., 2016).

An den natürlichen Waldgrenzen, wie beispielsweise Felsen, Flussauen, Moorrändern oder der subalpinen Höhenstufe, kommt es aufgrund von Veränderungen der Klima- und Bodeneigenschaften am Übergang vom Wald zum Offenland zu einer Zonierung der Vegetation (Kiehl & Kirmer, 2019). Diese umfassen krautreiche Säume, Hochstaudenfluren, Waldmäntel und schließlich den Wald selbst (Kiehl & Kirmer, 2019). Solche Übergänge weisen vielfältige Habitatstrukturen und dadurch eine hohe Diversität an Tier- und Pflanzenarten auf (Kiehl & Kirmer, 2019). Je nach Bodenbedingungen und Mikroklima entwickeln sich unterschiedliche Saumgesellschaften (Kiehl & Kirmer, 2019). Saumgesellschaften wurden jedoch auch durch die Auflichtung bewaldeter Flächen begünstigt (Kiehl & Kirmer, 2019). Heute sind sie überwiegend an anthropogen bedingten Waldrändern, Hecken oder Gehölzgruppen zu finden (Kiehl & Kirmer, 2019). Naturnahe Waldränder und Waldmäntel sind an vielen Orten durch Intensivierung der Forstwirtschaft verschwunden (Kiehl & Kirmer, 2019). Auch die fehlende oder ungeeignete Pflege von Säumen sorgt für einen Artenschwund (Kiehl & Kirmer, 2019).

### **2.6.10. Nadelwälder**

In Österreich treten Nadelwälder hauptsächlich in Form von Gebirgsnadelwäldern der borealen Zone auf in denen die Fichte dominant ist (Frey & Lösch, 2010; Hölzel, 2019). Durch den Übergang zur Hochwaldbewirtschaftung kam es zu einem verstärkten Anbau gebietsfremder Nadelhölzer, die die ursprünglichen Waldformen verdrängten (Hölzel, 2019). Neben der Fichte sind noch die Europäische Lärche, die Waldkiefer sowie mit Birke, Pappel, Weide und Erle einige Laubbaumarten charakteristisch (Campbell et al., 2016). Die Artenvielfalt in der Strauch- und Krautschicht dieser Wälder ist geringer als in Laubwäldern der gemäßigten Breiten (Campbell et al., 2016). Sie bieten nichtsdestotrotz vielen Vogelarten und zahlreichen großen Säugetierarten einen Lebensraum (Campbell et al., 2016). Mittlerweile gehen die reinen Nadelholzbestände, die durch Aufforstung entstanden, aufgrund von gezielter Förderung von Laubholz zurück (Hölzel, 2019). Viele natürliche boreale Nadelwälder und Nadelwaldgesellschaften sind durch intensive forstwirtschaftliche Nutzung gefährdet (Campbell et al., 2016).

## **3. Didaktische und methodische Grundlagen**

### **3.1. Didaktische Rekonstruktion**

Für die Planung des Workshops wurde das Modell der didaktischen Rekonstruktion angewendet. Dieses umfasst die fachliche Klärung, die Erhebung von Lernerperspektiven sowie die didaktische Strukturierung, die miteinander in enger Wechselwirkung stehen. Die fachliche Klärung bezieht sich auf die Analyse wissenschaftlicher Quellen zu einem Thema unter Berücksichtigung von Aspekten, die für die Vermittlung des Themas relevant sind (Gropengießer et al., 2019). Eine solche fachliche Klärung wurde auch für den in dieser Arbeit vorgestellten Workshop vorgenommen und ist in Kapitel 2 „Fachlicher Hintergrund“ nachzulesen. Die Erhebung von Lernerperspektiven spielt eine wichtige Rolle, da die Lernenden ihre Vorstellungen aufgrund lebensweltlicher Erfahrungen entwickelt haben und auf diese beim Lernen zurückgreifen (Gropengießer et al., 2019). Die Vorstellungen eines jeden Lernenden unterscheiden sich von denen eines anderen und umfassen neben kognitiven Aspekten auch affektive und psychomotorische (Gropengießer et al., 2019). Mögliche Schüler\*innenvorstellungen, die in Zusammenhang mit dem Thema „Biodiversität“ für den Workshop relevant sein könnten, wurden einerseits vorab definiert (siehe Kapitel 4.4. „Potenzielle Vorstellungen der Workshopteilnehmer\*innen zur Biodiversität“) und werden andererseits auch zu Beginn des Workshops kurz erhoben. Für die didaktische Strukturierung werden nun die Ergebnisse der fachlichen Klärung und der Analyse der Lernerperspektiven aufeinander bezogen und darauf basierend eine Planung für den Unterricht entwickelt (Gropengießer et al., 2019). In diesem Fall entstanden durch die didaktische Strukturierung ein Workshop sowie das verwendete Material. Die didaktische Strukturierung des Workshops wird in Kapitel 4.5. „Ablauf“ näher beschrieben.

### **3.2. Schüler\*innenvorstellungen und die *Conceptual Change* Theorie**

Lernende verfügen bereits über Vorstellungen zu verschiedensten Themen, wenn sie im Unterricht oder einem Workshop mit naturwissenschaftlichen Themen in Berührung kommen (Gropengießer et al., 2019). Diese Vorstellungen der Schüler\*innen entstammen häufig den Erfahrungen des Alltags, wobei der Begriff „Alltag“ in diesem Zusammenhang

sehr breit als „Raum außerhalb der Schule, der Erfahrungen mit dem eigenen Körper ... sowie handwerkliche, religiöse oder andere kulturelle Erfahrungen ermöglicht“ verstanden wird (Schrenk et al., 2019, S. 4). Solche im Alltag erworbenen Vorstellungen haben sich für die Lernenden als nützlich erwiesen und in der Lebenswelt bewährt (Gropengießer et al., 2019; Schrenk et al., 2019). Sie weichen jedoch aufgrund fehlenden Fachwissens häufig deutlich von der akzeptierten naturwissenschaftlichen Sichtweise ab (Gropengießer et al., 2019; Gropengießer & Marohn, 2018). Schüler\*innenvorstellungen entspringen jedoch nicht nur dem Alltag, sondern können auch im Unterricht entstehen, wenn Lernende ihre Alltagsvorstellungen mit neuem Wissen in Beziehung setzen (Hammann & Asshoff, 2019; Schrenk et al., 2019).

Aus der Diskrepanz zwischen den im Alltag nützlichen Vorstellungen der Lernenden und den korrekten wissenschaftlichen Vorstellungen ergibt sich die Relevanz von Schüler\*innenvorstellungen für den Unterricht bzw. den Workshop, weshalb die Vorstellungen der Lernenden auch am Beginn des Workshops in Form einer digitalen Wortwolke erhoben werden. Sie bilden Anknüpfungspunkte für neues Wissen und sind daher ein wichtiger Teil der didaktischen Rekonstruktion (Gropengießer et al., 2019; Hammann & Asshoff, 2019). Da neues Wissen durch Anknüpfung an Alltagsvorstellungen von den Lernenden konstruiert wird, kann es vorkommen, dass die Alltagsvorstellungen beim Lernen nicht ersetzt, sondern vielmehr modifiziert werden (Gropengießer et al., 2019; Hammann & Asshoff, 2019). Es ist daher eher von einer Koexistenz verschiedener Vorstellungen auszugehen, da die im Alltag entwickelten Vorstellungen sich in vielen Situationen nach wie vor als hilfreich erweisen und neben den neu erworbenen wissenschaftlichen Vorstellungen bestehen bleiben (Gebhard, 2015; Gropengießer et al., 2019; Hammann & Asshoff, 2019). Werden Alltagsvorstellungen im Zuge der didaktischen Rekonstruktion erhoben und hierfür in der Literatur recherchiert, so ist es wichtig zu bedenken, dass Schüler\*innenvorstellungen bei deren Erhebung durch Fachdidaktiker\*innen interpretiert werden (Gropengießer & Marohn, 2018). Das heißt, der ursprüngliche Sachverhalt wird von den Lernenden mittels ihrer Alltagsvorstellungen interpretiert, die dann wiederum von den Fachdidaktiker\*innen interpretiert werden, wodurch in der Literatur bereits eine zweifache Interpretation eines Sachverhalts vorliegt (Gropengießer & Marohn, 2018).

### 3.2.1. Conceptual Change und Conceptual Reconstruction

Schüler\*innen verfügen über eine Vielzahl vorunterrichtlicher Vorstellungen, die den Ausgangspunkt für die Konstruktion von neuem Wissen bilden. Gropengießer und Marohn (2018) zufolge besteht die Herausforderung darin, „unterrichtliche Strategien zur Änderung von Vorstellungen zu finden, die Bedingungen zu klären, unter denen dies gelingen kann, und den dabei ablaufenden Lernprozess theoretisch gerahmt zu beschreiben“ (S. 49). Die *Conceptual Change* Theorie nach Posner und Strike (1982; 1992 zitiert nach Krüger, 2007, S. 82) ist eine solche Strategie und nennt spezifische Bedingungen unter denen Alltagsvorstellungen durch wissenschaftlich fundierte Vorstellungen ersetzt werden können. Hierbei wird in der ursprünglichen Fassung die Ansicht vertreten, dass Lernende ihre „falschen“ Vorstellungen zugunsten der fachlich korrekten Vorstellungen aufgeben (Krüger, 2007).

Da sich jedoch gezeigt hat, dass Vorstellungen erhalten bleiben können, insbesondere wenn sie sich im Alltag als hilfreich erweisen, wurden eine Reihe alternativer Bezeichnungen für die *Conceptual Change* Theorie vorgeschlagen, die diese Erkenntnis widerspiegeln soll (Krüger, 2007). Unter anderem kam der Begriff „*conceptual reconstruction*“ auf, der die Rekonstruktion von Wissensstrukturen durch die Lernenden in den Fokus rückt und deren aktive Rolle betont (Gropengießer & Marohn, 2018; Krüger, 2007). Da Schüler\*innenvorstellungen jedoch häufig nicht automatisch zu Tage treten, ist es in vielen Fällen nötig, sie bewusst hervorzurufen, um den Lernenden zu erlauben ihre vorunterrichtlichen Vorstellungen für den Lernprozess zu nutzen (Hammann & Asshoff, 2019). Die Hervorrufung von Schüler\*innenvorstellungen kann beispielsweise durch einen kognitiven Konflikt erfolgen, durch den bei den Lernenden Unzufriedenheit mit der eigenen Vorstellung entsteht (Krüger, 2007). Auch der Workshop nutzt einen kognitiven Konflikt als Anregung zur Rekonstruktion der bei den Schüler\*innen vorhandenen Vorstellungen. Die Unzufriedenheit mit einer existierenden Vorstellung ist Posner und Strike (1982; 1992 zitiert nach Krüger, 2007, S. 82) zufolge eine der vier Bedingungen, die erfüllt sein müssen um eine *Conceptual Reconstruction* zu ermöglichen. Weitere Bedingungen sind, dass die neue Vorstellung sowohl verständlich als auch plausibel ist und sich als fruchtbar erweist, also auch ausbaufähig und auf andere Bereiche anwendbar ist (Krüger, 2007). Die *Conceptual Change* Theorie in ihrer klassischen Form stand jedoch auch in der Kritik,

da sie Lernen als rein kognitives Problem darstellt und beispielsweise motivationspsychologische sozialkonstruktivistische Aspekte außer Acht lässt (Krüger, 2007). Interessen und Motivation der Lernenden im Lernprozess werden dabei nicht beachtet (Krüger, 2007).

### **3.2.2. Schüler\*innenvorstellungen mit Bezug zur Biodiversität**

Bisher liegen kaum Studien vor die sich explizit mit Schüler\*innenvorstellungen zur Biodiversität beschäftigen (vgl. Menzel & Bögeholz, 2006). In einer Studie von Menzel und Bögeholz (2009) zeigte sich unter anderem, dass die Begriffe „Biodiversität“ bzw. „biologische Vielfalt“ häufig als ein Synonym für Artenvielfalt verstanden wurden. Es wurde in dieser Studie auch festgestellt, dass bei Lernenden das Konzept einer geringen biologischen Vielfalt in Regionen mit extremeren klimatischen Bedingungen (*Schüler\*innenvorstellung einer niedrigen Biodiversität aufgrund extremer klimatischer Bedingungen*) weit verbreitet ist (Menzel & Bögeholz, 2009). Regionen, in denen gemäßigte klimatische Bedingungen vorherrschen, werden demnach von den Lernenden als artenreicher konzipiert (Menzel & Bögeholz, 2009). Eine weitere Erkenntnis ist, dass Lernende häufig ein Platzkonzept besitzen, dem zufolge insbesondere urbane, stark bebaute Lebensräume eine sehr geringe Biodiversität aufweisen (*Schüler\*innenvorstellung einer niedrigen Biodiversität aufgrund von Platzmangel*) (Menzel & Bögeholz, 2009). Das Platzkonzept ebenso wie die Gleichsetzung des Begriffs „Biodiversität“ mit der Artenvielfalt wurde von Menzel und Bögeholz (2006) auch noch in einer weiteren Studie festgestellt. Diese Studie zeigte jedoch auch, dass der Begriff „Biodiversität“ vielen Schüler\*innen gänzlich unbekannt ist und neben Artenvielfalt auch mit „Vielfalt biologischer Teildisziplinen“ sowie „Vielfalt von Ökosystemen“ assoziiert wird (Menzel & Bögeholz, 2006). Bezüglich des Verlusts von Biodiversität scheinen zwei unterschiedliche Vorstellungen bei Lernenden zu existieren. Die Ursachen werden einerseits in ökologischen Aspekten gesehen (*Schüler\*innenvorstellung vom Biodiversitätsverlust durch ökologische Ursachen*), andererseits in sozialen Aspekten (*Schüler\*innenvorstellung vom Biodiversitätsverlust durch soziale Ursachen*) (Menzel & Bögeholz, 2006).

Es wurden auch Schüler\*innenvorstellungen in für die Biodiversität relevanten Bereichen wie beispielsweise der Ökologie erhoben, die aufgrund der bisher geringen Beforschung von Alltagsvorstellungen zur Biodiversität ebenfalls in Betracht gezogen werden sollten. Die Ökologie kann als relevant für die Biodiversität angesehen werden, da sie sich sowohl

mit Beziehungen von Organismen untereinander, als auch mit ihrer Umwelt beschäftigt und auch direkte und indirekte Ursache-Wirkungsbeziehungen analysiert (Hammann & Asshoff, 2019). Diese verschiedenen Arten von Beziehungen und Wechselwirkungen haben einen Einfluss auf die Biodiversität. Dies wird beispielsweise bei der Betrachtung von Lebensgemeinschaften deutlich, in denen durch eine Störung dynamische Prozesse in Gang gesetzt werden, die sogar eine Erhöhung der Artenvielfalt und damit der Biodiversität zur Folge haben können (Campbell et al., 2016). Trotz des Wissens um den dynamischen Wandel von Lebensgemeinschaften existieren noch immer verschiedene Schüler\*innenvorstellungen rund um die Metapher des *Gleichgewichts der Natur* (Hammann & Asshoff, 2019). So wurde beispielsweise festgestellt, dass bei Lernenden die Vorstellung existiert, dass die Natur gleich bleibt (*Schüler\*innenvorstellung einer gleichbleibenden Natur*) und der Mensch hauptverantwortlich für Änderungen ist (*Schüler\*innenvorstellung vom Mensch als Störenfried*) (Hammann & Asshoff, 2019). Lernende besitzen also die Vorstellung, dass die Natur sich selbst im Gleichgewicht hält und der Mensch sie durch seine Einwirkung destabilisiert (Hammann & Asshoff, 2019). Diese Vorstellungen hängen eng mit der *Schüler\*innenvorstellung einer guten und harmonischen Natur* zusammen, der zufolge das Gleichgewicht der Natur das Überleben aller Organismen einer Lebensgemeinschaft sichert, auch des Menschen sofern er sich als harmonischer Teil der Natur verhält und nicht in diese eingreift (Hammann & Asshoff, 2019). Dem ist aus wissenschaftlicher Sicht entgegenzuhalten, dass mittlerweile alle Ökosysteme der Erde vom Menschen beeinflusst werden (Pollan 1991 in Hammann & Asshoff, 2019). Die hier angesprochenen Schüler\*innenvorstellungen aus dem Bereich der Ökologie verdeutlichen, dass die dynamischen Prozesse in Ökosystemen ebenso wie verschiedene Arten von Ökosystemen, die natürlich entstanden sowie vom Menschen geschaffen worden sein können, und ihre Schutzwürdigkeit im Unterricht thematisiert werden sollten (Hammann & Asshoff, 2019). Da die Vielfalt der Ökosysteme ein wichtiger Bestandteil der Biodiversität ist, ergibt sich daraus die Relevanz dieser Schülervorstellungen in Bezug auf die Biodiversität und den in dieser Arbeit vorgestellten Workshop.

### **3.3. Interesse von Lernenden**

Interesse kann als eine Person-Gegenstands-Beziehung verstanden werden, wobei als Gegenstand alles verstanden wird, mit dem sich eine Person beschäftigen kann (Objekte, Themengebiete, Theorien, etc.) (vgl. Nina Holstermann & Bögeholz, 2007; Ruppert,

2019). Diese Person-Gegenstands-Beziehung zeichnet sich dadurch aus, dass die Person sich von sich aus mit dem Gegenstand auseinandersetzen möchte, also vor allem intrinsisch motiviert ist (Ruppert, 2019). Für das Interesse spielen sowohl die Interessiertheit der Person als auch die Interessantheit des Gegenstandes eine Rolle (Ruppert, 2019). Unter Interessiertheit wird der Wille sich intensiv mit dem Gegenstand auseinanderzusetzen verstanden, während sich die Interessantheit auf den Gegenstand und seine Anreizefaktoren bezieht (Ruppert, 2019). Je höher die Interessiertheit der Lernenden, desto eher beschäftigen sie sich mit Gegenständen von geringer Interessantheit und umgekehrt (Ruppert, 2019). Führt die Interessantheit eines Gegenstandes oder einer Lernsituation zu einer situationsspezifischen und daher einmaligen Interessiertheit, so spricht man von situationalem Interesse (Vogt, 2007). Ist die Interessiertheit einer Person an einem Objekt jedoch stabil, also dauerhaft, so spricht man von individuellem Interesse (Ruppert, 2019; Vogt, 2007).

Es kann jedoch auch vorkommen, dass zwischen Personen und Gegenständen noch keine Beziehungen existieren und die Personen den Gegenständen neutral gegenüberstehen (Vogt, 2007). Diese neutrale Ausgangshaltung wird auch als Indifferenz bezeichnet und es bedarf meist extrinsischer Motivation um eine Person zur Auseinandersetzung mit dem Gegenstand zu bewegen (Vogt, 2007). Je nachdem ob diese erste Person-Gegenstands-Auseinandersetzung positiv verläuft oder nicht, kann sich daraus Interesse oder Nicht-Interesse entwickeln (Vogt, 2007). Das Nicht-Interesse an einem Gegenstand kann als Desinteresse oder Abneigung ausgeprägt sein und ist von Angst oder Ekel abzugrenzen (Vogt, 2007). Vogt (2007) definiert Desinteresse und Abneigung wie folgt: „Desinteresse lässt sich mit Interesselosigkeit bzw. Gleichgültigkeit umschreiben. Abneigung ist die stärkere Form des Nicht-Interesses und kann mit Antipathie bzw. Widerwille erklärt werden“ (S. 13). Aus didaktischer Sicht ist die Entwicklung von Indifferenz hin zu Nicht-Interesse zu vermeiden, da Lernen mit Interesse nachhaltiger ist als Lernen ohne Interesse (Vogt, 2007).

