



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„HerbiWars – ein Kartenspiel zur Vermittlung von pflanzlichen
Abwehrmechanismen.

Auswirkung auf intrinsische Motivation, Interesse an Pflanzen und
Wissenszuwachs“

verfasst von / submitted by

Mag. Katharina Huszar

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2020 / Vienna, 2020

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

A 190 445 423

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

UF Biologie und Umweltkunde
UF Chemie

Betreut von / Supervisor:

ao. Univ.-Prof. Dr. Michael Kiehn

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

HS-Prof. Mag. Dr. Martin Scheuch

Danksagung

Ich danke meiner Mutter, meiner Oma und meinem Opa für Bereitstellung von Kalorien, aufmunternde Worte und viel Geduld. Im speziellen danke ich meiner Familie dafür, dass sie mir ermöglichten sehr viel Zeit in „Gstettn“, im Wald, auf Wiesen und in Aulandschaften zu verbringen und mir von klein an beizubringen, wie schön, giftig, wohlriechend oder saftig-wohlschmeckend Pflanzen sind.

Danke Dad, dass Du mir die Schönheit der Natur nähergebracht hast.

Danke Luki, dass Du meine linke Gehirnhälfte während des Studiums warst. Mit Dir hat es richtig Spaß gemacht. Dank auch an Cordula, Christine und Marco für viele durchlernte Tage.

Liebe Andrea, ohne Dich hätte ich PC1, 3 und vieles andere nicht geschafft. Danke auch für hilfreiche Kommentare zu dieser Arbeit.

Ich danke Mag. Dr. Erich Eder für die Ermutigung, dieses Kartenspiel zu vertiefen und für die Genehmigung Marchegg als Exkursionsort zu verwenden.

Dank an Brigitte Linder für die große Hilfe bei der statistischen Auswertung.

Liebe Ursula Pirker, vielen Dank für verlässliches Korrekturlesen.

Ich danke Heide Scheel, Gabriele Gruber für die Bereitschaft, mit mir zu spielen und für wertvolle Anregungen für Spielregeln.

Lieber Johannes Hampl, danke für viele ermutigende Worte, Geduld, Ausflüge ins Gelsenparadies ohne Jause, viele Spieldurchgänge und für das Zeichnen des Planes.

Dank an ao. Univ.-Prof. Dr. Michael Kiehn für Geduld und ermunternde Worte.

Vielen herzlichen Dank an HS-Prof. Mag. Dr. Martin Scheuch für wertvolle Inputs und Verbesserungsvorschläge.

Ich danke meinen Kolleginnen und Kollegen für Geduld, Mitfiebern und interessierte Rückfragen.

Vielen Dank an die Schüler-innen der damaligen 4A, B, C, dass ihr voller Engagement an dieser Studie teilgenommen habt.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG.....	1
1.1	PFLANZEN UND IHRE BEDÜRFNISSE ZU KENNEN, IST WICHTIG.....	1
1.2	PFLANZENWISSEN ZU VERMITTELN IST EINE HERAUSFORDERUNG	1
1.3	HERBIWARS SOLL DIE VERMITTLUNG VON PFLANZENWISSEN ERLEICHTERN	2
2	FORSCHUNGSSTAND UND THEORIEBEZUG.....	3
2.1	DAS PRAKTISCHE PROBLEM: PFLANZENBLINDHEIT	3
2.1.1	<i>Beschreibung, Symptome.....</i>	<i>3</i>
2.1.2	<i>Ursachen.....</i>	<i>6</i>
2.1.3	<i>Lösungsvorschläge.....</i>	<i>7</i>
2.2	MOTIVATION	8
2.2.1	<i>Abstufung der Motivation nach Grad der Selbstbestimmung.....</i>	<i>9</i>
2.2.2	<i>Basic needs - psychologische Grundbedürfnisse</i>	<i>10</i>
2.2.3	<i>Zusammenhang von intrinsischer Motivation und Interesse.....</i>	<i>12</i>
2.2.4	<i>Mit intrinsischer Motivation Gelerntes wird tiefer verarbeitet</i>	<i>13</i>
2.3	SPIELEN.....	13
2.3.1	<i>Merkmale von Spiel</i>	<i>13</i>
2.3.2	<i>Einteilung von Spielen.....</i>	<i>14</i>
2.3.3	<i>Abfolge von Spielformen im Laufe der kindlichen Entwicklung.....</i>	<i>16</i>
2.3.4	<i>Spielen kann Dopamin freisetzen, Dopamin fördert Lernen.....</i>	<i>16</i>
2.3.5	<i>Spiel in der Schule</i>	<i>17</i>
2.4	NATURBEGEGNUNG.....	20
2.4.1	<i>Reizqualität ist wichtig für erfahrungsbasiertes Verstehen.....</i>	<i>20</i>
2.4.2	<i>Vermittlungsstile bei Naturbildung und deren Auswirkung auf Lernen.....</i>	<i>21</i>
2.4.3	<i>Vorteile von Naturbegegnung für schulisches Lernen</i>	<i>22</i>
2.4.4	<i>Wichtigkeit von Vorbereitung einer Naturbegegnung</i>	<i>22</i>
3	ZIELSETZUNG UND FORSCHUNGSFRAGE.....	24
3.1	ZIELSETZUNG	24
3.2	HYPOTHESEN	24
4	UNTERSUCHUNGSPLANUNG UND -DESIGN.....	26
4.1	EINBETTUNG IN DEN LEHRPLAN.....	26
4.2	ZUGRUNDELIEGENDE SACHANALYSE: ABWEHRMECHANISMEN VON PFLANZEN	26
4.2.1	<i>Konstitutive und induzierte Abwehr.....</i>	<i>27</i>
4.2.2	<i>Mechanische Abwehr.....</i>	<i>28</i>
4.2.3	<i>Chemische Abwehr.....</i>	<i>29</i>
4.2.4	<i>Biologische Abwehr</i>	<i>33</i>

4.2.5	<i>Rasches Wachstum und schnelle Vermehrung</i>	34
4.2.6	<i>Kombination und Abstimmung von Abwehrmechanismen</i>	36
4.3	RAHMENBEDINGUNGEN DER UNTERSUCHUNG	37
4.4	CHARAKTERISIERUNG DER STICHPROBE.....	37
5	DURCHFÜHRUNG DER UNTERSUCHUNG	39
5.1	SCHWERPUNKTE DER UNTERRICHTSREIHE.....	39
5.1.1	<i>Der Leseauftrag</i>	39
5.1.2	<i>Das Kartenspiel: HerbiWars</i>	39
5.1.3	<i>Das Arbeitsblatt für die Kontrollgruppe</i>	43
5.1.4	<i>Die Exkursion</i>	44
5.2	DURCHFÜHRUNG DER BEFRAGUNG SOWIE DER UNTERRICHTSREIHE.....	46
5.2.1	<i>Durchführung der Befragung</i>	46
5.2.2	<i>Ablauf der Unterrichtsreihe Abwehr von Pflanzen</i>	47
5.2.3	<i>Ablauf der Unterrichtsreihe Genetik</i>	48
6	DATENERHEBUNG UND –AUSWERTUNG	50
6.1	MOTIVATIONALE REGULATION - MULTIPLE-CHOICE TEST	50
6.1.1	<i>Beschreibung des Fragebogens</i>	50
6.1.2	<i>Auswertung FB_MC_Mot</i>	51
6.1.3	<i>Anmerkungen</i>	52
6.2	INTERESSE AN PFLANZEN - MULTIPLE-CHOICE TEST	52
6.2.1	<i>Beschreibung des Fragebogens</i>	52
6.2.2	<i>Auswertung</i>	53
6.2.3	<i>Anmerkungen</i>	53
6.3	PFLANZENWISSEN	53
6.3.1	<i>Einstufung von Pflanzen als Lebewesen - Dichotomer Fragebogen</i>	53
6.3.2	<i>Kenntnis von Abwehrmechanismen - Offener Fragebogen</i>	54
6.4	TEST ZUR STATISTISCHEN ÜBERPRÜFUNG VON UNTERSCHIEDSHYPOTHESEN	58
6.5	BOX PLOTS.....	59
7	ERGEBNISDARSTELLUNG	60
7.1	MOTIVATIONALE REGULATION - MULTIPLE-CHOICE TEST	60
7.1.1	<i>Vergleich der Regulationsstile</i>	60
7.1.2	<i>Vergleich der Selbstbestimmungsindizes</i>	63
7.2	INTERESSE AN PFLANZEN – MULTIPLE-CHOICE TEST	65
7.3	PFLANZENWISSEN	66
7.3.1	<i>Einstufung von Pflanzen als Lebewesen - Dichotomer Fragebogen</i>	66
7.3.2	<i>Kenntnis von Abwehrmechanismen - Offener Fragebogen</i>	66

8	DISKUSSION	73
8.1	ZENTRALE ERGEBNISSE	73
8.1.1	<i>Einfluss von Freiland und Kartenspiel auf motivationale Regulation.....</i>	<i>73</i>
8.1.2	<i>Auswirkungen von Freiland und Kartenspiel auf das Interesse an Pflanzen.....</i>	<i>76</i>
8.1.3	<i>Einfluss von Freiland und Kartenspiel auf Pflanzenwissen</i>	<i>77</i>
8.2	GEGENÜBERSTELLUNG DER ERGEBNISSE MIT DEN HYPOTHESEN	80
9	FAZIT UND AUSBLICK.....	82
10	ZUSAMMENFASSUNG.....	84
10.1	ZUSAMMENFASSUNG DEUTSCH	84
10.2	ABSTRACT	85
11	LITERATURVERZEICHNIS.....	86
12	ANHANG.....	93
12.1	UNTERRICHTSMATERIAL.....	93
12.1.1	<i>Leseauftrag.....</i>	<i>93</i>
12.1.2	<i>Karten</i>	<i>98</i>
12.1.3	<i>Spielanleitung</i>	<i>105</i>
12.1.4	<i>Arbeitsblatt für Gruppe Freiland.....</i>	<i>106</i>
12.1.5	<i>Plan für das beforschte Areal.....</i>	<i>107</i>
12.2	FRAGEBÖGEN	108
12.2.1	<i>Motivation.....</i>	<i>108</i>
12.2.2	<i>Interesse an Pflanzen.....</i>	<i>110</i>
12.2.3	<i>Pflanzenwissen dichotom</i>	<i>111</i>
12.2.4	<i>Pflanzenwissen offen.....</i>	<i>112</i>
12.3	SIGNIFIKANZTESTS.....	114
12.3.1	<i>Motivation.....</i>	<i>114</i>
12.3.2	<i>Interesse.....</i>	<i>120</i>
12.3.3	<i>Pflanzenwissen offen.....</i>	<i>120</i>
12.4	ZUSÄTZLICHE ERGEBNISSE	126

1 Einleitung

1.1 Pflanzen und ihre Bedürfnisse zu kennen, ist wichtig

Pflanzen sind für das Überleben von Tieren, inklusive der Menschen, absolut notwendig. Sie ernähren uns, wir kleiden uns in Pflanzenfasern (Baumwolle, Viskose, Modal, ...), wir bauen Häuser, fertigen Einrichtungsgegenstände, gewinnen Medizin aus ihnen, halten Information auf ihnen fest und vieles mehr. Darüber hinaus nehmen Pflanzen eine zentrale Rolle im Kohlenstoffkreislauf ein und wirken dem Klimawandel entgegen, indem sie CO₂ binden.

Pflanzen als Lebewesen mit bestimmten Bedürfnissen zu erkennen, ist ein wichtiger Beitrag zur Erfüllung unserer Ziele im Bereich der nachhaltigen Entwicklung. Die Vereinten Nationen haben 2015 siebzehn Ziele für nachhaltige Entwicklung formuliert (SDGs – sustainable development goals). Für die Erreichung von mindestens sieben dieser Ziele, beispielsweise *„Den Hunger beenden, Ernährungssicherheit und eine bessere Ernährung erreichen und eine nachhaltige Landwirtschaft fördern [...] Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen [...] Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen [...] Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende setzen“*, ist ein Verständnis der Lebensumstände von Pflanzen unabdingbar (United Nations 2015).

Dennoch wird verhältnismäßig wenig Geld in Pflanzenwissenschaften oder in Bildung über Pflanzen investiert (Allen 2003).

1.2 Pflanzenwissen zu vermitteln ist eine Herausforderung

Viele Menschen zeigen Unachtsamkeit gegenüber Pflanzen. Dies bedingt in der Folge, dass kein tieferes Verständnis für die Wichtigkeit von Pflanzen für alltägliche Angelegenheiten entwickelt wird. Bürger_innen zeigen zunehmend weniger Erfahrung in Pflege, Beobachtung und Identifikation von Pflanzen in der eigenen geographischen Region (Wandersee und Schussler 2001). Bei österreichischen Schüler_innen ist das Interesse an Pflanzen im internationalen Vergleich besonders gering ausgeprägt (Sjøberg und Schreiner 2010, S. 17).

Diese Unachtsamkeit ist aber nicht nur durch kulturelle Tradierung der Ordnung von pflanzlichem Leben unter tierisches (insbesondere menschliches) begründet. James H. Wandersee und Elisabeth E. Schussler (1999) prägten den Begriff Pflanzenblindheit. Der

Terminus „-blindheit“ soll hervorheben, dass die Unachtsamkeit von Menschen gegenüber Pflanzen durch Verarbeitungsprozesse während des Sehvorganges entsteht (Wandersee und Schussler 1999). Da das Gehirn vorzugsweise Informationen über Bewegung und Umrisse eines Objektes (Ecken und Kanten) verarbeitet, gelangen visuelle Informationen von Pflanzen (sehr langsam bewegt, unregelmäßige, monochromatische Oberfläche) nicht bis zu bewusster Wahrnehmung (siehe Kapitel 2.1.2).

Hinzu kommt, dass das menschliche Bewusstsein bevorzugt Objekte wahrnimmt, die es schon kennt. Solange ein Objekt keine Bedeutung für den Beobachter erlangt hat, wird es seltener wahrgenommen (Wandersee und Schussler 2001).

1.3 HerbiWars soll die Vermittlung von Pflanzenwissen erleichtern

Das Lernspiel HerbiWars wurde entwickelt, um das Verständnis von Pflanzen als aktive Lebewesen zu vermitteln. Diese Sammelkarten sind dazu gedacht, die Protokollierung von Beobachtungen sowie die Übung und Festigung von gelernten Inhalten spielerisch einzukleiden. Die Vermittlung von Inhalten in Form eines Spieles versetzt überdurchschnittlich viele Schüler_innen in eine aktive Rolle, eine Grundbedingung für Lernen aus konstruktivistischer Sicht (siehe 2.3.5.2).

Jede der Karten enthält Bilder, Name und Hinweise bezüglich Genießbarkeit, Giftigkeit und Verwendung als Medizinalpflanze. In der Vorbereitungsphase des Spieles suchen die Lernenden die Pflanzen und untersuchen sie optisch, haptisch und olfaktorisch nach Abwehrmechanismen gegen Pflanzenfresser. Dies soll der gezeigten Pflanzenart Bedeutung verleihen und sie somit „sichtbarer“ machen.

In der Spielphase wird erworbenes Wissen angewandt. Um eine Angriffskarte (Pflanzenfresser) zu besiegen, müssen die Spielerinnen eine Pflanzenkarte mit den passenden Abwehrmechanismen ausspielen. Dabei gilt es, den Überblick zu bewahren, welche anderen Pflanzenfresser das Gegenüber noch in der Hand hat. Durch dieses variantenreiche Wiederholen soll eine Verbesserung der Merkleistung und eine Vernetzung des Wissens erreicht werden.