Ob sich aus Person-Gegenstands-Auseinandersetzungen Nicht-Interesse, situationales oder individuelles Interesse entwickelt, hängt von verschiedenen Faktoren ab (Vogt, 2007). Eine entscheidende Rolle spielt hierbei laut *Selbstbestimmungstheorie der Motivation* (Deci & Ryan, 1993 zitiert nach Ruppert, 2019, S. 98) die Befriedigung der drei

psychologischen Grundbedürfnisse – Kompetenzerleben, Autonomie und soziale Eingebundenheit. Kompetenzerleben meint das Bedürfnis der Lernenden sich in der Lage zu fühlen die gestellten Anforderungen aus eigener Kraft bewältigen zu können (Ruppert, 2019). Autonomie bezieht sich auf die Selbstbestimmung von Zielen und Handlungsweise auf dem erreichten Kompetenzniveau und soziale Eingebundenheit auf das Bedürfnis nach Akzeptanz und Anerkennung durch andere (Ruppert, 2019). Die Erfüllung dieser drei psychologischen Grundbedürfnisse auf einem minimalen Niveau kann als Voraussetzung für die Entwicklung von Interesse gesehen werden (Ruppert, 2019; Vogt, 2007).

Da der Workshop im Botanischen Garten der Universität, einem außerschulischen Lernort mit großer Artenvielfalt, stattfindet, ist davon auszugehen, dass das Lernsetting das situationale Interesse der Lernenden positiv beeinflusst. Des Weiteren wird durch die didaktische Strukturierung des Workshops sowie die Verwendung kooperativer Sozialformen versucht, die psychologischen Grundbedürfnisse der Lernenden zu befriedigen, um dadurch die Entwicklung von Interesse zu begünstigen.

### **3.3.1. Das Interesse von Schüler\*innen an biologischen Themen**

Generell wurde im Lauf der Sekundarstufe ein Verfall des Interesses an Biologie bei Schüler\*innen festgestellt, der bei Jungen jedoch ausgeprägter ist als bei Mädchen (Holstermann & Bögeholz, 2007; Ruppert, 2019). Insbesondere das Interesse an Tieren und Pflanzen geht stark zurück (Holstermann & Bögeholz, 2007; Ruppert, 2019). Dies zeigen auch die Ergebnisse der deutschen Stichprobe der ROSE-Studie, einer internationalen Vergleichsstudie, die sich mit dem Interesse von Jugendlichen an naturwissenschaftlichen Inhalten befasst (Holstermann & Bögeholz, 2007). Es wurde generell ein geringes Interesse an Landwirtschaft und Pflanzen bei Jugendlichen festgestellt, wobei das Interesse bei Schülern tendenziell höher war als bei Schülerinnen (Holstermann & Bögeholz, 2007). Holstermann und Bögeholz (2007) sehen dies als Anlass Pflanzenkunde in kontextualisierter Form zu unterrichten, um die Relevanz des Themas zu betonen. Um das Interesse an Arten zu fördern, wurde auch mehrfach die Wichtigkeit von Naturbegegnungen und Erlebnissen hervorgehoben, da sich diese auf emotionaler Ebene positiv auswirken können (Berck & Graf, 2018; Jäkel, 2021). Daraus ergibt sich, dass Lernende wo immer möglich diese Naturbegegnungen nutzen können sollten, um eigene Erkenntnisse zu gewinnen und so daraus Erlebnisse zu generieren (Berck & Graf, 2018). Im Zuge des

Workshops werden durch Naturbegegnungen verschiedene Aspekte der Pflanzenkunde in kontextualisierter Form behandelt, wodurch sowohl das Interesse an botanischen Themen positiv beeinflusst als auch deren Relevanz betont werden soll.

### **3.3.2. Plant blindness**

Menschen nehmen Pflanzen häufig nicht wahr; sie blenden sie in ihrer Wahrnehmung völlig aus (Hammann & Asshoff, 2019; Jäkel, 2021). Dieses Unvermögen Pflanzen in der Umgebung wahrzunehmen wird als *plant blindness* bezeichnet (Hammann & Asshoff, 2019; Jäkel, 2021). Der Begriff umfasst auch die Unfähigkeit die Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen zu erklären (Hammann & Asshoff, 2019). Dies ist insofern bemerkenswert, als Pflanzen in Ökosystemen eine wichtige Rolle spielen und auch für den Menschen von großer Bedeutung sind (Hammann & Asshoff, 2019). Als Ursache für *plant blindness* werden unter anderem die Tatsache, dass Pflanzen für Menschen allgegenwärtig sind, ebenso wie die Wahrnehmung von Pflanzen als Ressource gesehen (Schneekloth, 1989 in Hammann & Asshoff, 2019). Um dem mangelnden Interesse an Pflanzen und der *plant blindness* entgegenzuwirken, wird daher die Thematisierung von Pflanzen in interessensfördernden Kontexten und die bewusste Auswahl interessanter Pflanzen vorgeschlagen (Jäkel, 2021; Pany & Heidinger, 2017). Der Workshop versucht durch seine didaktische Strukturierung einerseits der *plant blindness*, die im Botanischen Garten der Universität Wien aufgrund der dort vorherrschenden Pflanzendichte auftreten kann, vorzubeugen, indem der Fokus bewusst auf ausgewählte Bereiche des Gartens, häufige Pflanzenfamilien und ausgewählte interessante Arten gelegt wird. Andererseits soll die Konzeption des Workshops sowie die für den Workshop ausgewählten Pflanzen dazu beitragen, bei den Lernenden das Verständnis für die Bedeutung von Pflanzen in Ökosystemen weiterzuentwickeln und zu verbessern.

### **3.4. Forschend-entdeckendes Lernen**

Gegenwärtig existieren im Bildungswesen verschiedene methodische Zugänge, denen eine entdeckend-explorative Herangehensweise zugrunde liegt (Reitinger, 2014). Aufgrund seiner umfassenden Charakteristik wird der Begriff des „Forschenden Lernens“ als Synonym für diese verschiedenen entdeckend-explorativen Zugänge verwendet, wobei er sowohl Formen mit hohem Lenkungsgrad als auch Formen mit hohem Selbstständig-

keitsgrad mit einschließt (Reitinger, 2014). Scholkmann (2016) zufolge können unterschiedliche „Formen problem-, projekt-, fallbasierter und forschender Lernarrangements“ (S. 3) auch als forschend-entdeckendes Lernen zusammengefasst werden. Dies zeigt, dass die Begriffe „Forschendes Lernen“ sowie „forschend-entdeckendes Lernen“ in der Literatur nicht einheitlich verwendet werden. Da die Bezeichnung „forschend-entdeckendes Lernen“ laut Scholkmann (2016) auch forschendes Lernen im engeren Sinne als ein Lernarrangement einschließt, bei dem „sowohl die Wahl des Themas, der zu bearbeitenden Fragestellung als auch die Auswahl hierzu geeigneter Forschungsmethoden in der Hand der Lernenden“ liegt (S. 19), wird in dieser Arbeit der Begriff „forschend-entdeckendes Lernen“ zusammenfassend für entdeckend-explorative Lernsettings verwendet.

### **3.4.1. Forschend-entdeckende Lernarrangements**

Ein Lernarrangement ist als forschend-entdeckend anzusehen, wenn eine Problemstellung einen Lernanlass schafft, wobei eine strukturierte Aufgabenbearbeitung ermöglicht wird und die Wissenskonstruktion als ein sozialer Prozess gestaltet ist bei dem die Lehrenden als Lernbegleiter\*innen fungieren (Scholkmann, 2016). Des Weiteren sollen die im Lernprozess angewandten selbstregulierenden Strategien durch Anregung der Reflexion des Wissenserwerbs der Lernenden verinnerlicht werden (Scholkmann, 2016). Daher sollten forschend-entdeckende Lernarrangements sinnvollerweise wiederholt angeboten werden (Scholkmann, 2016). Die Reflexion des Wissenserwerbs sowie der wiederholte Einsatz forschend-entdeckender Lernsettings spielen besonders im Zusammenhang mit Bildungseinrichtungen eine wichtige Rolle, weniger jedoch in Bezug auf Lernanlässe wie beispielsweise Workshops und Fortbildungen.

Forschend-entdeckendes Lernen wird von Reitinger et al. (2016) durch TILA, die *Theory of Inquiry Learning Arrangements*, beschrieben, welche aus drei Säulen besteht. Die erste Säule beinhaltet die Eigenschaften bzw. Kriterien forschend-entdeckenden Lernens. Voraussetzung für forschend-entdeckendes Lernen sind Entdeckungsinteresse und Methodenaffirmation, also dem Willen der Lernenden am Forschungsprozess teilzunehmen und diesen zumindest teilweise mitzubestimmen (Müller et al., 2018). Der Prozess des forschend-entdeckenden Lernens selbst beinhaltet erfahrungsbasiertes Hypothesieren, authentisches Explorieren, kritischen Diskurs sowie conclusionsbasierten Transfer (Reitinger et al., 2016). Als Anstoß für das erfahrungsbasierte Hypothesieren

kann die Konfrontation der Lernenden mit einer authentischen und komplexen Problemstellung dienen (Scholkmann, 2016). Diese sollte idealerweise nicht mittels standardisierter oder einfacher Lösungswege bearbeitbar sein und die Lernenden dazu bringen sich auf die Suche nach Informationen zu begeben (Scholkmann, 2016). Der Erwerb neuer Informationen erfolgt durch das authentische Explorieren. Als Kontext für authentisches Explorieren spielen besonders außerschulische Lernorte eine wichtige Rolle (Müller et al., 2018). Der abschließende conclusionsbasierte Transfer „ist die logische Folgerung, bei gleicher Ausgangslage und gleichem Ergebnis das dahinterliegende gemeinsame Prinzip übertragen zu können“ (Müller et al., 2018, S. 220). Das Ausmaß, in dem die genannten Kriterien erfüllt werden, kann variieren und sie müssen nicht immer gänzlich erfüllt sein (Reitinger et al., 2016). Der im folgenden vorgestellte Workshop ist an TILA angelehnt und beinhaltet sowohl erfahrungsbasiertes Hypothesisieren als auch authentisches Explorieren und kritischen Diskurs. Ein conclusionsbasierter Transfer findet im Zuge des Workshops nicht statt, kann jedoch im Rahmen einer Nachbereitung zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

Die zweite Säule von TILA bezieht sich auf pädagogische Prinzipien, die als unterrichts- und lernprozessfördernd erachtet werden (Müller et al., 2018). Diese Prinzipien umfassen Vertrauen, Selbstbestimmung, Sicherheit, Veranschaulichung, Strukturierung und Personalisierung (Reitinger et al., 2016). Da forschend-entdeckende Lernarrangements insbesondere für Lernende, die mit diesen nicht vertraut sind, sehr fordernd sind, spielen Sicherheit und Strukturierung eine wichtige Rolle. Zur Unterstützung der Lernenden beim authentischen Explorieren des komplexen Problems liegt diesem beim forschend-entdeckenden Lernen eine Strukturierung bzw. ein „Gerüst“ (engl. *scaffold*) zugrunde (Bruckermann et al., 2017; Scholkmann, 2016). Sicherheit kann neben Hilfestellungen auch durch die Anwesenheit der Lehrkraft erzeugt werden, auch wenn sich diese im Hintergrund hält (Müller et al., 2018; Scholkmann, 2016). Sowohl Hilfestellungen im Sinne von Lernunterstützungen als auch durch die Anwesenheit der Lehrkraft sind Formen von *Scaffolding*, die dabei helfen sollen eine Überforderung der Lernenden zu vermeiden (Müller et al., 2018).

Bei der Gestaltung des Workshops wurde darauf geachtet, dass das behandelte Thema durch Verknüpfung mit den Erfahrungen und Vorstellungen der Lernenden eine Personalisierung erfährt. Der Workshop wurde so konzipiert, dass er Selbstbestimmung durch

die Lernenden zulässt, ihnen jedoch durch die Strukturierung auch Sicherheit gibt. Obwohl der Botanische Garten der Universität Wien sich besonders für die Veranschaulichung des Themas Biodiversität eignet, kann das Setting zu Überforderung und damit Unsicherheit bei den Lernenden führen. Dem wird durch die Strukturierung des Workshops, den zur Verfügung gestellten Lernhilfen sowie der Anwesenheit der Workshopleitung in allen Phasen, wenn auch teilweise nur im Hintergrund, vorgebeugt.

Die dritte Säule von TILA befasst sich mit der Seite der Lehrenden und beinhaltet ein Modell, das Organisation forschend-entdeckender Lernarrangements beschreibt (Reitinger et al., 2016). Dieses Modell wird als OPeRA-Modell (Outline-Performance-Reflection-Analysis-Model) bezeichnet und befasst sich mit den vier darin beschriebenen Phasen in denen Unterricht entworfen, durchgeführt, reflektiert und adaptiert wird (Reitinger et al., 2016).

### **3.4.2. Scaffolding**

*Scaffolds* sollen den Lernenden eine kognitive Unterstützung im forschend-entdeckenden Lernprozess bieten, da dieser aufgrund seiner didaktischen Gestaltung überfordernd sein kann (Bruckermann et al., 2017). Der *Cognitive Load Theory (CLT)* ist die kognitive Kapazität begrenzt und wird sowohl durch die *intrinsic cognitive load* als auch die *extraneous cognitive load* beansprucht (Sweller et al., 1998). Die *intrinsic cognitive load* bezieht sich auf „das inhaltliche Anspruchsniveau und die Komplexität des Materials“ (Bruckermann et al., 2017, S. 18) und die *extraneous cognitive load* auf die „äußere Gestaltung des Materials“ (Bruckermann et al., 2017, S. 18). Der Einsatz von *scaffolds* soll die *extraneous cognitive load* senken und so Kapazitäten für die Konstruktion von Wissen schaffen (Bruckermann et al., 2017).

Lernunterstützungen (*scaffolds*), die beim *Scaffolding* verwendet werden, sind variabel und können an die jeweilige Lernsituation angepasst werden (Bruckermann et al., 2017). Sie bilden ein „Gerüst“, das je nach Bedarf mit der fortschreitenden Entwicklung der Lernenden immer weiter reduziert werden kann, bis es nicht mehr benötigt wird (Bruckermann et al., 2017). Lernunterstützungen können verschiedene Formen annehmen wie beispielsweise Lösungsbeispiele oder gestufte Lernhilfen, auf die je nach selbstdiagnostiziertem Bedarf von den Lernenden zurückgegriffen werden kann (Bruckermann et al., 2017). Auch die Unterstützung des Lernprozesses durch kooperatives Lernen kann als

*scaffold* angesehen werden, da durch den Austausch mit Kommilitonen Wissenslücken im eigenen Lernprozess identifiziert und durch gegenseitige Hilfestellung ausgeglichen werden können (Bruckermann et al., 2017; Scholkmann, 2016). Der Workshops nutzt verschiedene Arten von Lernunterstützungen. Einerseits werden gestufte *scaffolds* in Form von Leitfragen angeboten. Andererseits nützt der Workshop kooperative Lernformen zur gegenseitigen Unterstützung.

### **3.4.3. Erkenntnismethoden**

In Zusammenhang mit forschend-entdeckendem Lernen wird dieser methodische Zugang häufig auf den Einsatz von Experimenten im Unterricht reduziert. Tatsächlich werden in den Biowissenschaften jedoch vielfältige Erkenntnismethoden genutzt, die jeweils unterschiedliche Zugänge zu biologischen Phänomenen bieten (Köhler & Meisert, 2019). Biologische Systeme können mit verschiedenen Erkenntnismethoden auf unterschiedlichste Weise erschlossen werden (Köhler & Meisert, 2019). Die Wahl der Erkenntnismethode orientiert sich an der spezifischen Zielsetzung, die auch die Vorgehensweise bedingt (Köhler & Meisert, 2019). Neben der bereits erwähnten Erkenntnismethode des Experimentierens gehören auch das Betrachten, das Beobachten und das Untersuchen zu den Grundformen des Erkundens (Köhler & Meisert, 2019). Auch wenn Betrachten und Beobachten auf den ersten Blick als triviale Methoden erscheinen mögen, so sind sie dies keineswegs (Köhler & Meisert, 2019). Sowohl beim Betrachten als auch beim Beobachten ist eine aktive Fragehaltung (beispielsweise in Form einer Erwartungshaltung) sowie ein erkennendes Sehen in Verbindung mit einem aktiven Denkprozess charakteristisch (Köhler & Meisert, 2019). Der Begriff „Betrachten“ bezieht sich auf das Erfassen ruhender Objekte während man von „Beobachten“ in Zusammenhang mit Vorgängen spricht (Köhler & Meisert, 2019). Das Betrachten spielt gerade in forschend-entdeckenden Lernsettings, die sich mit Pflanzen und Lebensräumen befassen, eine wichtige Rolle, da es einen entdeckend-explorativen Zugang zu diesen Organismen und biologischen Systeme zur authentischen Exploration spezifischer Fragestellungen bietet. Im Workshop wird daher die Erkenntnismethode des Betrachtens verwendet, da diese für die Zielsetzung des Workshops sowie die Bearbeitung der einzelnen Aufgaben am besten geeignet ist. Die Wahl des Betrachtens als Erkenntnismethode ist auch dadurch bedingt, dass der Botanische Garten auch geschützte Arten beherbergt und ein Ausreißen von Pflanzen oder Pflanzenteilen sowie das Betreten der Beete grundsätzlich untersagt ist. Aus diesen

Gründen ist die Anwendung der Erkenntnismethode des Untersuchens für diesen Workshop ungeeignet.

### **3.5. Lernen an außerschulischen Lernorten**

Als außerschulische Lernorte werden Orte bezeichnet, die sich außerhalb eines Schulgebäudes befinden und die eine direkte Begegnung mit einem Lerngegenstand ermöglichen welche zum Kompetenzerwerb beiträgt (Jäkel, 2021). Außerschulische Lernorte sind jene, an denen Unterricht außerhalb des Klassenraums oder Schulgeländes, beispielsweise in einem Museum, einem botanischen Garten oder einem Naturschutzgebiet, stattfindet und stellen ein Charakteristikum außerschulischen Lernens dar (Karpa et al., 2015). Sie können sowohl Teil eines formalen als auch informalen Bildungssettings sein (Jäkel, 2021). Der Unterricht an außerschulischen Lernorten kann allgemein als „Biologische Exkursion“ bezeichnet werden (Berck & Graf, 2018). Biologischen Exkursionen liegt typischerweise die Absicht zugrunde den Lernenden „Kenntnisse über Pflanzen- und/oder Tierarten, Betrachtungen von Lebensgemeinschaften oder bestimmte[n] ökologischer Bedingungen zu vermitteln“ (Berck & Graf, 2018, S. 293).