Darüber hinaus wurde bei der Entwicklung des Spieles gehofft, es würde die Schüler_innen in einen *flow*-Zustand versetzen und in weiterer Folge das Interesse an Pflanzen fördern (siehe Abschnitt 2.3.1).

Im Zuge dieser Arbeit wurde erhoben, wie sich das Spiel HerbiWars auf die Art der Motivation, auf das Interesse an Pflanzen und auf die Lernleistung auswirkt. Das Spiel wurde mit drei Klassen (Altersdurchschnitt 14 Jahre) eines Realgymnasiums in Wien durchgeführt. Die Karten wurden sowohl im Freiland als auch im Biologiesaal getestet und mit einem Arbeitsblatt für das Freiland verglichen.

2 Forschungsstand und Theoriebezug

Im Zuge der Arbeit wurde ein Kartenspiel, das **Pflanzenblindheit** überwinden soll, im Hinblick auf **Motivationsstile**, **Interesse** und Pflanzenwissen untersucht. Das Spiel wird in der Klasse und im **Freiland** gespielt. Erkenntnisse und Zusammenhänge aus den Bereichen Pflanzenblindheit, Motivationsforschung, Interesse und Naturbegegnung werden in den folgenden Kapiteln zusammengefasst.

2.1 Das praktische Problem: Pflanzenblindheit

James H. Wandersee und Elisabeth E. Schussler (1999) prägten in den 1990er Jahren den Begriff „Pflanzenblindheit“. Unachtsamkeit von Menschen gegenüber Pflanzen ist nach diesem Verständnis durch Verarbeitungsprozesse während des Sehvorganges begründet. Daher der Terminus „-blindheit“ (Wandersee und Schussler 1999).

2.1.1 Beschreibung, Symptome

Wandersee und Schussler definieren Pflanzenblindheit als:

- Unfähigkeit, die Wichtigkeit von Pflanzen für die Biosphäre inklusive der Menschen zu erfassen
- Unempfindlichkeit für die Schönheit von pflanzlichen Lebensformen und Strukturen
- anthropozentrische Ordnung von Lebewesen, die Pflanzen als den Tieren untergeordnet bewertet (Wandersee und Schussler 1999).

Diese Unachtsamkeit führt dazu, dass kein tieferes Verständnis für die Wichtigkeit von Pflanzen für alltägliche Angelegenheiten entwickelt wird. Es ist, zum Beispiel, kein Bewusstsein dafür vorhanden, dass Pflanzen eine Schlüsselrolle im Kohlenstoffkreislauf einnehmen. Viele Menschen zeigen einen Mangel an Erfahrung in Pflege, Beobachtung und Identifikation von Pflanzen in der eigenen geographischen Region (Wandersee und Schussler 2001).

Schussler und Olzak (2008) zeigten nordamerikanischen Student_innen im Alter ab 18 Jahren je 25 Pflanzen- und Tierbilder. Es wurde darauf geachtet, dass Pflanzen und Tiere gezeigt wurden, deren Namen in der Region möglichst bekannt sind und die einen ähnlichen Erkennungswert haben. Psychologie- und Botanikstudierende wurden gebeten, die Pflanzen- und Tierbilder nach Schönheit zu bewerten. Nach einer Ablenkungsaufgabe wurden sie aufgefordert, so viele Pflanzen- und Tiernamen, wie in Erinnerung waren, zu notieren. Sowohl Psychologie- als auch Botanikstudent_innen konnten mehr Tier- als Pflanzennamen notieren. Der Besuch eines Botanikkurses zeigte keine Auswirkung auf das Verhältnis zwischen den genannten Pflanzen- und Tiernamen. Frauen hingegen schrieben mehr Pflanzennamen nieder als Männer (Schussler und Olzak 2008).

2.1.1.1 Das Interesse an Pflanzen ist in Österreich besonders gering ausgeprägt

Im Zuge des internationalen Projekts ROSE (Relevance Of Science Education) erforschten Sjøberg und Schreiner (2010) die Einstellungen von Schüler_innen im Pflichtschulalter (bis 15 J) zu Naturwissenschaften und Technologie. 40 Länder partizipierten, zum Teil wurde die Gesamtheit aller 15-jährigen Schulbesuchenden der Nation befragt. Unter den wichtigsten Ergebnissen findet sich, zum Beispiel, das Interesse von Schülerinnen und Schülern an Wachstum und Reproduktion von Pflanzen.

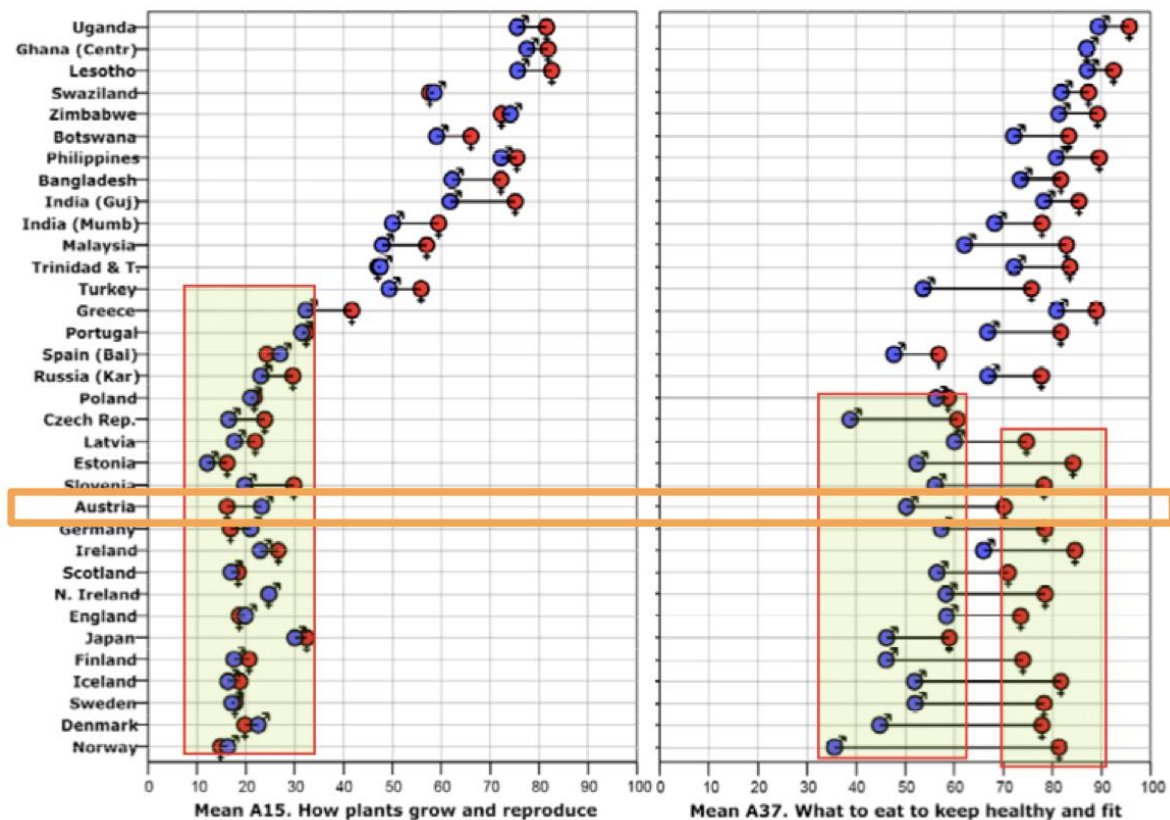


Abbildung 1: Links: Interesse an Wachstum und Vermehrung von Pflanzen. Rechts: Interesse an gesunder Ernährung.

Rot: Mädchen, Blau: Burschen. Orange: Daten aus Österreich. Ergebnisse einer internationalen ROSE (Relevance Of Science Education) Studie aus dem Jahr 2010. Zusammengefügt und bearbeitet aus (Sjøberg und Schreiner 2010, S. 17, 20).