Durch die Verlegung des Lernsettings an einen außerschulischen Lernort wird die alltägliche Routine des Lernens im schulischen Kontext unterbrochen und gleichzeitig den Lernenden neue Horizonte eröffnet (Budde & Hummrich, 2016). Die pädagogische Bedeutung eines außerschulischen Lernorts besteht darin, einen aktiven und erlebnisreichen Zugang zu diesem zu entwickeln (Dietrich, 2016). Dabei ist jedoch zu beachten, dass die didaktische Qualität des Lehrprozesses und weniger der Lernort an sich vorrangig für den Lernprozess sind (Jäkel, 2021). Unterricht an einem außerschulischen Lernort darf nicht als Ersatz für den Unterricht im Klassenraum verstanden werden (Karpa et al., 2015). Eine wichtige Rolle für Unterricht an außerschulischen Lernorten spielen die Vor- und Nachbereitung (Jäkel, 2021). Die Vorbereitung umfasst dabei nicht nur die Planung der biologischen Exkursion seitens der Lehrkraft, sondern auch die der Schüler auf den außerschulischen Unterricht (Berck & Graf, 2018). Da außerschulische Lernorte ein Fülle an Inputs bieten können, sollte die Zahl der Unterrichtsthemen auf wenige beschränkt werden und geeignete Ziele für den außerschulischen Unterricht gewählt werden (Berck & Graf, 2018; Jäkel, 2021). Die gebotene Fülle des außerschulischen Lernortes birgt sonst die Gefahr der kognitiven Überlastung, wodurch die Lernkapazität begrenzt werden

würde (Jäkel, 2021). Neben einer guten Vorbereitung kann dem auch durch gute Strukturierung vorgebeugt werden, die jedoch im Wechsel mit Offenheit stehen sollte (Jäkel, 2021). Dieser Gegensatz zwischen Lenken und Lassen erfordert jedoch auch eine gewisse Spontaneität seitens der Lehrkraft sowie die Fähigkeit entsprechend der Situation Entscheidungen vor Ort zu treffen (Dietrich, 2016). Weiters kennzeichnet außerschulisches Lernen ein „Wechsel zwischen Kommunikation und eigenem Entdecken, zwischen Informationsaufnahme, Dokumentation und Präsentation“ (Jäkel, 2021, S. 355). In diesem Zusammenhang sollte den Lernenden daher ein gewisses Maß an Selbsttätigkeit und Selbstständigkeit ermöglicht werden (Berck & Graf, 2018). Das Potential außerschulischer Lernorte liegt unter anderem auch in der Möglichkeit der Problemorientierung des Unterrichts und aktiven Konstruktion von Wissen seitens der Lernenden (Karpa et al., 2015). Die originalen Zugangsweisen, die durch den Besuch außerschulischer Lernorte ermöglicht werden, sollten außerdem digitale Zugangsweisen nicht gänzlich ausschließen (Jäkel, 2021). Sie können sich gegenseitig vorteilhaft im Lernprozess ergänzen (Jäkel, 2021).

Werden die genannten Kriterien für Unterricht an außerschulischen Lernorten beachtet, so kann ein außerschulischer Lernort Interessiertheit generieren (Jäkel, 2021). Außerschulische Lernorte bieten eine „bereichernde Ergänzung, die es erlaubt, neue Motivation bei den Lernenden zu wecken, ihnen neue Anregung zu geben“ (Karpa et al., 2015, S. 7). Die natürliche Umwelt besitzt einen Erlebnischarakter, der aus „einem Zusammenspiel von Spannung, Authentizität, Ästhetik und Unterrichtsexperiment besteht“ (Keller et al., 2015, S. 186). Dadurch werden Lernaktivitäten sowohl auf kognitiver als auch auf affektiver und psychomotorischer Ebene maßgeblich unterstützt (Keller et al., 2015). Es wurde versucht, die Vorteile des Botanischen Gartens der Universität Wien für den Workshop durch Beachtung der Kriterien für gelingenden Unterricht an außerschulischen Lernorten bestmöglich zu nutzen, ohne die Lernenden dabei kognitiv zu überlasten.

## **4. Workshop zum Thema „Biodiversität“**

### **4.1. Rahmenbedingungen**

Der Workshop, der im Folgenden vorgestellt wird, wurde im Rahmen des Projekts „makingAchange“ (*makingAchange*, 2022) erstellt und soll als Teil der sogenannten Klimawochen im Botanischen Garten der Universität Wien stattfinden. Das Thema des Workshops sowie dessen Rahmenbedingungen wurden von der Projektleitung vorab festgesetzt. Daher stand der Botanische Garten der Universität Wien als Veranstaltungsort und eine Workshopdauer von etwa drei Stunden bereits vor Beginn der Detailplanung fest. Da das Projekt auf Schulklassen ausgerichtet ist, liegt die Teilnehmerzahl je nach Klassengröße bei höchstens 25 Teilnehmer\*innen. Die Fokussierung auf die Diversität der Ökosysteme bzw. Lebensraumtypen Österreichs erfolgte jedoch ohne Vorgabe der Projektleitung. Als Zielgruppe ergaben sich aus dem Anforderungsniveau des Workshops Schüler\*innen der Sekundarstufe 2 allgemeinbildender höherer Schulen.

Die Durchführung des Workshops erfolgt durch sogenannte Buddies, die die Lernenden im Verlauf der gesamten Klimawochen begleiten. Für die Durchführung steht im Botanischen Garten ein winterfester Pavillon, das sogenannte Botanicum zur Verfügung. Dieser ist als Bildungszentrum konzipiert und ist daher besonders für die Umsetzung didaktischer Veranstaltungen geeignet. Im Botanischen Garten sind mehrere Lebensraumtypen, die für Österreich charakteristisch sind, repräsentativ nachgebildet. Gleichzeitig beherbergt er eine ungemeine Artenvielfalt. Um eine Überforderung der Lernenden durch diese Artenvielfalt zu vermeiden und andere Ebenen der Biodiversität hervorzuheben, lag es nahe, sich auf die Vielfalt der Ökosysteme bzw. Lebensraumtypen in Österreich zu fokussieren und die hierfür vorhandenen Ressourcen zu nützen. Die fachspezifischen Grundlagen sind in Kapitel 2 „Fachlicher Hintergrund“ nachzulesen.

### **4.2. Curriculare Verortung/ Lehrplanbezug**

Da sich die Klimawochen des Projekts „makingAchange“ und somit der in diesem Rahmen stattfindende Workshop explizit an Schulklassen richtet, erscheint eine Verortung des Workshops im Lehrplan der Sekundarstufe allgemeinbildender höherer Schulen als sinnvoll. So leistet der Workshop unter anderem einen Beitrag zu den Bildungsbereichen „Mensch und Gesellschaft“ sowie „Natur und Technik“, da die Rolle des Menschen bzw.

menschlicher Aktivitäten in Zusammenhang mit Ökosystemen thematisiert wird (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung [BMBWF], 2022). In der 5. Klasse ist die Behandlung von pflanzlichen Organismen hinsichtlich ihres Baus, ihrer Fortpflanzung sowie ihrer Lebensweise vorgesehen. Auch wenn der Workshop diese Aspekte nicht direkt zum Thema hat, so kann die Bearbeitung von Lebensraumtypen und den darin vorkommenden Pflanzen doch Zusammenhänge zwischen Bau, Lebensweise und Bedingungen im Lebensraum aufzeigen. Explizit als Lerninhalt werden Ökosysteme in der 6. Klasse genannt, ebenso wie Umweltprobleme, beispielsweise der Klimawandel (BMBWF, 2022). Die Vielgestaltigkeit der Ökosysteme ebenso wie potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf ebendiese liegen im Fokus des Workshops der somit direkten Beitrag zur Erreichung dieser Lernziele leisten kann. Sofern in der 7. Klasse Unterricht in Biologie und Umweltkunde stattfindet, ist eines der Lernziele die Entstehung und Ordnung biologischer Vielfalt (BMBWF, 2022). Auch hier besteht ein Bezug zwischen Lehrplan und Workshop, da dieser den Zusammenhang zwischen der Vielfalt der Ökosysteme und der Vielfalt der Arten aufzeigt. In der 8. Klasse werden „zytologische und molekulare Grundlagen der Vererbung“ (BMBWF, 2022, S. 184) ebenso wie die „Evolution als Basis für die Vielfalt der Organismen“ (BMBWF, 2022, S. 184) als Lernziele genannt. Auch diese Themengebiete werden nicht direkt im Workshop aufgegriffen. Dieser kann jedoch als Diskussionsgrundlage für beide Lernziele dienen, da einerseits die zytologischen und molekularen Grundlagen der Vererbung die genetische Vielfalt der Organismen bedingen und andererseits die Artenvielfalt in den unterschiedlichen Lebensraumtypen auch evolutionär bedingt ist.

### **4.3.Lernziele**

Das übergeordnete Ziel des Workshops ist es, bei den Lernenden anhand der Fokussierung auf die Vielfalt der Lebensraumtypen in Österreich ein Bewusstsein für die ökosystemare Ebene der Biodiversität zu schaffen. Neben der Ökosystemvielfalt wird zwar auch die Artenvielfalt in verschiedenen Lebensräumen eingegangen. Dies dient jedoch dem Aufzeigen der Diversität der Lebensraumtypen. Folgende spezifische Lernziele wurden basierend auf den Rahmenbedingungen des Workshops sowie der Zielgruppe festgelegt:

- Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass Biodiversität nicht nur Artenvielfalt, sondern auch Vielfalt der Ökosysteme beinhaltet.
- Die Schülerinnen und Schüler entwickeln Verständnis für den Zusammenhang zwischen der Vielfalt der Ökosysteme und der Artenvielfalt.
- Die Schülerinnen und Schüler entwickelt Verständnis für die Auswirkungen der Klimaerwärmung auf die Ökosystemvielfalt und die Artenvielfalt.

Inhaltlich beziehen sich diese Lernziele auf die Diversität der Ökosysteme. Um einen Bezug zur Lebenswelt der Lernenden herstellen zu können, wird die Diversität der Ökosysteme anhand der Vielfalt von Lebensraumtypen in Österreich thematisiert. Des Weiteren werden mögliche Auswirkungen der Klimakrise auf ebendiese angesprochen.

#### **4.4. Potenzielle Vorstellungen der Workshopteilnehmer\*innen zur Biodiversität**

In Zusammenhang mit dem Thema des Workshops wurden folgende Schüler\*innenvorstellungen identifiziert, die bei den Lernenden existieren könnten:

- Mit Biodiversität und Artenvielfalt ist dasselbe gemeint.
- Der Begriff „Biodiversität“ bezieht sich ausschließlich auf Artenvielfalt.
- In Österreich gibt es nur wenige verschiedene Lebensraumtypen bzw. Ökosysteme.
- Die Artenvielfalt in sehr anspruchsvollen Lebensräumen (z.B. hochalpine und subnivale Lebensräume, Serpentin, Trockenrasen) ist gering.

Weitere potenzielle Schüler\*innenvorstellungen sollen im Zuge des Einstiegs in den Workshop für die jeweilige Teilnehmergruppe in Form einer digitalen Wortwolke erhoben werden.

#### **4.5. Ablauf**

Einen Überblick über den Verlauf und zeitlichen Rahmen der einzelnen Phasen des Workshops bietet Tabelle 2. Die einzelnen Phasen werden im Anschluss näher erläutert.

<p><b>Einstieg</b></p> <p>Dauer: 15 min.</p> <p>Ort: Botanicum</p>	<p><b>Inhalt:</b> Erhebung von Präkonzepten zum Begriff „Biodiversität“</p> <p><b>Ziel:</b> Schüler*innenvorstellungen und Wissensstand erheben, kognitive Schemata aktivieren</p> <p><b>Methode:</b> Mentimeter-Umfrage</p> <p><b>Material:</b> Smartphones, Mentimeter-Umfrage, Laptop mit Internetzugang und Beamer</p>
<p><b>Erarbeitungsphase 1</b></p> <p>Dauer: 30 min.</p> <p>Ort: Botanicum</p>	<p><b>Inhalt:</b> Diversität der Lebensräume in Österreich, Standortbedingungen</p> <p><b>Ziel:</b> vorhandenes Wissen reflektieren und neue Information selbstständig erarbeiten</p> <p><b>Methode:</b> Partnerarbeit, Gruppenarbeit (2-3 Lernende/Gruppe)</p> <p><b>Material:</b> diverses Kartenmaterial, Arbeitsblatt, Buntstifte, Protokoll, Leitfragen</p>
<p><b>Erarbeitungsphase 2</b></p> <p>Dauer: 60 min.</p> <p>Ort: Garten, verschiedene Standorte</p>	<p><b>Inhalt:</b> Analyse eines Lebensraumtyps</p> <p><b>Ziel:</b> Verknüpfung neu erworbenen Wissens mit Betrachtungen vor Ort, Gewinnung neuer Erkenntnisse</p> <p><b>Methode:</b> selbstständige Gruppenarbeit</p> <p><b>Material:</b> Protokoll, Stifte, Klemmbrett, Handy, Lagepläne, Listen interessanter Arten, gegebenenfalls Leitfragen zum Lebensraum</p>
<p><b>Sicherung und Diskussion</b></p> <p>Dauer: 45 min.</p> <p>Ort: Botanicum</p>	<p><b>Inhalt:</b> Präsentation, Vergleich und Diskussion der Arbeitsergebnisse zu den verschiedenen Lebensraumtypen</p> <p><b>Ziel:</b> gerade erworbenes Wissen zusammenfassen und Schlüsse daraus ziehen, Parallelen erkennen</p> <p><b>Methode:</b> Präsentation, fragend-entwickelnder Vortrag, Plenumsdiskussion</p> <p><b>Material:</b> Protokoll, eventuell Notizen</p>
<p><b>Reflexion</b></p> <p>Dauer: 15 min.</p> <p>Ort: Botanicum</p>	<p><b>Inhalt:</b> Reflexion der Präkonzepte und des Lernprozesses</p> <p><b>Ziel:</b> eventuelle Veränderungen der Präkonzepte erkennen</p> <p><b>Methode:</b> individuelle Selbstreflexion</p> <p><b>Material:</b> Plakate mit Schlagwörtern bzw. Phrasen aus Mentimeter-Umfrage</p>

Tabelle 2: Übersichtstabelle des Ablaufs des Workshops

### **4.5.1. Einstieg**

Zu Beginn des Workshops werden die Vorstellungen der Schüler\*innen zum Begriff „Biodiversität“ erhoben. Dies dient einerseits dazu, einen Einblick in den Wissensstand der Lernenden zu erhalten und andererseits der Visualisierung von Schüler\*innenvorstellungen zur Biodiversität, die für den Lernprozess relevant sein können. Gleichzeitig werden auf Seite der Lernenden kognitive Schemata aktiviert, die mit dem Thema in Zusammenhang stehen und Anknüpfungspunkte für neues, im Zuge des Workshops generiertes Wissen darstellen.

Zur Erhebung der Schüler\*innenvorstellungen rufen die Teilnehmer\*innen auf ihrem Smartphone die Homepage des Online-Umfragedienstes Mentimeter (<https://www.menti.com/>, 2022) auf und tippen den Pin für die Mentimeter-Umfrage zur Erstellung einer Wortwolke ein. Der Pin kann auf der Tafel notiert werden oder auf einer Folie via PowerPoint-Präsentation eingeblendet werden. Die Teilnehmer\*innen sollten informiert werden, dass die Umfrage anonym ist. Die zu beantwortende Frage lautet: Was verbindest du mit dem Begriff Biodiversität?. Nachdem die Teilnehmer\*innen ihre Assoziationen zum Begriff „Biodiversität“ in die Umfrage eingegeben haben, wird die Wortwolke kurz für alle sichtbar über den Beamer projiziert. Es werden die häufigsten Assoziationen besprochen und angesprochen, dass Biodiversität nicht nur Artenvielfalt, sondern auch genetische Vielfalt und Vielfalt der Ökosysteme umfasst. Dabei soll hervorgehoben werden, dass es in diesem Workshop nicht vorrangig um Artenvielfalt, sondern Ökosystemvielfalt geht.

### **4.5.2. Erarbeitungsphase 1: Einteilung Österreichs nach Einflussfaktoren (Temperatur, Niederschlag, Höhenlage):**

In der ersten Erarbeitungsphase sollen sich die Lernenden durch Arbeit mit verschiedenen Karten einen Überblick über die Diversität der Lebensräume in Österreich verschaffen. Sie sollen auch Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Lebensraumtypen und verschiedenen Einflussfaktoren (Temperatur, Niederschlag, Höhenlage) erkennen. Die erste Aufgabenstellung zielt auf die Hervorrufung eines kognitiven Konflikts oder Aha-Moments, der eine Umstrukturierung des Konzepts der Biodiversität im Verlauf des Workshops ermöglichen soll (vgl. Krüger 2007). Hierbei ist es wichtig den Lernenden zu verdeutlichen, dass es bei diesem Workshop um die Vielfalt der Lebensräume in Österreich

als Teil der Ökosystemvielfalt geht. Wichtig ist es zu betonen, dass Lebensraumvielfalt Voraussetzung für Artenvielfalt ist. Des Weiteren soll angesprochen werden, dass im Verlauf des Workshops auch thematisiert werden wird, wie sich der Klimawandel auf verschiedene Lebensräume auswirken könnte bzw. bereits auswirkt.

Für die erste Aufgabe werden die Schüler\*innen in Paare eingeteilt. Den Zweiertteams werden je drei unterschiedliche Karten Österreichs ausgeteilt. Zusätzlich erhält jede/r Lernende eine stumme Karte Österreichs. Es kann je nach bevorzugtem Anforderungslevel zwischen einer stummen Karte Österreichs mit oder ohne eingezeichnete Gewässer gewählt werden (siehe Kapitel 9.2. „Materialien“). In einer Karte (Abbildung 5) sind die Höhenlagen Österreichs dargestellt.

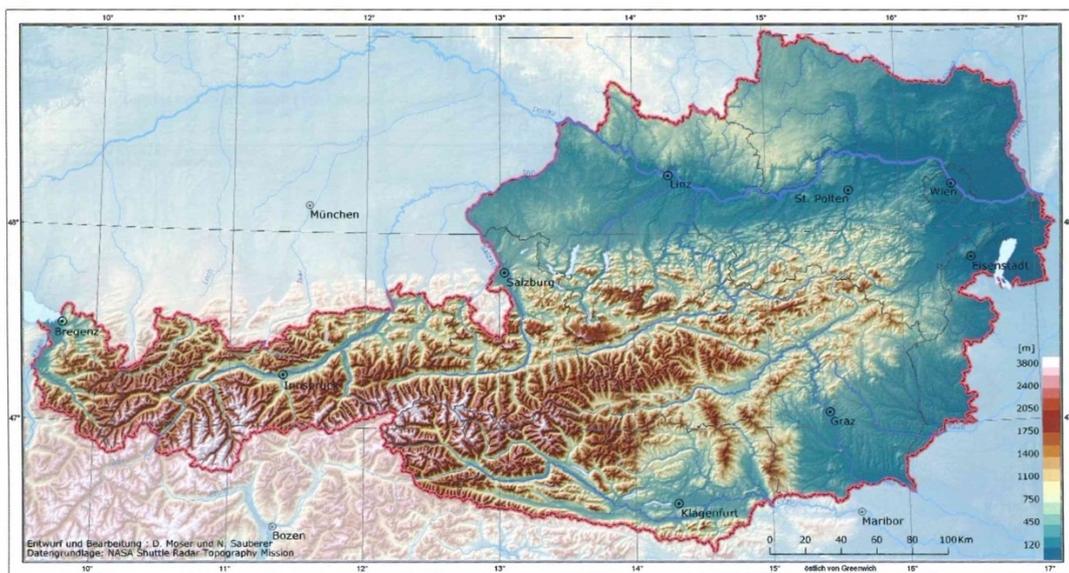


Abbildung 5: Die Höhenlagen Österreichs (Sauberer et al., 2008, S.18)

Die zweite Karte (Abbildung 6) zeigt die Verteilung der Temperatur im Jahresmittel in Österreich.

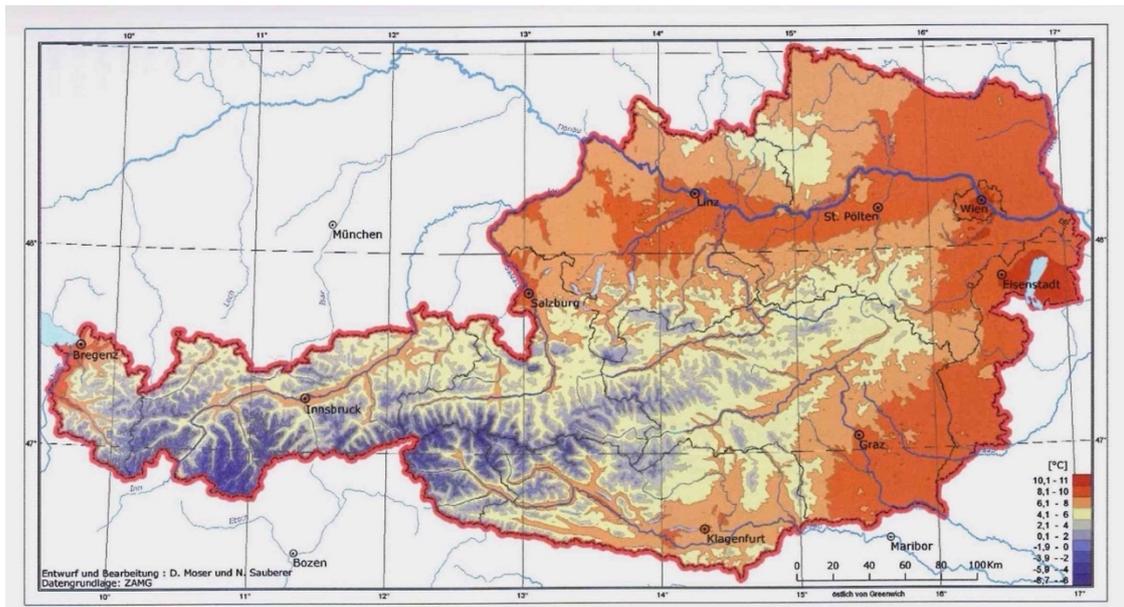


Abbildung 6: Verteilung der Jahresmitteltemperatur in Österreich (Sauberer et al., 2008, S. 21)

Auf der dritten Karte (Abbildung 7) ist die Verteilung der durchschnittlichen Jahresniederschlagssummen in Österreich abgebildet.

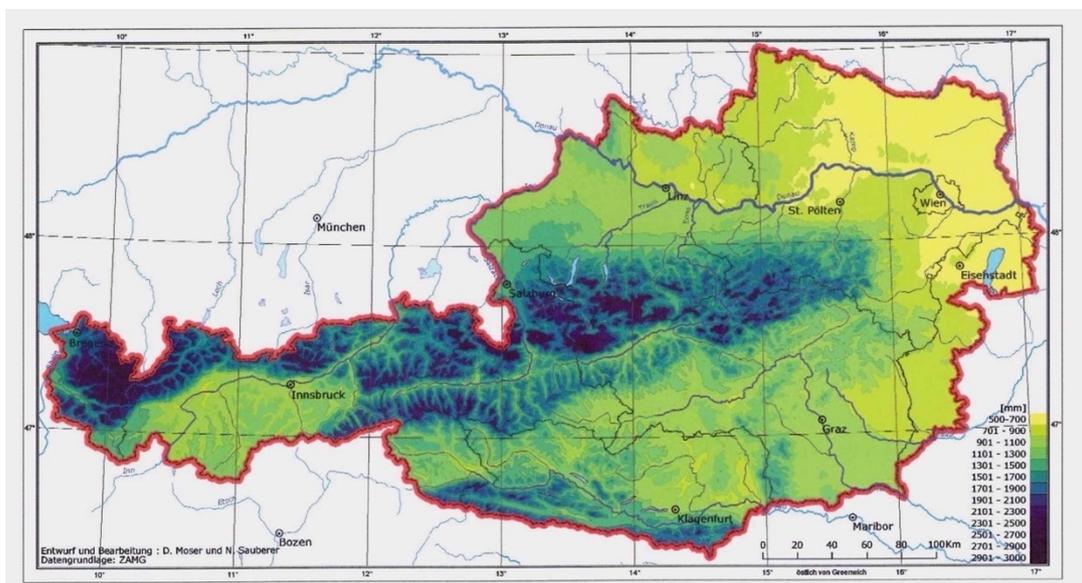


Abbildung 7: Verteilung durchschnittlicher Jahresniederschlagssummen in Österreich (Sauberer et al., 2008, S. 20)

Die Lernenden erhalten nun die Aufgabenstellung Österreich in Bereiche einzuteilen, in denen ähnliche Bedingungen vorherrschen und sollen diese auf ihrer stummen Karte einzeichnen. Für diese Aufgabe gibt es keine „richtige“ Einteilung bzw. Lösung. Die

Aufgabenstellung zielt darauf ab, den Lernenden aufzuzeigen, dass die Einteilung nach unterschiedlichen Kriterien und in unterschiedlicher Feinheit vorgenommen werden kann. Um dies zu verdeutlichen, wird den Schüler\*innen nach Abschluss der Zeichenaufgabe die Karte mit den 8 Großlebensräumen (Abbildung 8) gezeigt und gleichzeitig angesprochen, dass in diesen 8 Großlebensräumen ca. 500 Lebensraumtypen liegen (Essl & Egger, 2010).

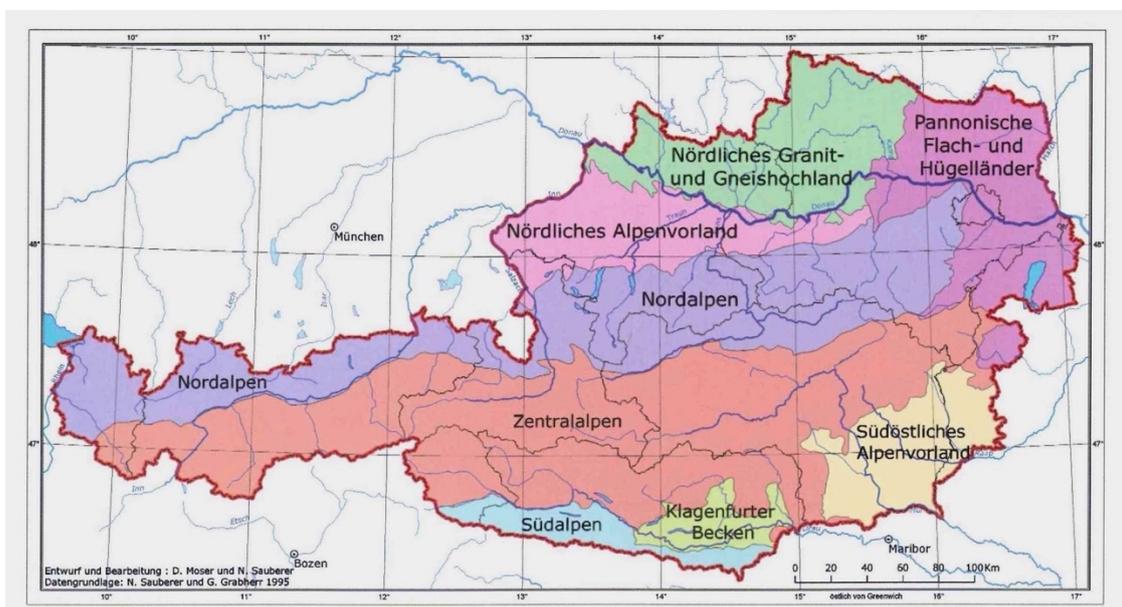


Abbildung 8: Naturräumliche Gliederung Österreichs (Sauberer et al., 2008, S. 17)

#### 4.5.3. Erarbeitungsphase 2: Erwartungen zu einem österreichischen Lebensraum festhalten und überprüfen sowie weitere Überlegungen in Bezug zum Lebensraum anstellen:

Nach der Aufarbeitung der Erarbeitungsphase 1 im Plenum werden die Lernenden in kleine Gruppen (2-3 Schüler\*innen) eingeteilt. Jede der Gruppen bekommt einen Lebensraumtyp zugeteilt, der in Österreich vorkommt und auch durch die im Botanischen Garten vorhandene Vegetation repräsentativ nachgebildet ist. Tabelle 3 bietet eine Übersicht der Lebensraumtypen, die anhand der im Botanischen Garten vorkommenden Pflanzen bearbeitet werden können und daher für den Workshop ausgewählt wurden:

<b>Lebensraum</b>	<b>Standort</b>
Hochgebirge	Alpinum
Trockenrasen	Teil der „Flora von Österreich“-Gruppe
Standorte auf Serpentin	Teil der „Flora von Österreich“-Gruppe
Wiesen und Gärten	Teil der Gruppe 8
Rasen und Parks	Randbereiche der Gruppe 8
Nadelwälder (inkl. Farne)	Koniferetum, Gruppen 20-28 & 32
Gewässer und Feuchtstandorte	Becken in Gruppe 19, Teich und Uferbereich in Gruppe 39
Acker- und Wiesenbrachen	hinter Botanicum, keiner Gruppe zugeordnet
Äcker	Teil der Gruppe 48
Waldsaum eines Nadelwaldes	Teil der „Flora von Österreich“-Gruppe

**Tabelle 3: Übersicht Lebensräume und Standorte**

Es wurde mehr Lebensraumtypen für den Workshop ausgewählt und vorbereitet, als für eine Teilnehmer\*innengruppe notwendig sind. Dadurch ist eine gewisse Flexibilität bei der Auswahl der Lebensraumtypen entsprechend den aktuellen Gegebenheiten im Botanischen Garten gewährleistet. So ist beispielsweise eine Anpassung des Workshops aufgrund der Phänologie im Jahresverlauf möglich.

Die Lernenden erhalten eine Österreichkarte, auf der Gebiete eingezeichnet sind, in denen der ihnen zugeteilte Lebensraum exemplarisch eingezeichnet ist (siehe Kapitel 9.2. „Materialien“). Des Weiteren wird den Gruppen ein Arbeitsblatt, das sogenannte Protokoll (siehe Kapitel 9.2. „Materialien“), ausgeteilt, in dem die Gruppen ihre Erwartungen und Erkenntnisse zu ihrem Lebensraum im Verlauf der zweiten Erarbeitungsphase festhalten sollen. In einem ersten Schritt sollen die Gruppen nun ihre Erwartungen zur Flora „ihrem“

Lebensraum reflektieren und im Protokoll aufschreiben. Die Lernenden werden angeregt sich zu überlegen wie der Lebensraum ihrer Meinung nach aussehen könnte und welche Wuchsformen und Pflanzentypen sie sich erwarten vorzufinden. Für diesen Arbeitsschritt gibt es ein paar Leitfragen als Hilfestellung für die Lernenden:

- Welche Wuchsformen erwarte ich bei den Pflanzen in diesem Lebensraum (Bäume, Sträucher, Gräser, Kräuter, ...)?
- Wie groß ist der erwartete Artenreichtum?
- Wie dicht erwarte ich, dass der Lebensraum bewachsen ist?

Die Lernenden erhalten anschließend die Aufgabe anhand der drei Karten (Höhenlage, durchschnittliche Jahrestemperatur, durchschnittlicher Jahresniederschlag), die bereits in der ersten Erarbeitungsphase verwendet wurden, die Bedingungen herauszufinden, die im ihnen zugeteilten Lebensraum herrschen und sie im Protokoll zu notieren. Neben der Ermittlung der relevanten Einflussfaktoren (Temperatur, Niederschlag, Seehöhe bzw. Höhenlage) für den Lebensraum sollen auch Überlegungen zu weiteren möglichen Einflussfaktoren angestellt werden, die später durch die Betrachtung des Lebensraums im Botanischen Garten sofern möglich überprüft werden sollen. Auch für diesen Schritt wurden zur Unterstützung der Lernenden Leitfragen erarbeitet:

- Welche Einflussfaktoren wirken auf den Lebensraum?
- Welche Einflussfaktoren können aus den Karten abgelesen werden? / Welche Bedingungen herrschen im Lebensraum vor?

Die Workshopleitung sowie die Buddies geben den Gruppen in dieser Phase Hilfestellungen, geben den Lernenden aber nichts direkt vor, um ihnen den Denkprozess und die Auseinandersetzung mit der Aufgabe nicht vorwegzunehmen. Das Ziel dieser Phase des Workshops ist die Reflexion der Vorstellungen von bzw. Erwartungen an die Ausgestaltung der Vegetation in einem Lebensraum sowie die Erarbeitung des Zusammenhangs zwischen Einflussfaktoren auf einen Lebensraum und der darin vorkommenden Vegetation. Es wird einerseits ein Bezug zur Lebenswelt der Lernenden hergestellt, da die meisten der ausgewählten Lebensraumtypen allgemein bekannt sind oder aufgrund ihrer Bezeichnung Assoziationen wecken. Andererseits erfolgt in dieser Phase auch ein erfahrungsbasiertes Hypothesisieren im Sinne des von Reitinger et al. 2016) beschriebenen Modells TILA, da die Lernenden viele der im Workshop vorkommenden Lebensraumtypen kennen und daher eigene Erfahrungen mitbringen, an die angeknüpft werden kann.

Im Anschluss an diese Aufgabe wird kurz erklärt, wie sich die Beschriftung der Pflanzenetiketten zusammensetzt. Hierzu gibt es ein Infoblatt, das verwendet werden kann (siehe Kapitel 9.2. „Materialien“). Wichtig ist es hierbei auf die Artnamen und Namen der Pflanzenfamilien sowie deren Unterscheidung einzugehen, da die Betrachtung der Pflanzen, mit Ausnahme ausgewählter interessanter Arten, auf Familienniveau erfolgt. Daher soll sichergestellt werden, dass die Teilnehmer\*innen wissen, was der Artnamen und was der Name der Pflanzenfamilie auf dem Pflanzenetikett ist.

Nach Abschluss dieser vorbereitenden Aufgaben folgt eine Phase des authentischen Explorierens (Reitinger et al., 2016). Den Gruppen werden Lagepläne des Botanischen Gartens ausgeteilt, auf denen die Bereiche des Gartens markiert sind, die den jeweiligen Lebensraum repräsentieren. Ebenso erhalten die Lernenden für ihren Lebensraum eine Liste mit interessanten Arten (siehe Kapitel 9.2. „Materialien“), die darin vorkommen. Die Arten auf diesen Listen wurden aus verschiedenen Gründen ausgewählt. Es wurden unter anderem Vertreter der häufig in einem Lebensraum vorkommenden Pflanzenfamilien, für den Lebensraum charakteristische Pflanzen sowie allgemein bekanntere Arten ausgewählt. Manche der Arten wurden aufgrund ihres Gefährdungsstatus oder besonderer morphologischer Merkmale inkludiert. Auch hier wurden wieder je Lebensraum mehr Arten gelistet, als für einen Durchlauf des Workshops benötigt werden, um eine Anpassung an die jeweiligen Gegebenheiten im Botanischen Garten zum Zeitpunkt der Durchführung zu ermöglichen.

Die Schüler\*innengruppen entdecken „ihren“ Lebensraum nun selbstständig im Botanischen Garten und analysieren im Zuge der Arbeit im Garten ob ihre Erwartungen zur Flora des Lebensraums bestätigt oder widerlegt wurden. Die Schüler\*innen sollen sich selbstständig mit ihrem Lebensraum und häufig vorkommenden Pflanzenfamilien beschäftigen. Für die selbstständige Bearbeitung der Lebensräume „Gewässer und Feuchstandorte“, „Rasen und Parks“ sowie „Wiesen und Gärten“ in dieser Phase wird zusätzlich ein Smartphone sowie eine Pflanzenbestimmungs-App benötigt, da in den Bereichen des Botanischen Gartens, die diese Lebensräume veranschaulichen nicht alle Pflanzen mit einem Pflanzenetikett versehen sind. Geeignete Apps zur Pflanzenbestimmung sind beispielsweise iNaturalist, Flora Incognita oder PlantNet. Zusätzlich gibt es für diese Lebens-

räume je ein Arbeitsblatt mit Leitfragen (siehe Kapitel 9.2. „Materialien“), welches die Lernenden bei der Bearbeitung des Protokolls sowie der Fokussierung auf relevante Aspekte unterstützen soll.

Neben der Betrachtung und Analyse der Vegetation des Lebensraums sowie häufig vorkommender Pflanzenfamilien steht den Lernenden auch eine Liste interessanter Arten zur Verfügung, die im jeweiligen Lebensraum vorkommen. Auf dieser Liste sind im Vorfeld von der Leitung des Workshops ca. 5 Arten ausgewählt worden, die sich die Teilnehmer\*innen in Aufgabe 3 im Protokoll genauer ansehen sollen und dabei auf besondere Merkmale achten sollen. Diese Aufgabe kann speziell für jüngere Teilnehmer\*innen zu komplex sein und sollte daher bei jüngeren Lernenden entweder als freiwillige Zusatzaufgabe gestellt oder weggelassen werden. Des Weiteren sollen die Lernenden zusätzlich Überlegungen zu möglichen Auswirkungen der Klimakrise bzw. weiteren möglichen Gefährdungsfaktoren in Zusammenhang mit dem Lebensraum anstellen und diese begründen. Im Idealfall erkennen die Lernenden, dass beispielsweise auch der Mensch zu den Einfluss- bzw. Gefährdungsfaktoren mancher Lebensräume gehört.

Es kann davon ausgegangen werden, dass der Botanische Garten als Lernsetting motivierend wirkt und ein gewisses Interesse seitens der Lernenden generiert, das durch die selbstständige Arbeit im forschend-entdeckenden Lernarrangement genützt wird. Gleichzeitig birgt der botanische Garten aufgrund der Vielzahl an Arten, die er beherbergt, die Gefahr der Überforderung. Dem soll durch das zur Verfügung stellen von Lernhilfen sowie klar strukturierter Aufgaben vorgebeugt werden. Im Verlauf der gesamten zweiten Erarbeitungsphase wird auf ein kooperatives Lernsetting gesetzt, das einerseits als *scaffold* den forschend-entdeckenden Lernprozess unterstützt und andererseits auch das Bedürfnis nach sozialer Eingebundenheit erfüllen soll. Auch die Unterstützung durch die Buddies stellt ein *scaffold* dar, das bei Bedarf wahrgenommen werden kann und so ebenfalls zu einer Reduzierung der cognitive load beitragen, die durch die Aufgabenstellung und den Lernort entstehen. Auch die Verwendung einer App zur Pflanzenbestimmung, die Leitfragen sowie die Listen interessanter Arten fungieren bis zu einem gewissen Grad als Lernhilfen.

#### 4.5.4. Sicherung und Diskussion

Im Anschluss an diese Phase des authentischen Explorierens gehen die Lernenden ihre Notizen im Protokoll durch und vergleichen ihre ursprünglichen Erwartungen mit den tatsächlichen vorgefundenen Gegebenheiten im Lebensraum. Die Schüler\*innengruppen sollen sich auch überlegen, wie sie ihre im Protokoll festgehaltenen Erkenntnisse zusammenfassen und ihren Kolleg\*innen präsentieren können. Die Präsentation der Erkenntnisse der einzelnen Gruppen zu den jeweiligen Lebensräumen wird verbunden mit einem kritischen Diskurs (Reitinger et al., 2016), der durch die Workshopleitung angeregt wird. Die Erkenntnisse der einzelnen Gruppen werden nacheinander im Plenum präsentiert, diskutiert und Parallelen bzw. Unterschiede zwischen den Lebensräumen mit den Lernenden herausgearbeitet. Mögliche Parallelen bzw. Unterschiede können sich aus den Einflussfaktoren und den häufigen Pflanzenfamilien oder Wuchsformen ergeben. Auch bezogen auf die Gefährdungsfaktoren und den Einfluss des Klimawandels kann es Parallelen bzw. Unterschiede zwischen den einzelnen Lebensräumen geben. Wichtig ist, dass von jeder Gruppe alle im Protokoll enthaltenen Punkte kurz angesprochen werden. Weiters soll von der Workshopleitung sichergestellt werden, dass die Rolle des Menschen als Gefährdungsfaktor für verschiedene Lebensräume diskutiert wird. Es kann darauf eingegangen werden, welche Wechselwirkungen zwischen den Pflanzen innerhalb eines Lebensraums bestehen könnten und welche Auswirkungen die Entfernung einer Art aus dem Lebensraum haben könnte. Zusätzlich ist es wichtig anzusprechen, dass die Artenzusammensetzung im botanischen Garten nicht repräsentativ ist, da der Garten künstlich angelegt ist und daher die Artendichte hier ungewöhnlich hoch ist. Da sich die Teilnehmer\*innen in diesem Workshop hauptsächlich mit Pflanzen beschäftigt haben, aber auch Tiere ein wichtiger Bestandteil der Biodiversität sind, sollte auch ihre Rolle in Zusammenhang mit der Biodiversität im Rahmen der Diskussion thematisiert werden. Zur Moderation der Diskussion können folgende Leitfragen verwendet werden:

- Welche Pflanzenfamilien kommen in diesem Lebensraum häufig vor?
- Warum passen die Arten/Familien in diesem Lebensraum/Ökosystem gut zusammen?
- Wie könnte sich die Klimakrise auf diesen Lebensraum auswirken?
- Welche weitere Gefährdungsfaktoren könnte es für den Lebensraum geben?