Jugendliche in wirtschaftlich hoch entwickelten Staaten wie Norwegen, Finnland, Japan oder Österreich zeigten relativ wenig Interesse an Pflanzenwachstum und –vermehrung im Vergleich zu Regionen wie Uganda, Zimbabwe oder Bangladesch. Während in den meisten untersuchten Ländern das Interesse bei Mädchen etwas höher lag, war es in Österreich umgekehrt. Hier gaben Burschen ein höheres Interesse an Wachstum und Reproduktion von Pflanzen an.

Interessanterweise zeigten Mädchen aller beforschten Länder ein überdurchschnittlich hohes Interesse an gesunder Ernährung. Das Interesse der befragten österreichischen

Mädchen an gesunder Ernährung lag bei 70 %, wohingegen das Interesse an Pflanzenwachstum lediglich bei unter 20 % lag (Sjøberg und Schreiner 2010). Ein Verständnis des Zusammenhangs zwischen gesunder Ernährung und dem Wachstum von Pflanzen sowie deren Nachkommen scheint nicht gegeben zu sein.

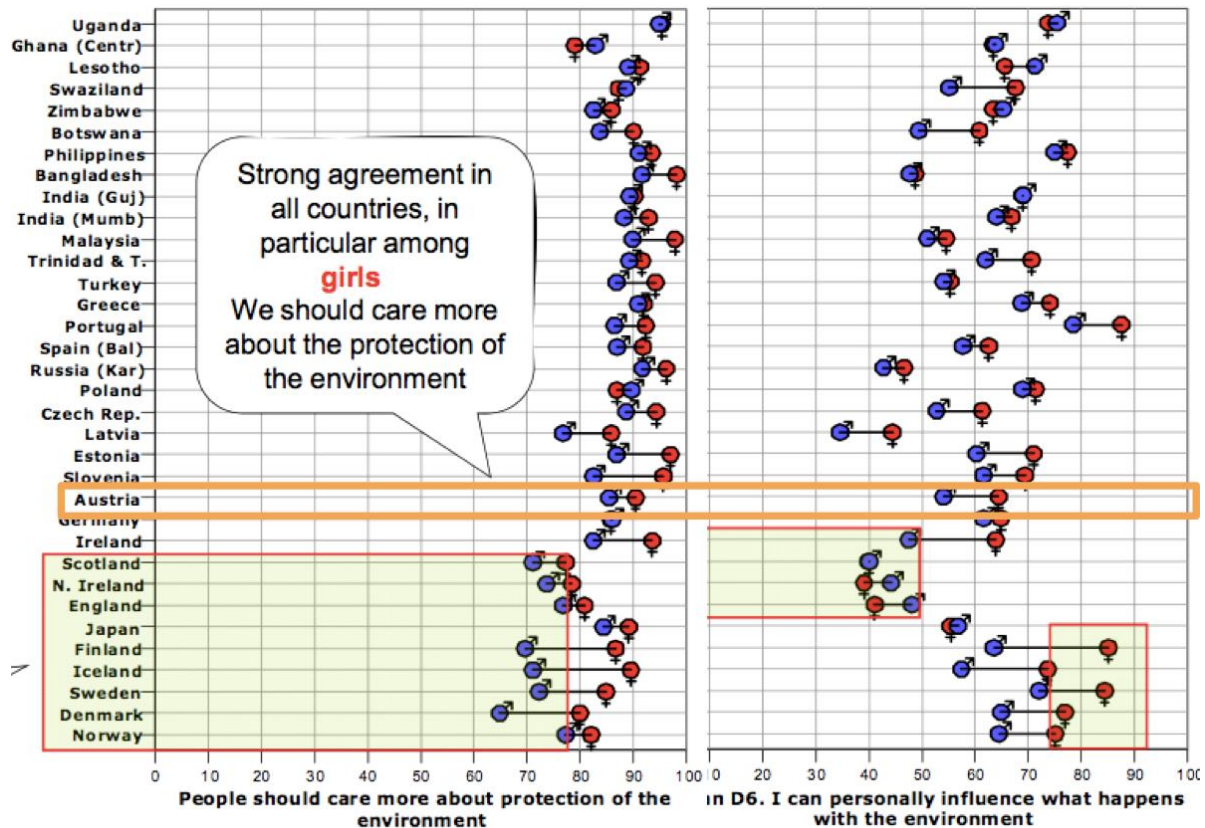


Abbildung 2: Links: Wichtigkeit von Umweltschutz. Rechts: Einschätzung der persönlichen Kompetenz, die Umwelt zu beeinflussen. Rot: Mädchen, Blau: Burschen. Orange: Daten aus Österreich. Ergebnisse einer internationalen ROSE (Relevance Of Science Education) Studie aus dem Jahr 2010. Zusammengefügt und bearbeitet aus (Sjøberg und Schreiner 2010, S. 22).

Der Großteil aller befragten Schüler_innen vertrat die Meinung, wir als Gesellschaft sollten uns mehr um Umweltschutz kümmern. Deutlich weniger Schüler_innen trauten sich allerdings zu, persönlich einen Einfluss auf die Umwelt zu bewirken. Dennoch war ein geringer Anteil an Schüler_innen davon überzeugt, dass Umweltprobleme „den Experten“ überlassen werden sollte (Sjøberg und Schreiner 2010). Die Vertiefung der Kenntnisse über Pflanzen und deren Vermehrung könnte die Selbstwirksamkeitserwartung von Jugendlichen im Bereich Umweltschutz erhöhen.

2.1.1.2 Das Interesse an Pflanzen ist niedrig und verschiebt sich mit Alter und Urbanisationsgrad

Baram-Tsabari et al. (2010) untersuchten das Interesse an Biologie in allen Stufen institutioneller Bildung vom Kindergarten bis zur Hochschule. Fragen, die Lernende an das

Informationsportal MadSci.org stellten, wurden in Kategorien wie „Botanik“, „Zoologie“, „Zellbiologie“ oder „Genetik“ eingeordnet und hinsichtlich Alter und Geschlecht analysiert. In allen Altersstufen liegt das Interesse an Tieren (maximal ca. 30 % der Fragen) über dem Interesse an Pflanzen (maximal 18 % der Fragen). Das Interesse an beiden Themen nimmt mit zunehmendem Alter ab. Fragen von Personen mit Hochschulabschluss fallen zu circa 10 % in die Kategorie Zoologie und nur noch unter 4 % der Fragen betreffen die Botanik (Baram-Tsabari et al. 2010).

Knapp befürchtet, dass in einer zunehmend urbanisierten Gesellschaft der Kontakt zu Pflanzen zusehends weniger wird (Knapp 2019).

Daraus resultiert bereits jetzt, dass verhältnismäßig wenig Geld in Pflanzenwissenschaften oder Bildung über Pflanzen investiert wird, obwohl der Schutz bedrohter Pflanzenarten ein Schlüsselproblem bei der nachhaltigen Entwicklung der Menschheit ist (Allen 2003).

2.1.2 Ursachen

Laut Wandersee und Schussler (2001) ist die Vernachlässigung von Pflanzen durch Menschen nicht nur „zoochauvinistischen“ Lehrenden und der Tradierung durch andere Bezugspersonen geschuldet, sondern vielmehr auf die Art und Weise, wie das menschliche Gehirn Informationen verarbeitet, zurückzuführen (Wandersee und Schussler 2001).