- Warum kann es problematisch sein, wenn einzelne Arten in einem Ökosystem nicht mehr vorkommen/aussterben?

#### **4.5.5. Reflexion**

Während die Lernenden selbstständig im Garten verteilt arbeiten, werden von der Workshopleitung Plakate für die Schlussreflexion basierend auf der Wortwolke aus der Menti-Umfrage erstellt. Es sollen ca. 5 Schüler\*innenvorstellungen bzw. Begriffe ausgewählt werden, die von den Lernenden häufig genannt wurden. Je häufiger ein Begriff genannt wird, desto größer und zentraler erscheint er in der Wortwolke. Die ausgewählten Vorstellungen oder Schlagwörter werden jeweils als Überschrift auf ein Plakat notiert, wobei genügend Platz für Notizen der Lernenden bleiben soll. Die Plakate sowie Plakatstifte werden auf den Tischen im Botanicum ausgelegt, sodass die Teilnehmer\*innen später von Plakat zu Plakat gehen können, um darauf etwas zu notieren.

Zum Abschluss des Workshops werden die Lernenden gebeten ihre Assoziationen zu den jeweils auf dem Plakat genannten Schüler\*innenvorstellungen bzw. Begriffen zu notieren. Auch hier wird wieder anonym, also ohne Angabe des Namens auf den Plakaten, gearbeitet. Ziel ist es den Lernenden eventuelle Veränderungen der eigenen Vorstellungen aufzuzeigen und die Reflexion eigenen Lernprozesses anzuregen. So kann bis zu einem gewissen Grad ein potenzieller *Conceptual Change* aufgezeigt werden. Die Notizen auf den Plakaten können mit der Wortwolke verglichen und im Plenum kurz besprochen werden.

## 5. Zusammenfassung

Der vorgestellte Workshop stellt das Ergebnis umfangreicher didaktischer Überlegungen zur Umsetzung des Themas Biodiversität im Botanischen Garten der Universität Wien dar. Zur Gewährleistung einer angemessenen Umsetzung des Themas war eine intensive fachliche Klärung nötig. Um den Teilnehmer\*innen Informationen in Zusammenhang mit Biodiversität vermitteln zu können, war nicht nur eine Klärung des Begriffs nötig, sondern auch eine Auseinandersetzung mit Gefährdungsfaktoren, mit denen biologische Vielfalt konfrontiert ist. Um den Lernenden die Schutzwürdigkeit der Biodiversität besser näher bringen zu können, war es nötig sich mit der Bedeutung der Biodiversität für den Menschen sowie bereit implementieren Schutzmaßnahmen zu befassen. Da sich der Workshop auf Lebensräume in Österreich bezieht, musste zuerst eine Auswahl an Lebensräume getroffen werden, die einerseits charakteristisch für oder selten in Österreich sind, die andererseits aber auch durch die Vegetation des Botanischen Gartens der Universität Wien repräsentiert werden können. Daher war neben der Ermittlung der Gegebenheit im Botanischen Garten auch die Recherche von Hintergrundinformationen zu den jeweiligen Lebensraumtypen nötig. Auch die Auswahl der Arten, die für die Teilnehmer\*innen von Interesse sein könnten, erforderte das Recherchieren detaillierter Informationen zu den einzelnen Pflanzenarten sowie teilweise die eigenhändige Bestimmung vor Ort.

Durch die Konsultation fachdidaktischer Literatur wurde versucht, den außerschulischen Lernort in möglichst förderlicher Weise in den Workshop einzubinden. Auch die Auswahl der didaktischen Methoden für dieses Lernsetting erfolgte basierend auf Erkenntnissen aus der fachdidaktischen Forschung mit dem Ziel den Wissensgewinn der Teilnehmer\*innen zu maximieren. Es wurde versucht, unter Einbeziehung vorhandener Schüler\*innenvorstellungen das Biodiversitätskonzept der Lernenden dahingehend zu erweitern, dass diese auch die ökosystemare Vielfalt und damit die Vielfalt der Lebensräume miteinschließt. Dies soll durch die Nutzung der vegetativen Vielfalt des Botanischen Gartens sowie die Verwendung forschend-entdeckender Lernsettings gewährleistet werden. Ziel war es auch, den Teilnehmer\*innen zu verdeutlichen, dass Österreich eine große ökosystemare und organismische Vielfalt beherbergt, die durch unterschiedliche Einflussfaktoren bedingt ist. Des Weiteren wird durch die Aufgabenstellungen versucht ein Bewusstsein für verschiedene Gefährdungsfaktoren der Biodiversität zu schaffen.

Der in dieser Arbeit vorgestellte Workshop soll als Grundstein für die Bearbeitung des Themas Biodiversität im Botanischen Garten dienen. Eine Evaluation ob die gesetzten Lernziele im Rahmen einer praktischen Durchführung erreicht werden können, steht noch aus. Somit fehlen auch grundsätzliche Erfahrungswerte zur Durchführbarkeit und zur Struktur des Workshops selbst. Mehrere Möglichkeiten für eine weitere Forschung bieten sich an, beispielsweise könnte im Rahmen einer Interventionsstudie die Durchführung des Workshops evaluiert werden. Auf Basis der Studienergebnisse wäre dann eine Weiterentwicklung und Verbesserung des Workshops möglich, da das Optimierungspotential zweifellos noch nicht vollständig ausgeschöpft ist.

## 6. Literaturverzeichnis

- Austrian Federal Ministry for Sustainability and Tourism (Hrsg.). (2018). *Sixth National Report of Austria—Convention of Biological Diversity*. Austrian Federal Ministry for Sustainability and Tourism. <https://www.cbd.int/doc/nr/nr-06/at-nr-06-en.pdf>
- Baur, B. (2010). *Biodiversität*. Haupt.
- Berck, K.-H., & Graf, D. (2018). *Biologiedidaktik: Grundlagen und Methoden* (5., aktualisierte Auflage). Quelle & Meyer Verlag.
- Bruckermann, T., Arnold, J., Kremer, K., & Schlüter, K. (2017). Forschendes Lernen in der Biologie. In T. Bruckermann & K. Schlüter (Hrsg.), *Forschendes Lernen im Experimentalpraktikum Biologie* (S. 11–26). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-53308-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-662-53308-6_2)
- Budde, J., & Hummrich, M. (2016). Die Bedeutung außerschulischer Lernorte im Kontext der Schule—Eine erziehungswissenschaftliche Perspektive. In J. Erhorn & J. Schwier (Hrsg.), *Pädagogik* (1. Aufl., S. 29–52). transcript Verlag. <https://doi.org/10.14361/9783839431320-003>
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (Hrsg.). (2022). *Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne—Allgemeinbildende höhere Schulen, Fassung vom 28.05.2022*. Rechtsinformationssystem des Bundes. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung/Bundesnormen/10008568/Lehrpl%c3%a4ne%20%e2%80%93%20allgemeinbildende%20h%c3%b6here%20Schulen%2c%20Fassung%20vom%2028.05.2022.pdf>
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2016). *Campbell Biologie* (J. J. Heinisch & A. Paululat, Hrsg.; 10., aktualisierte Auflage). Pearson.
- Dietrich, J. (2016). Lernort Natur: Wie ein ehemaliges Forstanwesen von Lehrern und Schülern als Lernort erfahren und gestaltet wird. In J. Erhorn & J. Schwier (Hrsg.), *Pädagogik* (1. Aufl., S. 53–70). transcript Verlag. <https://doi.org/10.14361/9783839431320-004>
- Essl, F., & Egger, G. (2010). *Lebensraumvielfalt in Österreich—Gefährdung und Handlungsbedarf Zusammenschau der Roten Liste gefährdeter Biotoptypen Österreichs*. Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten und Umweltbundesamt GmbH.
- Frey, W., & Lösch, R. (2010). *Geobotanik: Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit* (3. Auflage 2010). Spektrum Akademischer Verlag.
- Gebhard, U. (Hrsg.). (2015). *Sinn im Dialog*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-01547-3>
- Götzl, M., Kruess, A., Essl, F., Moser, D., Beierkuhnlein, C., Herberg, A., & Kube, A. (2013). Was leistet die Biodiversität für die Anpassung der vom Klimawandel betroffenen menschlichen Gesellschaft? In F. Essl & W. Rabitsch (Hrsg.), *Biodiversität und Klimawandel* (S. 231–262). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-29692-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-29692-5_6)
- Gropengießer, H., Kattmann, U., & Krüger, D. (2019). *Biologiedidaktik in Übersichten* (4.

Auflage). Friedrich, Aulis.

- Gropengießer, H., & Marohn, A. (2018). Schülervorstellungen und Conceptual Change. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 49–67). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_4)
- Hammann, M., & Asshoff, R. (2019). *Schülervorstellungen im Biologieunterricht: Ursachen für Lernschwierigkeiten* (4. Auflage). Klett/Kallmeyer.
- Holstermann, N., & Bögeholz, S. (2007). Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 71–86.
- Hölzel, N. (2019). Wälder. In J. Kollmann, A. Kirmer, S. Tischew, N. Hölzel, & K. Kiehl, *Renaturierungsökologie* (S. 101–124). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1_8)
- Jäkel, L. (2021). *Faszination der Vielfalt des Lebendigen—Didaktik des Draußen-Lernens*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-62383-1>
- Karpa, D., Lübbecke, G., & Adam, B. (Hrsg.). (2015). *Außerschulische Lernorte: Theorie, Praxis und Erforschung außerschulischer Lerngelegenheiten*. Prolog-Verlag, Verlag für Pädagogik, Gesundheits- und Bewegungswissenschaften.
- Keller, F., Colberg, C., & Imhof, A. (2015). Klimabildung in der freien Natur oder im Schulzimmer? In *Außerschulische Lernorte: Theorie, Praxis und Erforschung außerschulischer Lerngelegenheiten* (S. 184–196). Prolog-Verlag.
- Kiehl, K. (2019a). Urban-industrielle Ökosysteme. In J. Kollmann, A. Kirmer, S. Tischew, N. Hölzel, & K. Kiehl, *Renaturierungsökologie* (S. 389–410). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1_22)
- Kiehl, K. (2019b). Was ist Renaturierungsökologie? In J. Kollmann, A. Kirmer, S. Tischew, N. Hölzel, & K. Kiehl, *Renaturierungsökologie* (S. 13–22). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1_2)
- Kiehl, K., & Kirmer, A. (2019). Säume und Feldraine. In J. Kollmann, A. Kirmer, S. Tischew, N. Hölzel, & K. Kiehl, *Renaturierungsökologie* (S. 277–288). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1_16)
- Kiehn, M., & Knickmann, B. (Hrsg.). (2019). *Der Botanische Garten* (2. Aufl.). Verein der Freunde des Botanischen Gartens der Universität Wien.
- Köhler, K., & Meisert, A. (2019). Welche Erkenntnismethoden sind für den Biologieunterricht relevant? In *Biologie-Didaktik: Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (8. Auflage, S. 130–151). Cornelsen.
- Kollmann, J. (2019). Äcker. In J. Kollmann, A. Kirmer, S. Tischew, N. Hölzel, & K. Kiehl, *Renaturierungsökologie* (S. 369–387). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1_21)
- Krüger, D. (2007). Die Conceptual Change-Theorie. In *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 81–92). Springer.
- Maier, F. (2005). Vielfalt in Gefahr: Wodurch ist Österreichs Biodiversität bedroht? In *Le-*

- ben in Vielfalt: UNESCO-Biosphärenreservate als Modellregionen für ein Miteinander von Mensch und Natur; der österreichische Beitrag zum UNESCO-Programm „Der Mensch und die Biosphäre“* (S. 66–68). Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- MakingAchange. (2022, Juli 7). makingAchange. <https://makingachange.ccca.ac.at/>
- Mentimeter. (2022, Juli 7). Mentimeter.
- Menzel, S., & Bögeholz, S. (2006). Vorstellungen und Argumentationsstrukturen von Schüler(inne)n der elften Jahrgangsstufe zur Biodiversität, deren Gefährdung und Erhaltung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 199–217.
- Menzel, S., & Bögeholz, S. (2009). The Loss of Biodiversity as a Challenge for Sustainable Development: How Do Pupils in Chile and Germany Perceive Resource Dilemmas? *Research in Science Education*, 39(4), 429–447. <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9087-8>
- Müller, J., Magdans, U., & Borowski, A. (2018). FELS – Forschend-Entdeckendes Lernen mit dem Smartphone. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 31, 214–238. <https://doi.org/10.21240/mpaed/31/2018.11.10.X>
- Nentwig, W., Bacher, S., & Brandl, R. (2017). *Ökologie kompakt*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54352-8>
- Pany, P., & Heidinger, C. (2017). Useful Plants as Potential Flagship Species to Counteract Plant Blindness. In K. Hahl, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto, & J. Lavonen (Hrsg.), *Cognitive and Affective Aspects in Science Education Research* (Bd. 3, S. 127–140). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-58685-4\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-58685-4_10)
- Punz, W. (2014). „Erbe des Bergbaus“- zur Vegetation ostalpiner Schwermetallstandorte. *Geo.Alp*, 11, 239–250. [https://www2.uibk.ac.at/downloads/c715/geoalp\\_11\\_14/15punz.pdf](https://www2.uibk.ac.at/downloads/c715/geoalp_11_14/15punz.pdf)
- Rabitsch, W., Herren, T., Essl, F., Kühn, I., Nehring, S., Zangger, A., Bühler, C., Kruess, A., Nowack, C., Walther, G.-R., Schweiger, O., & Winter, M. (2013). Klimawandeleffekte heute: In F. Essl & W. Rabitsch (Hrsg.), *Biodiversität und Klimawandel* (S. 50–83). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-29692-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-29692-5_3)
- Reitinger, J. (2014). *Forschendes Lernen: Theorie, Evaluation und Praxis in naturwissenschaftlichen Lernarrangements* (2. unveränderte Auflage). Prolog-Verlag.
- Reitinger, J., Haberfellner, C., & Brewster, E. (2016). *Theory of Inquiry Learning Arrangements*. <https://doi.org/10.19211/KUP9783737601450>
- Ruppert, W. (2019). Welches Interesse haben Schüler an biologischen Themen. In *Biologie-Didaktik: Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (8.Auflage, S. 94–111). Cornelsen.
- Sauberer, N., Moser, D., & Grabherr, G. (Hrsg.). (2008). *Biodiversität in Österreich: Räumliche Muster und Indikatoren der Arten- und Lebensraumvielfalt*. Haupt.
- Scholkmann, A. (2016). Forschend-entdeckendes Lernen: (Wieder-)Entdeckung eines didaktischen Prinzips. In *Neues Handbuch Hochschullehre NHH* (S. 1–36). DUZ Verlags- und Medienhaus GmbH. <https://www.researchgate.net/publica->

tion/297569270\_Forschend-entdeckendes\_Lernen\_Wieder-Entdeckung\_eines\_didaktischen\_Prinzips

- Schrenk, M., Gropengießer, H., Groß, J., Hammann, M., Weitzel, H., & Zabel, J. (2019). Schülervorstellungen im Biologieunterricht. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmie-mann, & J. Zabel (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (S. 3–20). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-58443-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-662-58443-9_1)
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity. (2001). *Handbook of the Convention on Biological Diversity*. Earthscan Publications. <http://site.ebrary.com/id/10843528>
- Stocker-Kiss, A., & Wrbka, T. (2005). Die landschaftliche und biologische Vielfalt Österreichs. In *Leben in Vielfalt: UNESCO-Biosphärenreservate als Modellregionen für ein Miteinander von Mensch und Natur; der österreichische Beitrag zum UNESCO-Programm „Der Mensch und die Biosphäre“* (S. 54–59). Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>
- Vogt, H. (2007). Theorie des Interesses und des Nicht-Interesses. In *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 9–20). Springer.
- Weber, E. (2018). *Biodiversität—Warum wir ohne Vielfalt nicht leben können*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55624-5>
- Wittig, R., & Niekisch, M. (2014). *Biodiversität: Grundlagen, Gefährdung, Schutz*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-54694-5>

## 7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wirkungen von Ökosystemdienstleistungen auf das Wohlergehen des Menschen (Götzl et al., 2013, S. 233).....	10
Abbildung 2: Entwicklung der Vielfalt mariner Organismen im Verlauf der Erdgeschichte (Nentwig et al., 2017).....	12
Abbildung 3: Zusammenhang zwischen Ökosystemdienstleistungen, Biodiversität (MSA = mean species abundance) und Landnutzungsintensität (Götzl et al., 2013).....	13
Abbildung 4: Naturräumliche Verbreitung aller (grau), aller schutzwürdigen (hellrot) und der gefährdeten (rot, Gefährdungskategorien 0-3) Biotoptypen Österreichs (Essl & Egger, 2010, S. 22, verändert von Verena Aichberger).....	26
Abbildung 5: Die Höhenlagen Österreichs (Sauberer et al., 2008, S.18).....	52
Abbildung 6: Verteilung der Jahresmitteltemperatur in Österreich (Sauberer et al., 2008, S. 21).....	53
Abbildung 7: Verteilung durchschnittlicher Jahresniederschlagssummen in Österreich (Sauberer et al., 2008, S. 20).....	53
Abbildung 8: Naturräumliche Gliederung Österreichs (Sauberer et al., 2008, S. 17).....	54
Abbildung 9: Stumme Karte Österreichs inkl. Landeshauptstädte ( <a href="http://www.schulatlas.com/2014/menue/stummekarte/aut/AUT_AC.pdf">http://www.schulatlas.com/2014/menue/stummekarte/aut/AUT_AC.pdf</a> ; Zugriff: 30.05.2022).....	71
Abbildung 10: Stumme Karte Österreichs inkl. Landeshauptstädten und Gewässern ( <a href="http://www.schulatlas.com/2014/menue/stummekarte/aut/AUT_ACD.pdf">http://www.schulatlas.com/2014/menue/stummekarte/aut/AUT_ACD.pdf</a> ; Zugriff: 30.05.2022).....	71
Abbildung 11: Pannonische Trockenrasen (Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger).....	74
Abbildung 12: Äcker ((Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger).....	74
Abbildung 13: Acker- und Wiesenbrachen (Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger).....	75
Abbildung 14: Gewässer und Feuchtstandorte (Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger).....	75
Abbildung 15: Nadelwälder (Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger).....	76
Abbildung 16: Hochgebirge (Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger).....	76
Abbildung 17: Rasen und Parks (Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger).....	77

Abbildung 18: Standorte auf Serpentin (Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger) .....	77
Abbildung 19: Waldsäume von Laubwäldern (Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger) .....	78
Abbildung 20: Wiesen und Gärten (Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger).....	78
Abbildung 21: Infotext zu Pflanzenetiketten des Botanischen Gartens ( <a href="https://botanischergarten.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_botanischergarten/Infoblaetter/Themen/ib_das_pflanzenetikett.pdf">https://botanischergarten.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_botanischergarten/Infoblaetter/Themen/ib_das_pflanzenetikett.pdf</a> , Zugriff 02.06.2022) .....	79
Abbildung 22: Detailplan Gruppe „Flora von Österreich“ ( <a href="https://botanischergarten.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_botanischergarten/Bilder_Grafiken/Pflanzenaufnahmen/Schaugruppen/flora_von_oesterreich_plan.pdf">https://botanischergarten.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_botanischergarten/Bilder_Grafiken/Pflanzenaufnahmen/Schaugruppen/flora_von_oesterreich_plan.pdf</a> , Zugriff 02.06.2022).....	80
Abbildung 23: Detailplan Alpinum ( <a href="https://botanischergarten.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_botanischergarten/Bilder_Grafiken/Pflanzenaufnahmen/Schaugruppen/alpinum_plan_2019.pdf">https://botanischergarten.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_botanischergarten/Bilder_Grafiken/Pflanzenaufnahmen/Schaugruppen/alpinum_plan_2019.pdf</a> , Zugriff 02.06.2022).....	80
Abbildung 24: Lageplan Pannonische Trockenrasen .....	81
Abbildung 25: Lageplan Äcker.....	82
Abbildung 26: Lageplan Acker- und Wiesenbrachen.....	83
Abbildung 27: Lageplan Gewässer und Feuchtstandorte .....	84
Abbildung 28: Lageplan Nadelwald/ Koniferetum .....	85
Abbildung 29: Lageplan Hochgebirge / Alpinum.....	86
Abbildung 30: Lageplan Rasen und Parks.....	87
Abbildung 31: Lageplan Standorte auf Serpentin .....	88
Abbildung 32: Lageplan Waldsaum von Laubwäldern .....	89
Abbildung 33: Lageplan Wiesen und Gärten .....	90

## 8. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der thematischen Gruppen und Sammlungen im Botanischen Garten der Universität Wien .....	24
Tabelle 2: Übersichtstabelle des Ablaufs des Workshops .....	50
Tabelle 3: Übersicht Lebensräume und Standorte .....	55

## **9. Appendix**

### **9.1. Abstracts**

#### **9.1.1 Abstract (deutsch)**

Österreich ist ein Land mit ausgesprochen großer Biodiversität. Sie umfasst nicht nur die Artenvielfalt, sondern auch die genetische Vielfalt und die Diversität der Ökosysteme und ist für den Menschen durch ihre Ökosystemdienstleistungen von unschätzbarem Wert. Biodiversität ist aber, trotz verschiedener Initiativen zu ihrem Schutz, auch durch zahlreiche verschiedene Faktoren bedroht. Um auch jungen Menschen die Bedeutung der Biodiversität und ihren Umfang zu verdeutlichen wurde ein Workshop zu diesem Thema erstellt, der die Ressourcen des Botanischen Gartens der Universität Wien nutzt. Die Teilnehmer\*innen werden dazu angeregt ihr Konzept von Biodiversität, das sich häufig auf die Artenvielfalt beschränkt, um die Ökosystemvielfalt zu erweitern. Ziel ist es hervorzuheben, dass nicht nur die Vielfalt der Arten, sondern auch der Ökosysteme und in kleinerem Rahmen der Lebensräume eine wichtige Rolle für die Biodiversität spielt und Bewusstsein für verschiedene Gefährdungsfaktoren zu schaffen.

#### **9.1.2. Abstract (englisch)**

Austria is a country with rich biodiversity. In addition to the diversity of species, biological diversity also includes genetic diversity and ecosystem diversity. It is of inestimable value due to the ecosystem services it provides to humanity. Despite various initiatives for its protection, biodiversity is under pressure from different drivers. A workshop was designed to show young people the significance of biodiversity and its scope, using the resources provided by the Botanical Garden of the University of Vienna. The participants are encouraged to expand their concept of biodiversity, which in many cases is limited to species diversity, by adding ecosystem diversity. The workshop aims to highlight that, in addition to species diversity, ecosystem diversity is a crucial part of biodiversity and to create awareness of different threats.

## 9.2. Materialien

### 9.2.1. Stumme Karten Österreichs

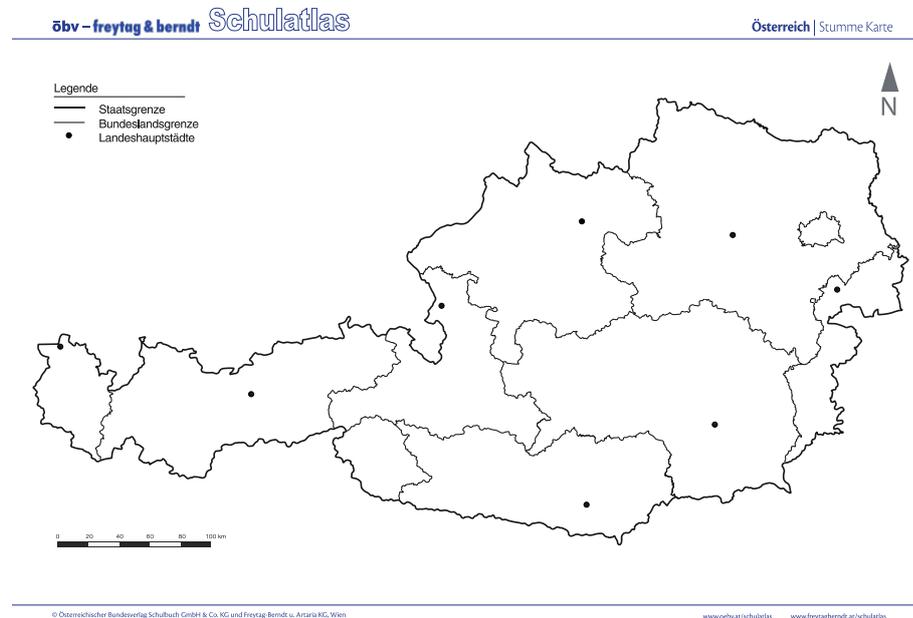


Abbildung 9: Stumme Karte Österreichs inkl. Landeshauptstädte ([http://www.schulatlas.com/2014/menue/stummekarte/aut/AUT\\_AC.pdf](http://www.schulatlas.com/2014/menue/stummekarte/aut/AUT_AC.pdf); Zugriff: 30.05.2022)

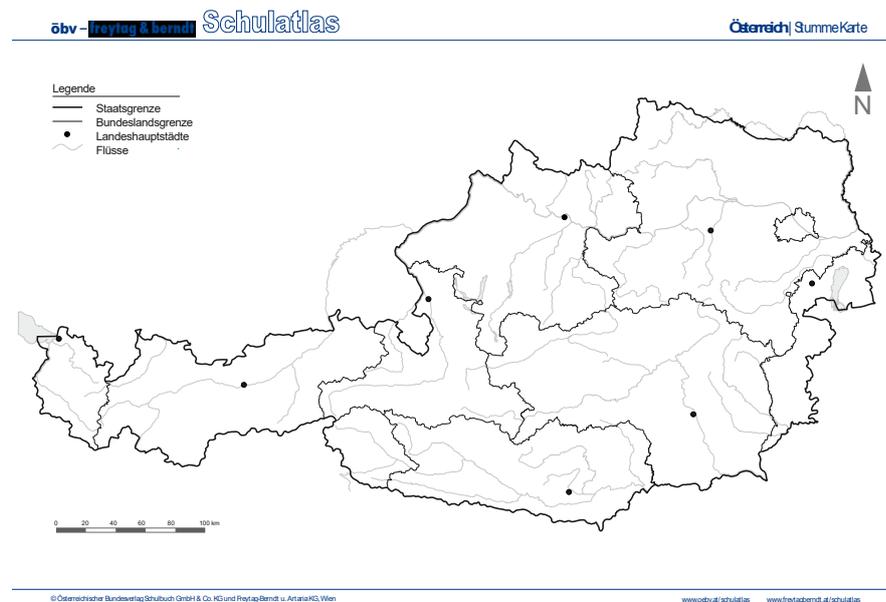


Abbildung 10: Stumme Karte Österreichs inkl. Landeshauptstädten und Gewässern ([http://www.schulatlas.com/2014/menue/stummekarte/aut/AUT\\_ACD.pdf](http://www.schulatlas.com/2014/menue/stummekarte/aut/AUT_ACD.pdf); Zugriff: 30.05.2022)

## 9.2.2. Protokoll

### Protokoll der Analyse des Lebensraums im botanischen Garten

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

\_\_\_\_\_

Lebensraum: \_\_\_\_\_

**Überlegt** euch, **welche Pflanzen** ihr in diesem Lebensraum vorfinden könntet. Macht euch Gedanken zur **Wuchshöhe** bzw. **Wuchsform** der Pflanzen (Bäume, Sträucher, Gräser, Kräuter, Moose, ...) und zur **Pflanzendichte** in diesem Lebensraum.

Lest aus den drei Karten der vorherigen Aufgabe die **Bedingungen am Standort** (Höhe, Niederschlag und Temperatur im Jahresmittel) ab und tragt sie hier ein. **Nennt weitere Faktoren**, die den Lebensraum beeinflussen könnten.

- 1) **Beschreibt den Standort** selbst (Boden, Menge der Sonneneinstrahlung, ...) sowie die **Wuchsformen** der Pflanzen und die **Pflanzendichte**, die ihr am Standort vorgefunden habt.

1) **Nennt häufig** im Lebensraum **vorkommende Pflanzenfamilien**. **Recherchiert die deutschen Namen** der Pflanzenfamilien.

2) **Sucht** auch die Pflanzen, die auf der Liste **interessanter Arten** stehen und seht euch die Pflanzen **genauer an**. **Nennt besondere Merkmale**, die euch an diesen Pflanzen auffallen und **erklärt die Funktion dieser Merkmale**.

3) **Nennt mögliche Auswirkungen**, die die **Klimaerwärmung** auf den Lebensraum haben könnte. **Begründet** eure Überlegungen.

4) **Überlegt**, welche **Gefährdungsfaktoren** es außer der Klimaerwärmung noch geben könnte. **Stellt eine Hypothese auf, wie sich diese auf den Lebensraum auswirken**.

### 9.2.3. Österreichkarten der Lebensräume

## Pannonische Trockenrasen

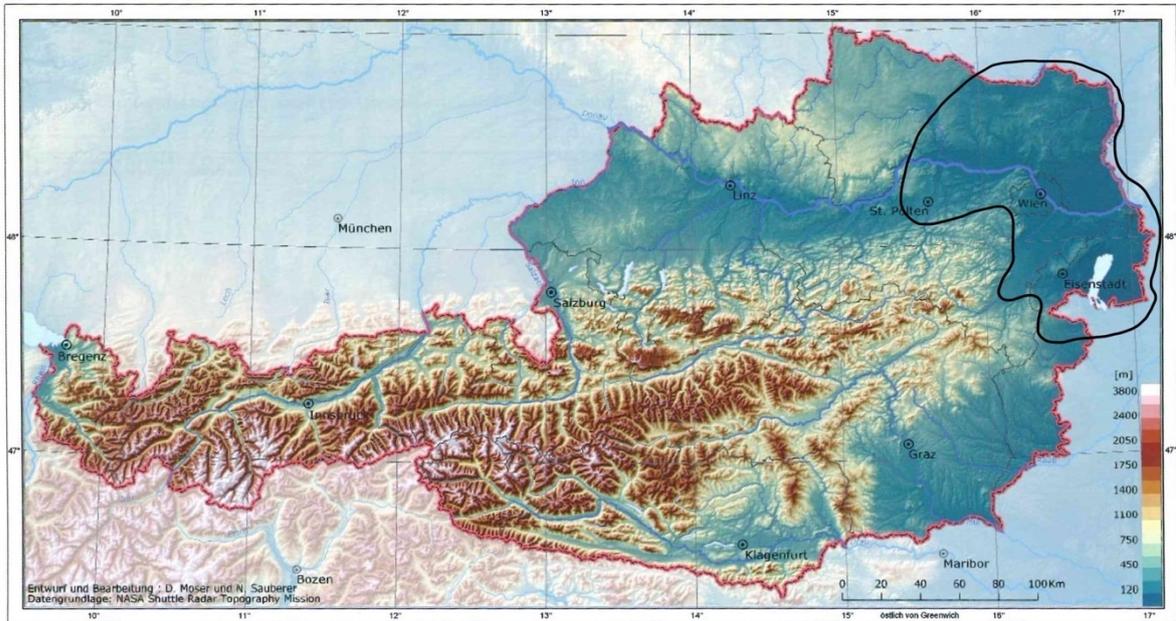


Abbildung 11: Pannonische Trockenrasen (Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger)

## Äcker

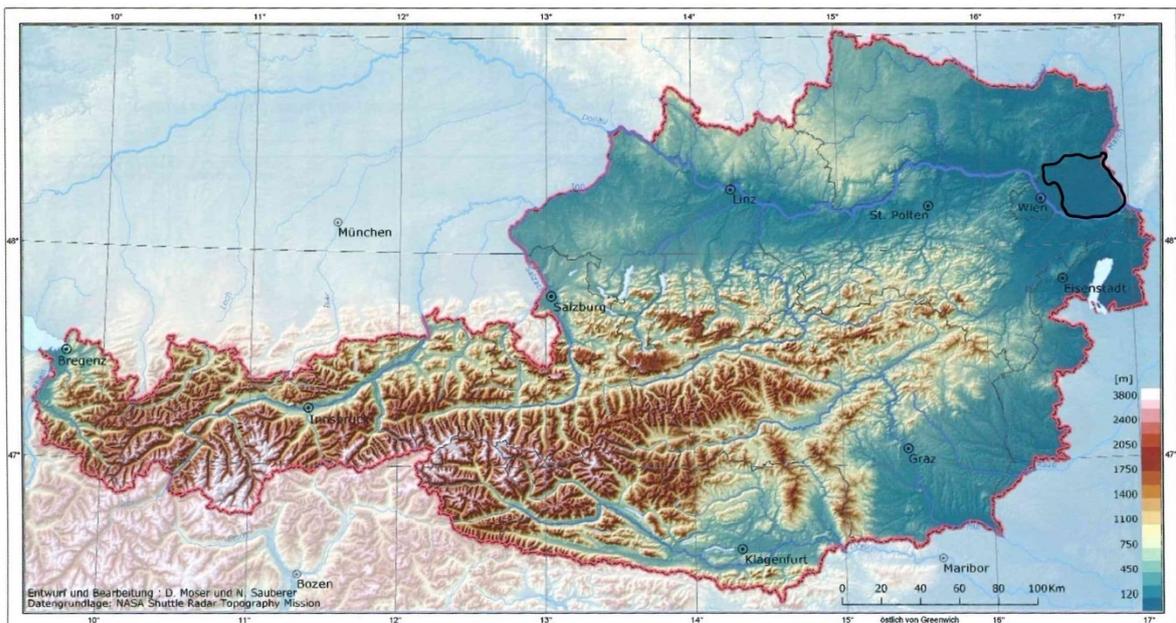


Abbildung 12: Äcker ((Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger)

## Acker- und Wiesenbrachen

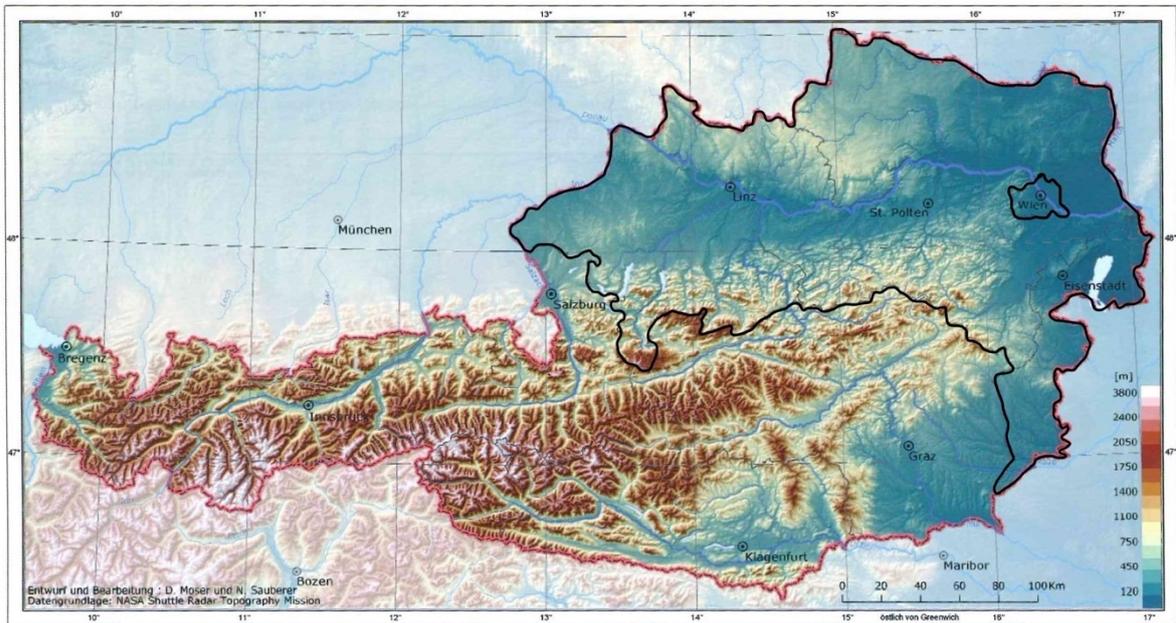


Abbildung 13: Acker- und Wiesenbrachen (Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger)

## Gewässer und Feuchtstandorte

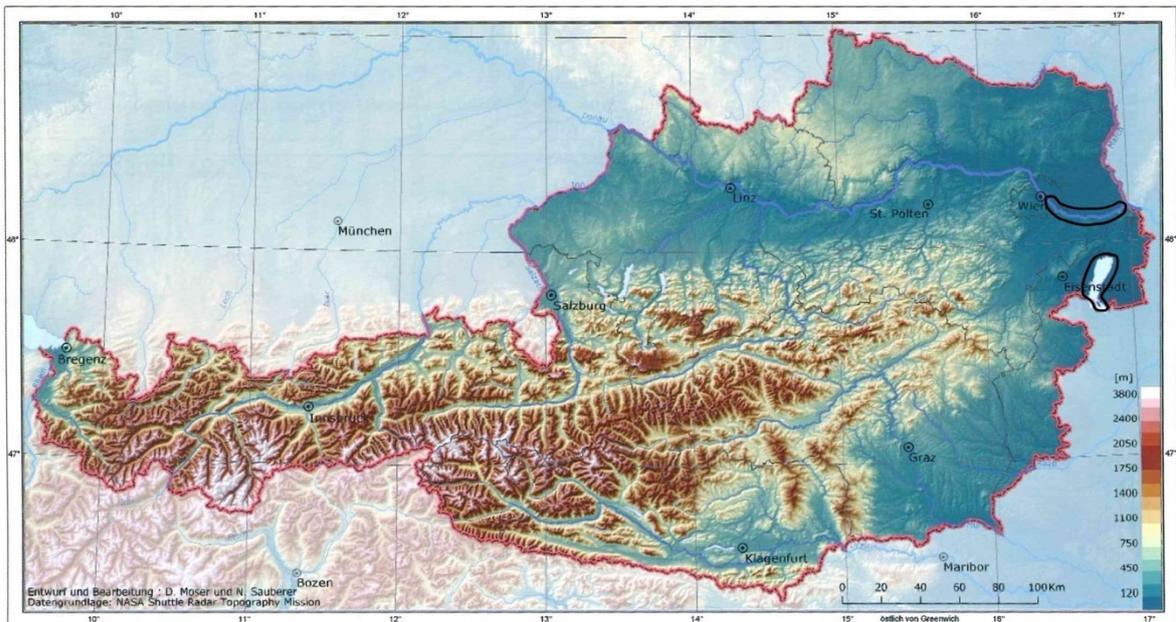


Abbildung 14: Gewässer und Feuchtstandorte (Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger)