2.1.2.1 *Das Gehirn verarbeitet vor allem Daten über Bewegung, Kanten oder Linien zu bewusster Wahrnehmung*

Die Verarbeitung von optischen Reizen erfolgt über Rezeptoren im Auge durch Bipolarzellen zu Ganglien in der Retina und weiter über den Sehnerv zum Thalamus im Gehirn. Von dort ziehen Axone zur primären Sehrinde. Die primäre Sehrinde steht in Kontakt mit anderen Gebieten der Großhirnrinde, wo Teilaspekte von optischen Reizen, wie Farbe oder Bewegung verarbeitet werden (Frings und Müller 2014, S. 170–173). Während der einzelnen Übersetzungs-, Weitergabe- und Verarbeitungsschritte wird die Informationsmenge drastisch gekürzt. Es wurde berechnet, dass die Augen pro Sekunde 10 Millionen Bits an Information generieren, das Gehirn aber nur circa 40 Bits verarbeitet und davon nur 16 Bits für bewusste Wahrnehmung verwendet. Das Gehirn braucht für die Bearbeitung der Daten circa 0,5 Sekunden (Wandersee und Schussler 2001). Die Wahrnehmung von Bewegung als Indikator für Raubtiere oder Beute ist eine der evolutionär frühesten Leistungen des Sehsystems und schon in Zusammenhang mit Augen, die nur zu Hell- / Dunkelwahrnehmung geeignet sind, vorhanden (Frings und Müller 2014, S. 293). Eine der wichtigsten Aufgaben des menschlichen Gehirns ist es, Umrisse eines Objektes zu erkennen und vom Hintergrund zu trennen. Die primäre Sehrinde ist

durch ihren Aufbau auf die Erkennung von Kanten und Linien spezialisiert. Die Neuronen der primären Sehrinde sind in senkrechten Säulchen organisiert. Alle Zellen, die auf einer Achse liegen, reagieren auf die gleiche Orientierung eines Lichtreizes (Frings und Müller 2014, S. 176 – 178). Kanten und Linien sind bei der Verarbeitung von visueller Information im menschlichen Gehirn so wichtig, dass es Scheinkonturen erzeugt, also Linien generiert, wo keine sind (optische Täuschungen) (Frings und Müller 2014, S. 292).

2.1.2.2 Pflanzen sind „optisch reizlos“ und zunehmend unbekannt

Pflanzen bewachsen aber zumeist jeden verfügbaren Millimeter Boden, sind typischerweise monochrom grün und haben eine überaus komplexe und formenreiche Oberfläche. Dazu bewegen sich Pflanzen meist in einer Geschwindigkeit, die wesentlich unter der der Verarbeitung von Wahrnehmung liegt (Wandersee und Schussler 2001). Grün, statisch, ohne Ecken und Kanten sind keine Reize, die das Hirn als akut wichtig einstuft und somit weiterverarbeitet, sodass bewusste Wahrnehmung entstehen könnte. Ein weiterer Faktor, der Wahrnehmung beeinflusst, ist der Bekanntheitsgrad (bestehendes Muster). Menschen nehmen visuell nur wahr, was sie schon kennen. Sobald ein Objekt Bedeutung für den Beobachter erlangt hat, wird es öfter wahrgenommen (Wandersee und Schussler 2001).

2.1.3 Lösungsvorschläge

Wandersee und Schussler (2001) begegnen Pflanzenblindheit auf mehreren Ebenen. So verteilten sie ein Poster mit Warnung und 20 pflanzenbezogenen Aktivitätsvorschlägen in Schulen, oder publizierten ein Kinderbuch, das eine Pflanze in den Mittelpunkt der Handlung stellt. Die wichtigste Maßnahme, um Pflanzenblindheit vorzubeugen, ist nach ihrer Auffassung, jedoch die Tradierung von Pflanzenwissen durch Pflanzenmentoren (Allen 2003). In einer nordamerikanischen Studie wurde gezeigt, dass Kinder, die sich unter Begleitung freundlicher Erwachsener um Pflanzen kümmern, später größeres Interesse an sowie höhere Aufmerksamkeit für Pflanzen zeigen (Wandersee und Schussler 2001).

2.1.3.1 Hervorhebung der aktiven Rolle von Pflanzen

Knapp (2019) empfiehlt, die aktive Rolle von Pflanzen in der Entwicklungsgeschichte des Lebens auf der Erde hervorzuheben. Dazu eignen sich Daten wie die Sauerstoffentwicklung in der Atmosphäre. Stammbäume des Lebens, in denen die Entwicklung von tierischem und pflanzlichem Leben einen gemeinsamen Ursprung teilt, heben Gemeinsamkeiten von Menschen mit anderen Komponenten der Umwelt, wie Pflanzen, hervor. Die Vorstellung Pflanzen zeigen kein Verhalten, ist weit verbreitet. Knapp (2019) führt an, dass Pflanzen gerichtetes Verhalten zeigen, über Botenstoffe oder Pilznetzwerke miteinander kommunizieren und Nährstoffe austauschen und sogar

Verletzung über chemische Signale registrieren. Ein weiteres Argument, das Interesse auf Pflanzen zu richten, ist die positive Auswirkung von grüner, unregelmäßig strukturierter Umgebung auf die menschliche Gesundheit. Um Stadtkinder in Kontakt mit Pflanzen zu bringen, schlägt sie Schulgärten oder Gärtnern auf der Fensterbank vor (Knapp 2019).

2.1.3.2 Leitarten für die Interessensgenese

Michael Kiehn und Kolleg_innen (2011) suchten nach geeigneten Pflanzenarten, um das Interesse an Pflanzen im Botanischen Garten der Universität Wien gezielt zu wecken. Da Nutzpflanzen dafür als prinzipiell geeignet erschienen, wurde das Interesse an den Kategorien Heil- und Giftpflanzen, Drogenpflanzen, Nahrungspflanzen, Gewürzpflanzen, technisch genutzter Pflanzen sowie Zierpflanzen erhoben. Eine Befragung von besuchenden Schulklassen, Tagesgästen und Vereinsmitgliedern der Freunde des Botanischen Gartens der Universität Wien ergab, dass Heil- und Gewürzpflanzen im Durchschnitt über alle Gruppen das meiste Interesse wecken. Das Interesse von Schüler_innen besuchender Klassen im Alter von 10 – 18 Jahren lag hierbei bei allen Pflanzengruppen, mit Ausnahme der Gruppe der Drogenpflanzen, unter dem Interesse von Tagesgästen oder Vereinsmitgliedern. Vor allem Schüler_innen im Alter von 15 – 18 Jahren wurden durch diese Pflanzengruppe am stärksten angesprochen (Kiehn et al. 2011).

Pany und Heidinger (2014) untersuchten mithilfe des Fragebogens zur Erhebung des Interesses an Nutzpflanzen (FEIN) das Interesse von mehr als 1000 Schüler_innen im Alter von circa 10 – 18 Jahren an den Nutzpflanzengruppen Heil-, Drogen-, Gewürz-, Nahrungs- und Zierpflanzen. Sie fanden heraus, dass Heil- und Drogenpflanzen von allen Gruppen als überdurchschnittlich interessant eingestuft wurden. Die Analyse der Interessensprofile einzelner Schüler_innen zeigte, dass es neben Gruppen an Schüler_innen, die sich für sowohl Heil- und Drogenpflanzen interessierten, auch Gruppen gab, die ein hohes Interesse an Heilpflanzen, aber wenig Interesse an Drogenpflanzen zeigten oder umgekehrt. Das Interesse an verschiedenen Pflanzengruppen verschob sich auch mit dem Alter. Pany und Heidinger (2014) empfehlen daher, bei der Vermittlung botanischer Kenntnisse mehrere Nutzpflanzengruppen zu verwenden, um möglichst viele Schüler_innen zu erreichen (Pany und Heidinger 2014).

2.2 Motivation

Motivation bezeichnet den Auslöser für zielgerichtetes Verhalten, also einem Ablauf von Handlungen, die der Erreichung eines Zieles dienen. Verhalten, das keinen bestimmten Zweck verfolgt, wird als **amotiviert** bezeichnet. Dazu gehören unwillkürliche Handlungen wie der Reflex, die Hand von einer heißen Herdplatte zurückzuziehen, aber auch

willkürliche Verhaltensweisen, die kein Ziel verfolgen, wie dösen oder unkontrollierte Handlungen wie Wutanfälle (Deci und Ryan 1993; Brandstätter et al. 2018a).