# Nadelwälder

Anmerkung: im Inntal natürlich vorkommend, in der Steiermark angepflanzt und kultiviert

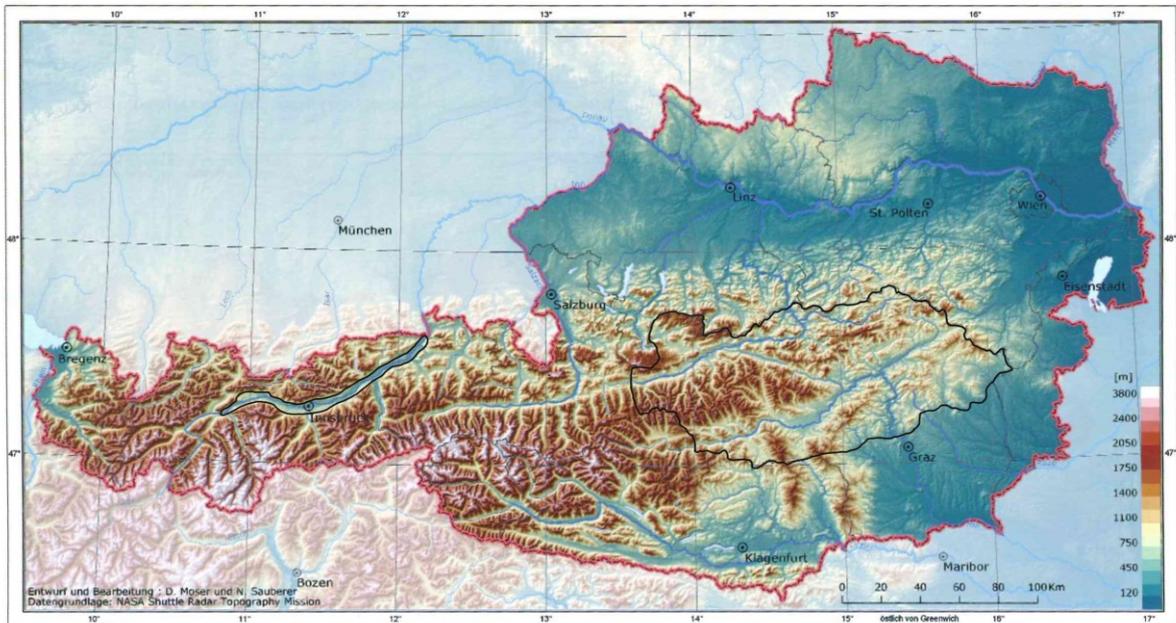


Abbildung 15: Nadelwälder (Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger)

# Hochgebirge

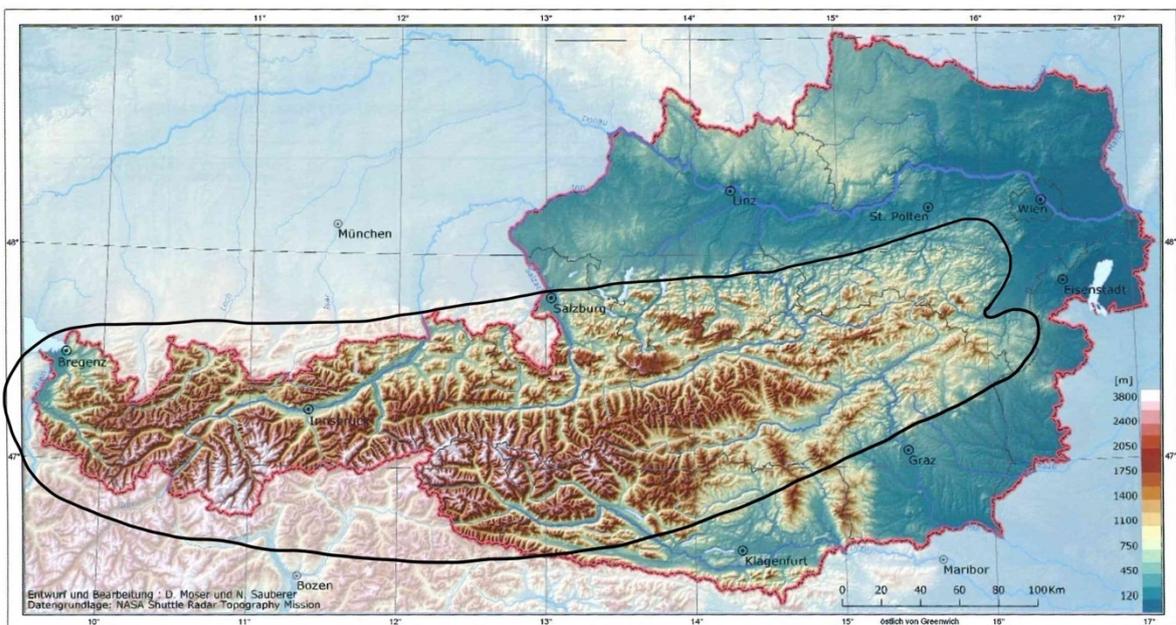


Abbildung 16: Hochgebirge (Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger)

## Rasen und Parks

Anmerkung: Hier wurden exemplarisch Landeshauptstädte mit botanischen Gärten ausgewählt.

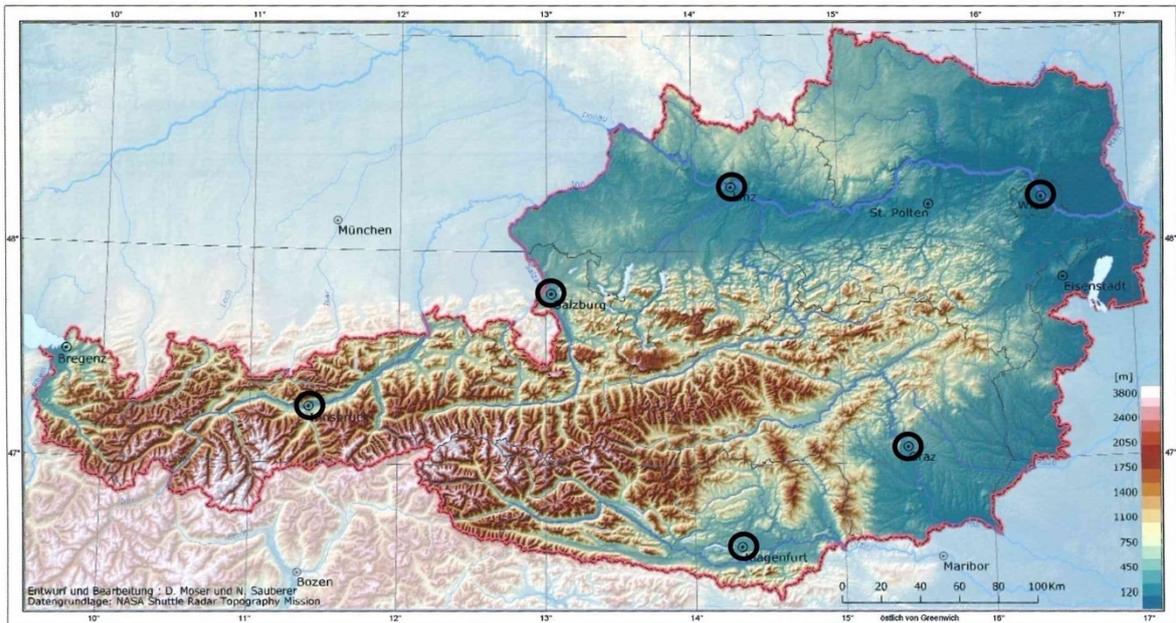


Abbildung 17: Rasen und Parks (Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger)

## Standorte auf Serpentin

Anmerkung: Serpentin ist ein schwermetall- und wasserhaltiges Magnesiumsilikat. An Schwermetallen sind vor allem Eisen und Nickel enthalten.



Abbildung 18: Standorte auf Serpentin (Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger)

## Waldsäume von Laubwäldern

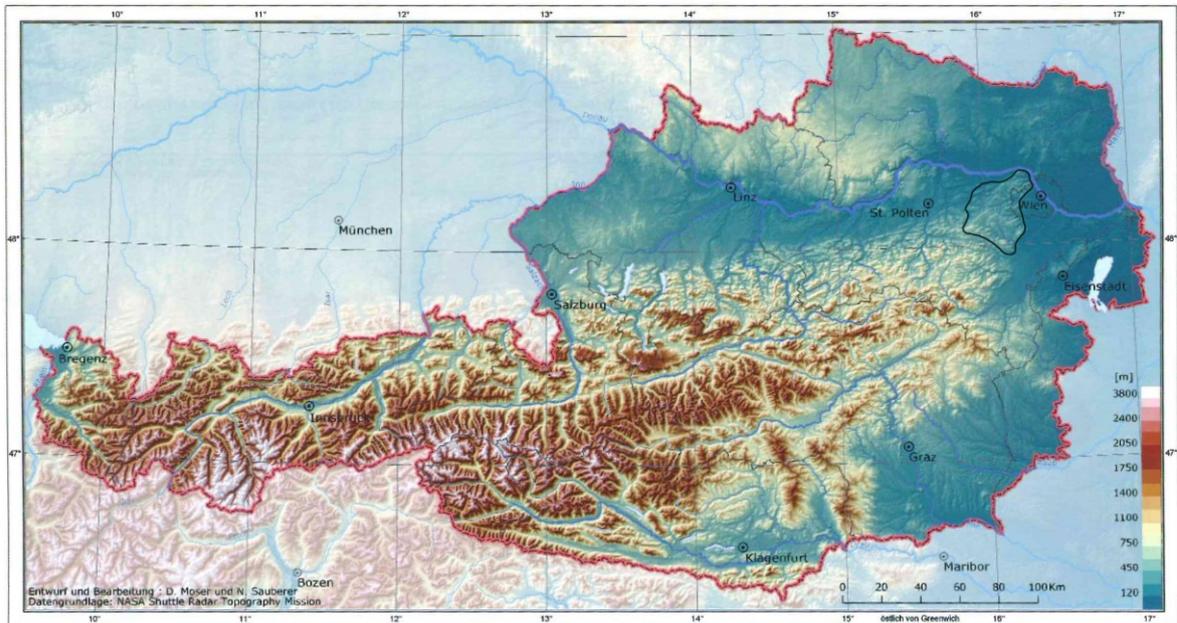


Abbildung 19: Waldsäume von Laubwäldern (Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger)

## Wiesen und Gärten

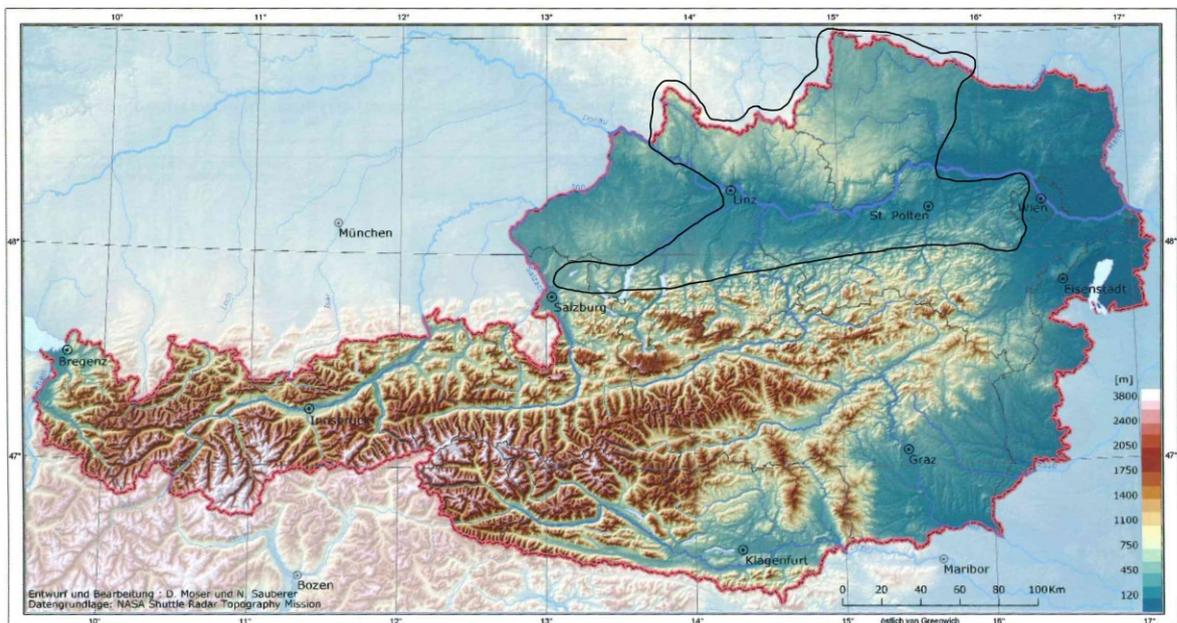
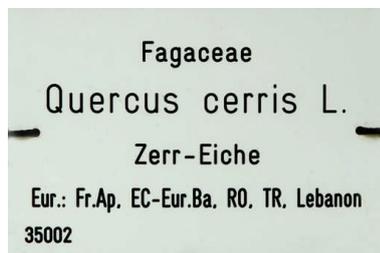


Abbildung 20: Wiesen und Gärten (Sauberer et al., 2008, S. 18, verändert von Verena Aichberger)

## 9.2.4. Infotext

### Das Pflanzenetikett

Das Pflanzenetikett ist als "Informationsträger" ein unverzichtbarer Bestandteil botanischer Gärten. Im HBV enthält jedes Etikett einige Mindestangaben, der inhaltliche Aufbau und zusätzliche Angaben variieren je nach Schaugruppe.



In obigem Beispiel, das dem Etiketten-Grundschema im HBV entspricht, wird zunächst die **Pflanzenfamilie** genannt, zu der die betreffende Pflanze gehört. In diesem Fall handelt es sich um die Familie der Buchengewächse, botanisch Fagaceae. Der botanische Familienname endet immer auf die Buchstabengruppe "-aceae" und ist daran leicht erkennbar. Zur Familie der Fagaceae gehören nicht nur die Buche (bot.: Fagus) selbst (nach ihr ist die Familie benannt), sondern auch Eiche und Esskastanie und darüber hinaus noch einige Gattungen, die außerhalb Europas vorkommen.

In der nächsten Zeile wird der **wissenschaftliche Name** der Pflanze genannt. Dieser Name besteht stets aus mindestens zwei Wörtern: das erste bezeichnet die **Gattung**, das zweite charakterisiert die **Art**. Auf dem Beispiel-Etikett ist "Quercus" der Gattungsname (es handelt sich also um eine Eiche), "cerris" ist der Art-Beiname, der festlegt, um welche der vielen Eichen-Arten (es gibt weltweit ca. 400!) es sich handelt. In diesem Fall ist es die Zerr-Eiche, eine Art, die in den trocken-warmen Wäldern Ost-Österreichs vorkommt. Hinter dem wissenschaftlichen Namen steht der Name (meist abgekürzt) jenes Botanikers, der die Pflanzenart erstmals beschrieb und ihr ihren wissenschaftlichen Namen

Rennweg 14, A-1030 Wien; [www.botanik.univie.ac.at/hbv/](http://www.botanik.univie.ac.at/hbv/)

gab. Diese Angabe ist nicht Bestandteil des wissenschaftlichen Namens. Die Abkürzung "L." steht für den Botaniker Carl von Linné. Er ist der so genannte **nomenklatorische Autor** und hat Quercus cerris als Erster benannt und beschrieben. Die Art und Weise, wie die Autorennamen abgekürzt werden, ist in einer standardisierten Liste festgelegt und kann so weltweit einheitlich gehandhabt werden. Gibt es bei einer Art weitere Unterteilungen, so findet sich hinter dem Art-Beinamen der Name der Unterart (= "subspecies", abgekürzt "subsp." oder "ssp.") oder Varietät ("varietas", abgekürzt "var.").

In der nächsten Zeile des Etiketts steht meist der **deutsche Name**. Für sehr viele Pflanzen gibt es keinen deutschen Namen. Gewisse Schwierigkeiten ergeben sich oft schon bei einheimischen Gewächsen: haben doch manche Pflanzen, die entsprechend weit verbreitet sind, oft sehr viele verschiedene deutsche Namen. Gerade die Vielfalt der Volksnamen ("Vernakular-Namen") hat ja dazu geführt, dass die wissenschaftliche Bezeichnung der Pflanzen jeweils durch einen einzigen, international festgelegten Namen erfolgt. Der deutsche Name ist also kein obligatorischer Bestandteil des Etiketts.

Schließlich sind auf den Etiketten noch (in Abkürzung) die **Hauptverbreitungsgebiete** der betreffenden Pflanzenart in der Natur genannt. In der Nutzpflanzen-Schaugruppe tragen die Etiketten am rechten unteren Rand noch zusätzliche Zeichen, die über die Verwendung der betreffenden Pflanze Auskunft geben.

Die Ziffern in der linken unteren Ecke sind ein Kürzel für den Standort der Pflanze im Garten.

B. Knickmann 2007

Tel. 0043 (0)1 4277-54100, Fax 9541

Abbildung 21: Infotext zu Pflanzenetiketten des Botanischen Gartens ([https://botanischergarten.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/p\\_botanischergarten/Infoblaetter/Themen/ib\\_das\\_pflanzenetikett.pdf](https://botanischergarten.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_botanischergarten/Infoblaetter/Themen/ib_das_pflanzenetikett.pdf), Zugriff 02.06.2022)

## 9.2.5. Lagepläne



Abbildung 22: Detailplan Gruppe „Flora von Österreich“ ([https://botanischergarten.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/p\\_botanischergarten/Bilder\\_Grafiken/Pflanzenaufnahmen/Schaugruppen/flora\\_von\\_oesterreich\\_plan.pdf](https://botanischergarten.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_botanischergarten/Bilder_Grafiken/Pflanzenaufnahmen/Schaugruppen/flora_von_oesterreich_plan.pdf), Zugriff 02.06.2022)

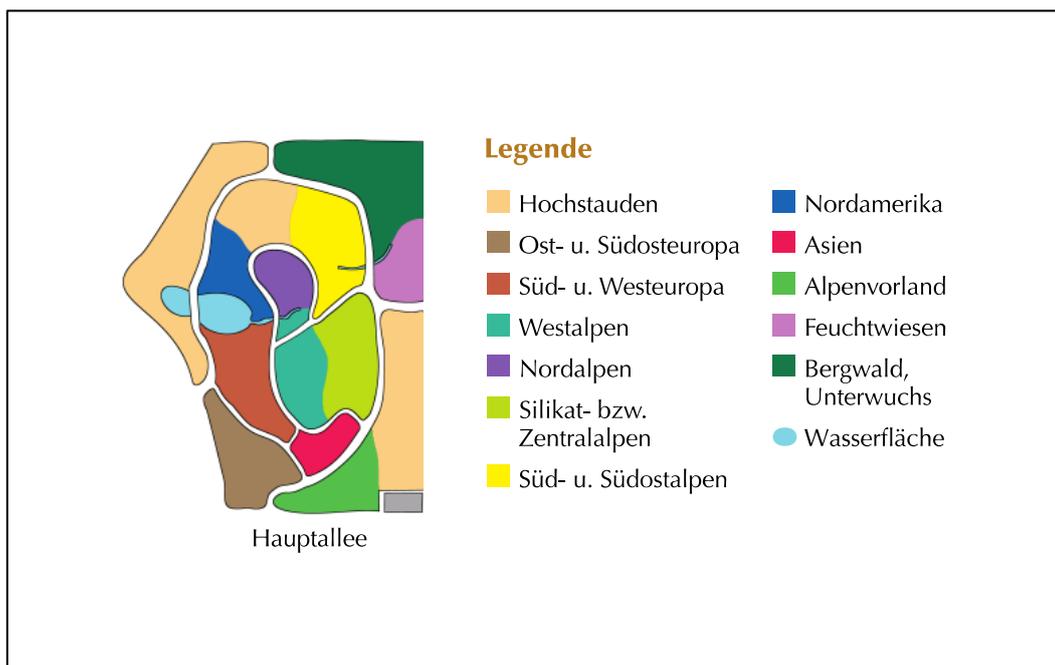


Abbildung 23: Detailplan Alpinum ([https://botanischergarten.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/p\\_botanischergarten/Bilder\\_Grafiken/Pflanzenaufnahmen/Schaugruppen/alpinum\\_plan\\_2019.pdf](https://botanischergarten.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_botanischergarten/Bilder_Grafiken/Pflanzenaufnahmen/Schaugruppen/alpinum_plan_2019.pdf), Zugriff 02.06.2022)

## Trockenrasen



## Legende

- Eingänge
- Laubgehölzsammlung
- Flora von Österreich
- Nadelgehölzsammlung
- Bambushain
- Systematische Gruppe
- Heil-, Nutz- und Giftpflanzen
- Kalthausgruppe und Kanarengruppe
- Blüten- und fruchtbiologische sowie morphologische Gruppe
- Alpinum
- Kakteen- und Sukkulenten-Schaugruppe
- Tropenhaus, Victoriabecken, Vitrinen
- Kalthaus, im Sommer Sonderschauen
- Wasserbecken und Teiche
- Gewächshäuser für Forschung und Lehre
- Betriebsgebäude
- Reserve-, Betriebs- und Lagerflächen
- Grüne Schule
- Jacquin-Ginkgo
- Mozart-Platane
- 1-55 Gruppen



Abbildung 24: Lageplan Pannonische Trockenrasen

# Äcker



## Legende

- Eingänge
- Laubgehölzsammlung
- Flora von Österreich
- Nadelgehölzsammlung
- Bambushain
- Systematische Gruppe
- Heil-, Nutz- und Giftpflanzen
- Kalthausgruppe und Kanarengruppe
- Blüten- und fruchtbiologische sowie morphologische Gruppe
- Alpinum
- Kakteen- und Sukkulenten-Schaugruppe
- Tropenhaus, Victoriabecken, Vitrinen
- Kalthaus, im Sommer Sonderschauen
- Wasserbecken und Teiche
- Gewächshäuser für Forschung und Lehre
- Betriebsgebäude
- Reserve-, Betriebs- und Lagerflächen
- Grüne Schule
- Jacquin-Ginkgo
- Mozart-Platane
- 1-55 Gruppen

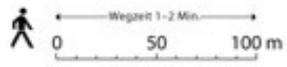


Abbildung 25: Lageplan Äcker

# Brache



## Legende

- Eingänge
- Laubgehölzsammlung
- Flora von Österreich
- Nadelgehölzsammlung
- Bambushain
- Systematische Gruppe
- Heil-, Nutz- und Giftpflanzen
- Kalthausgruppe und Kanarengruppe
- Blüten- und fruchtbiologische sowie morphologische Gruppe
- Alpinum
- Kakteen- und Sukkulenten-Schaugruppe
- Tropenhaus, Victoriabecken, Vitrinen
- Kalthaus, im Sommer Sonderschauen
- Wasserbecken und Teiche
- Gewächshäuser für Forschung und Lehre
- Betriebsgebäude
- Reserve-, Betriebs- und Lagerflächen
- Grüne Schule
- Jacquin-Ginkgo
- Mozart-Platane
- 1-55 Gruppen

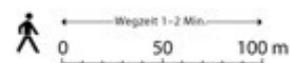


Abbildung 26: Lageplan Acker- und Wiesenbrachen

# Gewässer und Feuchstandorte



## Legende

- Eingänge
- Laubgehölzsammlung
- Flora von Österreich
- Nadelgehölzsammlung
- Bambushain
- Systematische Gruppe
- Heil-, Nutz- und Giftpflanzen
- Kalthausgruppe und Kanarengruppe
- Blüten- und fruchtbiologische sowie morphologische Gruppe
- Alpinum
- Kakteen- und Sukkulenten-Schaugruppe
- Tropenhaus, Victoriabecken, Vitrinen
- Kalthaus, im Sommer Sonderschauen
- Wasserbecken und Teiche
- Gewächshäuser für Forschung und Lehre
- Betriebsgebäude
- Reserve-, Betriebs- und Lagerflächen
- Grüne Schule
- Jacquin-Ginkgo
- Mozart-Platane
- 1-55 Gruppen



Abbildung 27: Lageplan Gewässer und Feuchstandorte

## Nadelwald



## Legende

- Eingänge
- Laubgehölzsammlung
- Flora von Österreich
- Nadelgehölzsammlung
- Bambushain
- Systematische Gruppe
- Heil-, Nutz- und Giftpflanzen
- Kalthausgruppe und Kanarengruppe
- Blüten- und fruchtbiologische sowie morphologische Gruppe
- Alpinum
- Kakteen- und Sukkulenten-Schaugruppe
- Tropenhaus, Victoriabecken, Vitrinen
- Kalthaus, im Sommer Sonderschauen
- Wasserbecken und Teiche
- Gewächshäuser für Forschung und Lehre
- Betriebsgebäude
- Reserve-, Betriebs- und Lagerflächen
- Grüne Schule
- Jacquin-Ginkgo
- Mozart-Platane
- 1-55 Gruppen



Abbildung 28: Lageplan Nadelwald/ Koniferetum

# Hochgebirge



## Legende

- Eingänge
- Laubgehölzsammlung
- Flora von Österreich
- Nadelgehölzsammlung
- Bambushain
- Systematische Gruppe
- Heil-, Nutz- und Giftpflanzen
- Kalthausgruppe und Kanarengruppe
- Blüten- und fruchtbiologische sowie morphologische Gruppe
- Alpinum
- Kakteen- und Sukkulenten-Schaugruppe
- Tropenhaus, Victoriabecken, Vitrinen
- Kalthaus, im Sommer Sonderschauen
- Wasserbecken und Teiche
- Gewächshäuser für Forschung und Lehre
- Betriebsgebäude
- Reserve-, Betriebs- und Lagerflächen
- Grüne Schule
- Jacquin-Ginkgo
- Mozart-Platane
- 1-55 Gruppen



Abbildung 29: Lageplan Hochgebirge / Alpinum

# Rasen und Parks



# Legende

- Eingänge
- Laubgehölzsammlung
- Flora von Österreich
- Nadelgehölzsammlung
- Bambushain
- Systematische Gruppe
- Heil-, Nutz- und Giftpflanzen
- Kalthausgruppe und Kanarengruppe
- Blüten- und fruchtbiologische sowie morphologische Gruppe
- Alpinum
- Kakteen- und Sukkulenten-Schaugruppe
- Tropenhaus, Victoriabecken, Vitrinen
- Kalthaus, im Sommer Sonderschauen
- Wasserbecken und Teiche
- Gewächshäuser für Forschung und Lehre
- Betriebsgebäude
- Reserve-, Betriebs- und Lagerflächen
- Grüne Schule
- Jacquin-Ginkgo
- Mozart-Platane
- 1-55 Gruppen



Abbildung 30: Lageplan Rasen und Parks

## Pflanzen auf Serpentin



Abbildung 31: Lageplan Standorte auf Serpentin

## Waldsaum von Laubwäldern



Abbildung 32: Lageplan Waldsaum von Laubwäldern

## Wiesen und Gärten



## Legende

- Eingänge
- Laubgehölzsammlung
- Flora von Österreich
- Nadelgehölzsammlung
- Bambushain
- Systematische Gruppe
- Heil-, Nutz- und Giftpflanzen
- Kalthausgruppe und Kanarengruppe
- Blüten- und fruchtbiologische sowie morphologische Gruppe
- Alpinum
- Kakteen- und Sukkulenten-Schaugruppe
- Tropenhaus, Victoriabecken, Vitrinen
- Kalthaus, im Sommer Sonderschauen
- Wasserbecken und Teiche
- Gewächshäuser für Forschung und Lehre
- Betriebsgebäude
- Reserve-, Betriebs- und Lagerflächen
- Grüne Schule
- Jacquin-Ginkgo
- Mozart-Platane
- 1-55 Gruppen



Abbildung 33: Lageplan Wiesen und Gärten

## 9.2.6. Listen interessanter Arten

### Interessante Arten der Trockenrasen

- Gewöhnliche Rispen-Flockenblume (*Centaurea stoebe* ssp. *stoebe*)
- Feld-Beifuß (*Artemisia campestris* ssp. *borealis*)
- Büschel-Nelke (*Dianthus armeria*)
- Fetthenne/ Weißer Mauerpfeffer (*Sedum album*)
- Milder Mauerpfeffer (*Sedum sexangulare*)
- Früh-Segge (*Carex praecox*)
- Zypressen-Wolfsmilch (*Euphorbia cyparissias*)
- Großblütige Brunelle (*Prunella grandiflora*)
- Quirl-Salbei (*Salvia verticillata*)
- Edel-Gamander (*Teucrium chamaedrys*)
- Aufrechter Ziest (*Stachys recta*)
- Kahler Wiesenhafer (*Avenula pratensis*)
- Aufrecht-Trespe (*Bromus erectus*)
- Pfriemengras (*Stipa capillata*)
- Knack-Erdbeere (*Fragaria viridis*)
- Kleiner Wiesenknopf (*Sanguisorba minor*)

## Interessante Arten der Äcker

- Fiole (*Phaseolus vulgaris* var. *nanus*)
- Zucker-Erbse (*Pisum sativum* ssp. *sativum* convar. *axiphium*)
- Saat-Hafer (*Avena sativa*)
- Roggen (*Secale cereale*)
- Gurke (*Cucumis sativus*)
- Steirischer Öl-Kürbis (*Cucurbita pepo* var. *styriaca*)
- Hanf (*Cannabis sativa*)
- Gemeiner Lein /Flachs (*Linum usitatissimum*)
- Acker-Spark (*Spergula arvensis*)
- Venus-Frauenspiegel (*Legousia speculum-veneris*)
- Acker-Mannschild (*Androsace maxima*)
- Kornblume (*Cyanus segetum*)

## Interessante Arten der Brachflächen

- weißer Gänsefuß (*Chenopodium album*)
- Hecken-Kälberkopf (*Chaerophyllum temulum*)
- Gemeine Schafgarbe (*Achillea millefolium*)
- Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*)
- Feinstrahl-Berufskraut (*Erigeron annuus*)
- Weg-Distel (*Carduus acanthoides*)
- Gewöhnliches Greiskraut (*Senecio vulgaris*)
- Hirtentäschelkraut (*Capsella bursa-pastoris*)
- Acker-Hellerkraut (*Thlaspi arvense*)
- weißes Leimkraut (*Silene vulgaris*/*Silene alba*)
- Wiesenklees (*Trifolium pratense*)
- Hopfenklees/ Hopfen-Luzerne (*Medicago lupulina*)
- Klatschmohn (*Papaver rhoeas*)
- Schöllkraut (*Chelidonium majus*)
- Wiesen-Rispengras (*Poa pratensis*)
- Gewöhnlicher Windhalm (*Apera spica-venti*)
- Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne*)
- Ampfer (*Rumex* sp.)
- Aufrechtes Fingerkraut (*Potentilla recta*)

## Interessante Arten der Gewässer und Feuchtstandorte

- Gewöhnlicher Froschlöffel (*Alisma plantago-aquatica*)
- Sommer-Knotenblume (*Leucojum aestivum*)
- Märzenbecher (*Leucojum verum*)
- Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*)
- Weiß-Birke (*Betula pendula*)
- Schwanenblume/ Blumenbinse (*Butomus umbellatus*)
- Echte Teichbinse (*Schoenoplectrus lacustris/ Scirpus lacustris*)
- Stiel-Eiche (*Quercus robur*)
- Froschbiss (*Hydrocharis morsus-ranae*)
- Wasser-Schwertlilie/ Sumpfschwertlilie (*Iris pseudacorus*)
- Schachblume/ Kiebitzblume (*Fritillaria meleagris*)
- Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*)
- Langblatt-Blauweiderich (*Veronica maritima*)
- Krautige Weide (*Salix hylematica*)
- Zwergrohrkolben (*Typha minima*)

## Interessante Arten der Nadelwälder

- Gemeiner Efeu (*Hedera helix*)
- Hirschkunnenfarn (*Asplenium scolopendrium*)
- Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*)
- Wald-Frauenfarn (*Athyrium filix-femina*)
- Gewöhnlicher Wurmfarne (*Dryopteris filix-mas*)
- Stiel-Eiche (*Quercus robur*)
- Europäische Lärche (*Larix decidua*)
- Fichte (*Picea abies*)
- Latsche/ Leg-Föhre (*Pinus mugo*)
- Schwarz-Föhre (*Pinus nigra*)
- Gewöhnlicher Tüpfelfarn (*Polypodium vulgare*)
- Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*)
- Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*)
- Gewöhnliche Eibe (*Taxus baccata*)
- Europäischer Straußenfarn (*Matteuccia struthiopteris*)

## Interessante Arten der Hochgebirge

- Alpen-Aster (*Aster alpinus*)
- Gewöhnliche Perücken-Flockenblume (*Centaurea pseudophrygia*)
- Orange-Mäuseohrhabichtskraut (*Hieracium aurantiacum*)
- Büschelnelke (*Dianthus armeria*)
- Steinnelke (*Dianthus sylvestris*)
- Kriech-Gipskraut (*Gypsophila repens*)
- Stängellos-Leimkraut (*Silene acaulis*)
- Schneeheide (*Erica carnea*)
- Almrausch/ Wimper-Alpenrose (*Rhododendron hirsutum*)
- Felsen-Wolfsmilch (*Euphorbia saxatilis*)
- Einblüten-Simse (*Juncus monanthos*)
- Gebirgs-Thymian (*Thymus praecox* ssp. *polytrichus*)
- Alpen-Lein (*Linum alpinum*)
- Sumpf-Stendelwurz (*Epipactis palustris*)
- Zirbe (*Pinus cembra*)
- Zittergras (*Briza media*)
- Alpenschwingel (*Festuca alpina*)
- Kuhschelle/ Küchenschelle (*Pulsatilla halleri*)
- Steiermark-Küchenschelle (*Pulsatilla styriaca*)
- Berg-Hahnenfuß (*Ranunculus montanus*)
- Ruch-Weide (*Salix foetida*)
- Berg-Baldrian (*Valeriana montana*)

### Interessante Arten der Rasen und Parks

- Kleine Bibernelle (*Pimpinella saxifraga*)
- Gänseblümchen (*Bellis perennis*)
- Gewöhnlicher Löwenzahn (*Taraxacum officinalis*)
- Gänsekressen (*Arabis* sp.)
- Wiesen-Klee (*Trifolium pratense*)
- Gundermann (*Glechoma hederacea*)
- Breitwegerich (*Plantago major*)
- Echte Schlüsselblume (*Primula veris*)

## Interessante Arten auf Serpentin

- Großer Fingerhut (*Digitalis grandiflora*)
- Österreichischer Ehrenpreis (*Veronica austriaca*)
- Serpentin-Streifenfarn (*Asplenium cuneifolium*)
- Serpentin-Steppen-Aschenkraut (*Tephrosieris integrifolia* ssp. *serpentina*)
- Grau-Erle (*Alnus incana*)
- Berg-Steinkraut (*Alyssum montanum* ssp. *preissmannii*)
- Serpentin-Karthäuser-Nelke (*Dianthus carthusianorum* ssp. *capillifrons*)
- Serpentin-Hauswurz (*Sempervivum pittonii*)
- Scharfer Mauerpfeffer (*Sedum acre*)
- Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*)
- Norische Witwenblume (*Knautia carinthiaca*)
- Seidenhaar-Backenklees (*Dorycnium germanicum*)
- Kleb-Salbei (*Salvia glutinosa*)
- Waldkiefer (*Pinus sylvestris* var. *sylvestris*)
- Schwarz-Föhre (*Pinus nigra*)
- Eigentlich Aufsteigender Wiesenhafer (*Avenula adsurgens* ssp. *adsurgens*)
- Harter Schaf-Schwingel (*Festuca guestfalica*)
- Steinweichsel (*Prunus mahaleb*)
- Speierling (*Sorbus domestica*)
- Serpentin-Crantz-Fingerkraut (*Potentilla crantzii* var. *serpentina*)
- Österreich-Mehlbeere (*Sorbus austriaca* ssp. *serpentina* Kárpáti)

## Interessante Arten der Waldsäume

- Orchideen-Blauweiderich (*Pseudolysimachion orchideum*)
- Groß-Ehrenpreis (*Veronica teucrium*)
- Krautiges Immergrün (*Vinca herbacea*)
- Doldentrauben-Wucherblume (*Tanacetum corymbosum*)
- Deutscher Alant (*Inula germanica*)
- Einkopf-Zwitterscharte (*Klasea lycopifolia*)
- Weidenblatt-Wolfsmilch (*Euphorbia salicifolia*)
- Bunte Schwertlilie (*Iris variegata*)
- Thüringer Strauchpappel (*Lavatera thuringiaca*)
- Nickendes Perlgras (*Melica nutans*)
- Kahler Wiesenhafer (*Avenula pratensis*)
- Großes Buschwindröschen (*Anemone sylvestris*)
- Aufrechte Waldrebe (*Clematis recta*)
- Wild-Apfel (*Malus sylvestris*)
- Zwerg-Mandel (*Prunus tenella*)
- Bibernell-Rose (*Rosa spinosissima*)
- Pracht-Königskerze (*Verbascum speciosum*)
- Schmalblatt-Arznei-Baldrian (*Valeriana officinalis* ssp. *tenuifolia*)

## Interessante Arten der Wiesen und Gärten

- Durchwachs-Gelbdolde (*Smyrniium perfoliatum*)
- Gemeine Schafgarbe (*Achillea millefolium*)
- Gewöhnlicher Löwenzahn (*Taraxacum officinalis*)
- Flockenblumen (*Centaurea* sp.)
- Magerwiesen-Margerite (*Chrysanthemum leucanthemum*)
- Acker-Glockenblume (*Campanula rapunculoides*)
- Herbstzeitlose (*Colchicum autumnale*)
- Luzerne (*Medicago sativa*)
- Wiesensalbei (*Salvia pratensis*)
- Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*)
- Gewöhnliches Knäuelgras (*Dactylis glomerata*)
- Trespen (*Bromus* sp.)
- Ampfer (*Rumex* sp.)
- Wiesen-Labkraut (*Galium mollugo*)
- Große Brennnessel (*Urtica dioica*)

## 9.2.7. Leitfragen

### Leitfragen zu den Nadelwäldern

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

Wie sehen der Nadelwald und die Pflanzen im Unterwuchs aus? Wie wirkt der Lebensraum auf euch?

Würdet ihr den Lebensraum als naturnah beschreiben und warum?

Wie vielfältig wirkt der Nadelwald auf euch und warum?

Wie hoch schätzt ihr den menschlichen Einfluss ein und warum?

## Leitfragen zu den Rasen und Parks

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

\_\_\_\_\_

Wie sehen der Rasen und der Park des Belvederes aus? Wie wirken die Lebensräume auf euch?

Würdet ihr den Lebensraum als naturnah beschreiben und warum?

Wie vielfältig wirkt der Rasen und der Park auf euch und warum?

Wie hoch schätzt ihr den menschlichen Einfluss ein und warum?

## Leitfragen zu den Wiesen und Gärten

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

\_\_\_\_\_

Wie sehen die Wiese und der botanische Garten aus? Wie wirken die Lebensräume auf euch?

Würdet ihr den Lebensraum als naturnah beschreiben und warum?

Wie vielfältig wirkt die Wiese und der Garten auf euch und warum?

Wie hoch schätzt ihr den menschlichen Einfluss ein und warum?