2.2.1 Abstufung der Motivation nach Grad der Selbstbestimmung

Nach der Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan (1993) werden verschiedene qualitative Ausprägungen von motiviertem Handeln unterschieden. Der Drang zur Aktivität wird grob in **intrinsische** und **extrinsische** Motivation unterteilt. Intrinsische Motivation bezeichnet Handlungen, die nur aus eigenem Interesse bzw. Antrieb, durchgeführt werden. Es sind keine äußeren Anreize wie Belohnung oder negative Konsequenzen vonnöten, um die Handlung aufrechtzuerhalten – handeln um der Handlung willen.

Bei Handlungen, die durch extrinsische Motivation angetrieben werden, liegt das Ziel außerhalb der Handlung. Je nach Handlungsanreiz werden vier Typen unterschieden:

Externale Regulation: Verhalten, das mit dem Ziel ausgeführt wird, eine Belohnung zu erhalten oder einer Strafe zu entgehen.

Introjierte Regulation: Handlungen, die auf einen inneren Druck wie Angst, Schuldgefühle oder Stolz zurückzuführen sind. Handlungen, die aufgrund introjiierter Regulation durchgeführt werden, bedürfen keiner äußeren Handlungsanregungen mehr.

Identifizierte Regulation: Die Handlung ist zwar per se nicht interessant, aber das Resultat der Handlung wird als wichtig erachtet, wie zum Beispiel das Bestehen der Reifeprüfung, um ein bestimmtes Studium inskribieren zu können. Handelnde identifizieren sich mit dem Ziel.

Integrierte Regulation: Verhalten aufgrund einer Wertorientierung, Zielen oder Normen, die Handelnde in ihr Selbstkonzept integriert haben (Deci und Ryan 1993).

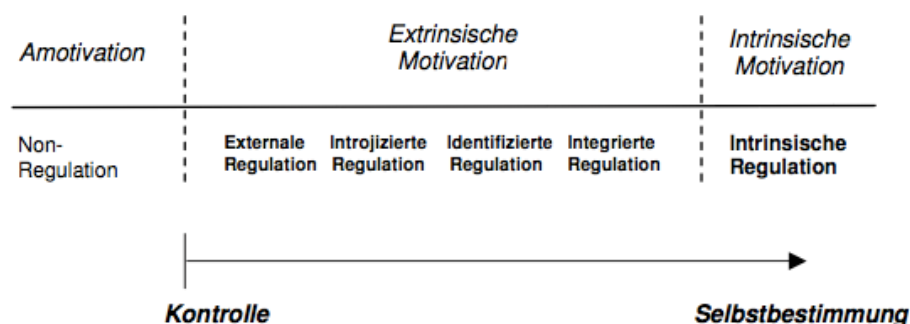


Abbildung 3: das Kontinuum der Selbstbestimmung. Abbildung aus (Müller et al. 2007, S. 4)

Deci und Ryan (1993) sehen extrinsische und intrinsische Motivation nicht als Gegensatzpaar, da extrinsisch motiviertes Verhalten auch selbstbestimmt sein kann. Darüber hinaus ist der Übergang zwischen den regulatorischen Stilen fließend und veränderlich. Im Laufe der Entwicklung können extrinsisch motivierte Verhaltensweisen durch Internalisation und Integration nach und nach in selbstbestimmte Handlungen überführt werden (Deci und Ryan 1993). Das bedeutet, je weiter die Verinnerlichung eines außenliegenden Zieles voranschreitet, desto eher wird Handeln zur Erreichung dieses Zieles als selbstbestimmt wahrgenommen.

2.2.2 Basic needs - psychologische Grundbedürfnisse

Die Entwicklung von intrinsischer Motivation und die Integration extrinsischer Motive wird durch drei Faktoren begünstigt: Kompetenzerleben, das Gefühl von Autonomie sowie soziale Eingebundenheit (Deci und Ryan 1993).

2.2.2.1 Kompetenzerleben

Kompetenzerleben wird durch optimale Diskrepanz zwischen Anforderungen und Fähigkeiten ermöglicht. Eine Tätigkeit sollte weder zu einfach (langweilig) noch zu schwer (überfordernd) sein (Deci et al. 1996). Die Wahrnehmung des Schwierigkeitsgrades hängt von inneren Faktoren, wie der Selbstwirksamkeitserwartung ab, kann aber von außen beeinflusst werden, zum Beispiel durch Feedback oder aufmunternde Bemerkungen. Feedback, das das Kompetenzerleben unterstützt, sollte autonomiefördernd sein, also Bezug zu einer selbstbestimmten Handlung aufweisen. Dabei kommt es nicht zwingend darauf an, ob Feedback positiv oder negativ ist. Wenn negatives Feedback Lernenden zeigt, wie sie die Aufgabe zukünftig besser bewältigen können, kann es in Form einer Herausforderung das Kompetenzerleben stärken. Nur wenn Kompetenzerleben gemeinsam mit den Empfindungen von Autonomie und Selbstwirksamkeit auftreten, dann kann intrinsische Motivation entstehen (Deci und Ryan 1993).

2.2.2.2 Autonomie

Autonomie geht mit Wahlfreiheit einher. Belohnungen in Form von Geld oder Zertifikaten wirken sich negativ auf die intrinsische Motivation aus. Die belohnte Handlung wird in der Freizeit seltener ausgeführt, da die Belohnung einen Eingriff von außen, also eine Verschiebung der Handlungsursache von innen nach außen darstellt. Einen positiven Effekt auf das Autonomieerleben zeigen Wahlmöglichkeiten, Anerkennung der Gefühle der handelnden Person aber auch bestimmte Formulierungen bei der Ankündigung von Geschehnissen (Deci und Ryan 1993; Deci et al. 1996).

Im Zuge einer Studie von Koestner et al. (1984) wurden Kinder im Alter von sechs bis sieben Jahren auf drei verschiedene Arten dazu aufgefordert, eine Tätigkeit auszuführen. Allen Kindern wurden die gleichen Materialien zur Verfügung gestellt. Der Auftrag wurde „unlimitierend“ (keine Instruktionen bezüglich der Verwendung der Materialien), „informierend“ (z.B.: *„das kleinere Papier ist zum Malen da, das größere Papier ist die Unterlage“*, *„jetzt ist die Zeit, um ordentlich zu sein“*) oder „kontrollierend“ (z.B.: *„Du musst die Farben sauber halten“*, *„du darfst nur auf diesem Paper malen“*) formuliert (Koestner et al. 1984, S. 239). Ein informierender Kommunikationsstil zeigte keine Auswirkungen auf die intrinsische Motivation im Vergleich zu unlimitierender Instruktion. Kontrollierende Formulierungen resultierten in einer Abschwächung der intrinsischen Motivation. Darüber hinaus hatte die Art der Kommunikation Auswirkungen auf die Qualität der Bilder. Unter kontrollierenden Bedingungen verwendeten die Kinder im Vergleich zu informierenden oder unlimitierenden Bedingungen weniger Farben und fügten weniger Ausschmückungen hinzu (Koestner et al. 1984). Das bedeutet für die Erziehung durch Eltern und Schule, dass Kindern Grenzen gesetzt werden können, ohne ihre intrinsische Motivation zu beeinträchtigen, solange sie informierend formuliert werden.

Wilde und Urhahne (2008) untersuchten den Einfluss offener bzw. geschlossener Aufgabenstellungen auf Merkleistung und intrinsische Motivation. Ca. 200 deutsche Schüler_innen im Alter von ungefähr 11 Jahren bearbeiteten Stationen in einem Museum geleitet durch geschlossene Aufgabenstellungen (Multiple-Choice-Fragen), offene Aufgabenstellungen oder eine Mischung der beiden. Kinder, die geschlossene oder gemischte Aufgabenstellungen bearbeiteten, berichteten von mehr Interesse/ Spaß, mehr wahrgenommener Kompetenz und Wahlfreiheit aber weniger Druck und Anspannung als die Gruppe, die offene Aufgaben bearbeitete. Zu viel Freiheit könnte überfordernd wirken (Wilde und Urhahne 2008). Lernende benötigen augenscheinlich eine Mischung aus Freiheit und Eingrenzung.

2.2.2.3 Soziale Eingebundenheit

Menschen haben ein grundlegendes psychologisches Bedürfnis nach Verbundenheit mit anderen Menschen. Ein zugewandtes, wohlwollendes Umfeld ermöglicht das Erleben von sozialer Eingebundenheit im Gegensatz zu einem distanzierten und gleichgültigen Umfeld. Ein sicheres Naheverhältnis in der Familie hat Auswirkung auf das Explorationsverhalten von Säuglingen bis zu Erwachsenen. Die Anteilnahme von sowohl Vater als auch Mutter korreliert positiv mit der Internalisierung von Verhalten, das für eine erfolgreiche Schullaufbahn günstig ist (Deci et al. 1996).

Ryan, Stiller und Lynch (1994) fanden in einer Befragung von ca. 600 adoleszenten, amerikanischen Schüler_innen heraus, dass die Verbundenheit mit Eltern und Lehrenden

einen größeren positiven Einfluss auf die Anpassung in der Schule und Schulmotivation zeigte als die Beziehungen zu Freund_innen. Schüler_innen, die sich bei den Lehrenden emotional sicher fühlen, suchen häufiger deren Unterstützung bei sowohl schulischen als auch außerschulischen Themen. In weiterer Folge erleben diese Schüler_innen ein höheres Ausmaß an Kontrolle, Autonomie und Engagement für die Schule (Ryan et al. 1994).

Für die Schule bedeutet das, dass Lehrer_innen durch Interesse und Reaktionsfreudigkeit an und auf schulbezogene Tätigkeiten der Lernenden sowie durch Aufbau von emotional sicheren Beziehungen zu Schüler_innen die Wahrscheinlichkeit für einen Schulerfolg fördern können (Ryan et al. 1994; Deci et al. 1996).

2.2.2.4 Alle drei basic needs sind für die Entstehung von intrinsischer Motivation wichtig

Für die Entstehung von intrinsischer Motivation ist die Erfüllung aller drei psychischen Grundbedürfnisse erforderlich. Sheldon und Filak (2008) variierten in einem Laborexperiment mit ca. 200 US-amerikanischen Universitätsstudent_innen die drei *basic needs* Autonomie, Kompetenz und soziale Eingebundenheit getrennt. Während Proband_innen aus gewürfelten Buchstaben Wörter zusammensetzten (ein Spiel namens „boggle“), wurden sie auf unterschiedliche Art betreut. Es zeigte sich, dass alle drei Faktoren einen wesentlichen Einfluss auf die intrinsische Motivation, Stimmung sowie Weiterempfehlung des Spieles ausüben. Interessant ist, dass in dieser Studie nur die Variation der Bedingungen für soziale Eingebundenheit zu einer signifikanten Steigerung der Spielleistung (Anzahl und Länge gültiger Wörter) führte (Sheldon und Filak 2008).

Janowski und Vogt (2006) konnten mittels einer Unterrichtsreihe, die darauf abzielte, alle drei *basic needs* zu erfüllen, eine Einstellungsänderung der befragten Schüler_innen zum Biologieunterricht bewirken. 19 Schüler_innen einer Realschulklassen im Alter von 16 bis 19 Jahren änderten ihre Einstellung zum Biologieunterricht durch unterstützende Maßnahmen wie Wahlfreiheit bezüglich Gruppengröße und – mitgliedern (Autonomie, soziale Eingebundenheit) oder Arbeitsblättern mit gestuften Lernhilfen (Kompetenz) von gelangweilt oder frustriert hin zu zielorientiert oder lernfreudig (Janowski und Vogt 2006).

2.2.3 Zusammenhang von intrinsischer Motivation und Interesse

Für die Entwicklung intrinsischer Motivation ist neben der Erfüllung der *basic needs* auch das Interesse von fundamentaler Bedeutung. Interesse unterscheidet sich von Desinteresse und Abneigung durch positive Gefühle und Erlebnisqualitäten bei der Auseinandersetzung einer Person mit einem Gegenstand. Interesse kann grob in die Kategorien situationales und individuelles Interesse unterteilt werden. Individuelles

Interesse ist persönlichkeitspezifisch ausgeprägt, relativ stabil und bezieht sich auf ein Interessensgebiet (z.B.: „*ich interessiere mich für Biologie*“). Situationales Interesse bezeichnet einen Erlebniszustand, der einmalig und situationsspezifisch (Raum, Zeit) ist (Vogt 2007; Brandstätter et al. 2018b, S. 120).

Am Anfang der Entwicklung von Interesse steht eine *catch*-Komponente, ein erster situationaler Interessenszustand. Nur wenn dieser Zustand aufrechterhalten wird, kann sich eine längerfristige positive Einstellung zu weiterer Auseinandersetzung mit dem Gegenstand entwickeln. Didaktisch-methodische Maßnahmen, die gezielt die intrinsische Qualität des situationalen Interesses beeinflussen, können die *hold*-Komponente begünstigen. Wenn bei der Auseinandersetzung einer Person mit einem Gegenstand eine *catch*-Situation entsteht und diese von einer *hold*-Komponente in einer Situation, in der auch die *basic needs* erfüllt werden, gefolgt wird, dann kann aus andauerndem situationalen Interesse individuelles Interesse entstehen (Vogt 2007).

2.2.4 Mit intrinsischer Motivation Gelerntes wird tiefer verarbeitet

Werden Handlungen zur Aneignung von Wissen aufgrund von intrinsischer oder integrierter Selbstregulation durchgeführt, lässt sich ein positiver Effekt auf die Qualität des Lernens feststellen (Deci und Ryan 1993). Intrinsische Motivation ist mit einer tieferen Verarbeitung des Gelernten (Verständnis, Bedeutung) verbunden, während extrinsische Motivation beim Lernen eher mit einer oberflächlichen Verarbeitung (Reproduktion) verbunden ist (Looß 2007).

2.3 Spielen

Spielen ist eine bei Wirbeltieren weit verbreitete und heterogene Aktivität, die rational schwer fassbar ist und Spaß macht (Huizinga 1998, S. 1–4). Den Begriff „Spiel“ zu erklären ist überaus schwierig. Einerseits, weil dieser Begriff in der deutschen Sprache sowohl für Verhaltensweisen als auch in vielzähligen Metaphern verwendet wird. Andererseits, weil die Tätigkeit des Spielens nicht nur sehr vielgestaltig sondern auch gefühlsgerichtet und intuitiv ist und somit schwer mittels rationaler Ordnungskriterien kategorisierbar ist (Fritz 2004, S. 14, 15).

2.3.1 Merkmale von Spiel

Huizinga (1998) fasst die formalen Charakteristika von Spiel wie folgt zusammen: Spiel ist eine freie und freiwillige Aktivität. Es ist nicht ernst und nicht auf Profit ausgerichtet. Spiel ist Gegensatz zu Alltag. Es findet innerhalb bestimmter Grenzen von Zeit und Ort statt, folgt bestimmten Regeln und einem geordneten Ablauf. Spiel fördert die Gruppenbildung und

grenzt sich von der gewöhnlichen Welt durch Verkleidung oder andere Maßnahmen ab. Das Spiel ist jederzeit wiederholbar, dennoch ist der Ausgang jedes Mal ungewiss. Spannung ist ein wichtiger Aspekt von Spiel, die Spielenden werden von der Tätigkeit ganz eingenommen (Huizinga 1998, S. 10–13). Oerter (2007) formuliert vier Merkmale, die allen Spielen gemein sind: Selbstzweck (Handlung um der Handlung willen), Wechsel des Realitätsbezuges („eingebildete“ Situation), Wiederholung und Ritual (Ritual im Sinne eines festgelegten Ablaufes) sowie Gegenstandsbezug (Verwendung von Objekten, deren Funktion im Spiel beliebig neu definiert werden kann). Der Selbstzweck des Spielens offenbart sich in einem optimalen Erlebniszustand, dem Flusserlebnis oder *flow*-Zustand (Oerter 2007). Der *flow*-Zustand ist gekennzeichnet durch Konzentration auf wenige Stimuli innerhalb eines Tätigkeitsbereiches, in dem das Können durch klare Anforderungen gefordert wird. *Flow*-Erlebende berichten, dass alle Probleme vergessen werden und das eigene Identitätserleben zugunsten der Wahrnehmung von Kontrolle über die Umwelt zurücktritt (Csikszentmihalyi 1975).

Flow Erleben setzt voraus, dass die wahrgenommene Anforderung im Gleichgewicht mit den mitgebrachten Fähigkeiten steht. Da die Fertigkeiten durch wiederholte Betätigung immer besser werden, muss dementsprechend die Komplexität der Anforderung ständig erhöht werden, um weiterhin ein *flow*- Erlebnis auszulösen statt zu langweilen. Umgekehrt führt diese *flow*- Dynamik dazu, dass immer neue Herausforderungen gesucht und Fertigkeiten ständig weiterentwickelt werden. *Flow* tritt meist bei Aktivitäten auf, die klar strukturiert sind und deren Anforderungsniveau variiert werden kann, wie bei Spiel, Sport oder Kunst. Abgesehen davon hängt die Leichtigkeit, mit der ein *flow*-Erlebnis erlebt wird, auch von Persönlichkeitsmerkmalen ab, die zum Teil genetisch bedingt sind (Csikszentmihalyi 1995, S. 43–45).

2.3.2 Einteilung von Spielen

Jürgen Fritz (2004) unterscheidet drei Sachverhalte, die unter dem Oberbegriff „Spiel“ zusammengefasst werden. Diese können sowohl kombiniert als auch getrennt voneinander vorkommen. „Spiel“ bezeichnet

- eine bestimmte Form von Verhalten (Verhaltensdimension)
- eine Rahmungshandlung, die das aktuelle Geschehen von der realen Welt differenziert (Rahmungsdimension)
- ein Konstrukt aus Regeln und Verabredungen (Konstruktdimension) (Fritz 2004, S. 16, 17).

Spielerisches Verhalten ist durch ein hohes Maß an Selbstbestimmung gekennzeichnet. Spielende Menschen folgen eigenen, inneren Impulsen statt Vorgaben und

fremddefinierten Zielen. Spielerisches Verhalten wird als „anders“ und „neu“ und somit als Kontrast zu alltäglichen, formellen Handlungen erlebt. Häufig inkludiert Spiel Wagnisse oder Experimente. Ungewissheit und Spannung sind wichtige Merkmale spielerischen Verhaltens, genauso wie der Einsatz von Phantasie, Einfallsreichtum und Kreativität (Fritz 2004, S. 17, 18).

Die Rahmendimension des Spieles bezeichnet eine Entkoppelung von der realen Welt. Die Handlungen werden von Ernstcharakter, Folgenreichtum und Verbindlichkeit befreit. Die Spielwelt erlaubt die Erfüllung der momentanen Bedürfnisse und Ziele, diese sind in einem ständigen Wandel adaptierbar. Neue Welten können ausprobiert werden und die realen Gegebenheiten auch parodieren (Fritz 2004, S. 27, 28).

Durch Verabredungen, Vereinbarungen und Einbeziehung ausgewählter Materialien wird ein Spielraum geschaffen. Die Konstruktdimension oder das Spielskript entspricht dem individuell geschaffenen Drehbuch, das den Spielern als Orientierungshilfe dient. Ein konkreter inhaltlicher Rahmen, die Spielidee, bestimmt die Spielhandlung (Fritz 2004, S. 32, 75).

Spielkonstrukte können nach unterschiedlichen Kriterien in Unterkategorien eingeteilt werden. Mögliche Kriterien sind Spielmaterial (Würfel, Karten, Bausteine, ...), Handlungstypen (laufen, sprechen, denken, ...), Spielinhalte (Frieden, Fantasy, Ökologie, ...), Sozialform (Einzelspiel, Mannschaftsspiel, ...) oder Spielorientierung (Wettbewerb oder Kooperation) (Fritz 2004, S. 42). Eine Einteilung nach Anreiz ermöglicht eine trennschärfere Einteilung von Spielkonstrukten. Jürgen Fritz (2004) zählt elf verschiedene Reizquellen auf, anhand derer Spielkonstrukte klassifiziert werden können. Beispiele für Reizquellen sind „kämpfend“, „auf Glück vertrauend“, „sammelnd“, „verwandelnd“, „gestaltend“ oder „Problem lösend“. Diese Anreize sind auch in Kombination in Spielkonstrukten zu finden, so kann ein Rollenspiel zugleich „verwandelnd“ und „kämpfend“ sein (Fritz 2004, S. 44–46).



Abbildung 4: Unterschiedliche Anreize zur Einteilung von Spielkonstrukten (Siewert und Fritz 2018).

2.3.2.1 Kartenspiele

Karten- oder Brettspiele lassen sich mehreren Kategorien zuordnen. Oerter (2007) bezeichnet Kartenspiele als Mischform aus Glücksspiel und Regelspiel (Oerter 2007). Jürgen Fritz zählt Kartenspiele zu den problemlösenden Spielkonstrukten, die sich an Regeln orientieren und darüber hinaus auf Denkprozesse ausgerichtet sind. Ähnlich wie Würfel- oder Brettspiele erfordern Kartenspiele ein komplexes Problemlöseverhalten. Spieler_innen müssen die Gewinnchancen einzelner Kombinationen abschätzen, einen Überblick darüber behalten, welche Karten bereits gespielt wurden und welche noch in der Hand des Gegenübers vorhanden sind, sowie Spielzüge der Mitspieler_innen antizipieren (Fritz 2004, S. 65).

2.3.3 Abfolge von Spielformen im Laufe der kindlichen Entwicklung

Oerter (2007) beschreibt eine typische Abfolge von Spielformen im Laufe der Entwicklung eines Kindes. Das sensomotorische Spiel ist ab dem Säuglingsalter zu beobachten, es entspricht der Bewegungserfahrung und fördert die Fertigkeiten des gezielten Greifens und die Augen-Hand-Koordination. Ab Ende des ersten Lebensjahres kommt Explorationsverhalten hinzu, Gegenstände werden erforscht und neue Umgangsformen geübt. Im zweiten Lebensjahr entwickeln Kinder das Symbolspiel. Hierbei wird die Bedeutung von Gegenständen neu definiert und Akteur_in, Spielhandlungen sowie Spielgegenstände werden innerhalb eines selbstkonstruierten Realitätsrahmens zum Symbol für etwas Anderes. Bis zum Alter von vier Jahren eignen sich Kinder das Rollenspiel an, das im Austausch mit anderen Individuen stattfindet. Das Regelspiel entwickelt sich in einigen Kulturen erst im Erwachsenenalter und dient der Bewältigung gesellschaftlicher Konflikte. Regeln beruhen auf Vereinbarungen, die durch Einigung geändert werden können. Die Konstruktion und Adaption von Regeln bedarf der wechselseitigen Kooperation aller Akteur_innen. Das Verständnis für komplexe Regelspiele entwickelt sich circa ab dem Ende des Grundschulalters, zwischen dem sechsten und siebten Lebensjahr (Oerter 2007).

2.3.4 Spielen kann Dopamin freisetzen, Dopamin fördert Lernen

Aus neurobiologischer Sicht werden Informationen im Gehirn der Lernenden zunächst durch die Aktivität des Arbeits- oder Kurzzeitgedächtnisses in der präfrontalen und parietalen Großhirnrinde verarbeitet. Das Arbeitsgedächtnis verfügt über eine Kapazität von circa sieben Items. Im intermediären Gedächtnis in Hippocampus und der umgebenden Hirnrinde werden Informationen zwischengespeichert. Im Langzeitgedächtnis, das über die gesamte Großhirnrinde verteilt ist, können Informationen zwischen 30 Minuten bis zu Jahrzehnten gespeichert werden (Roth 2017).

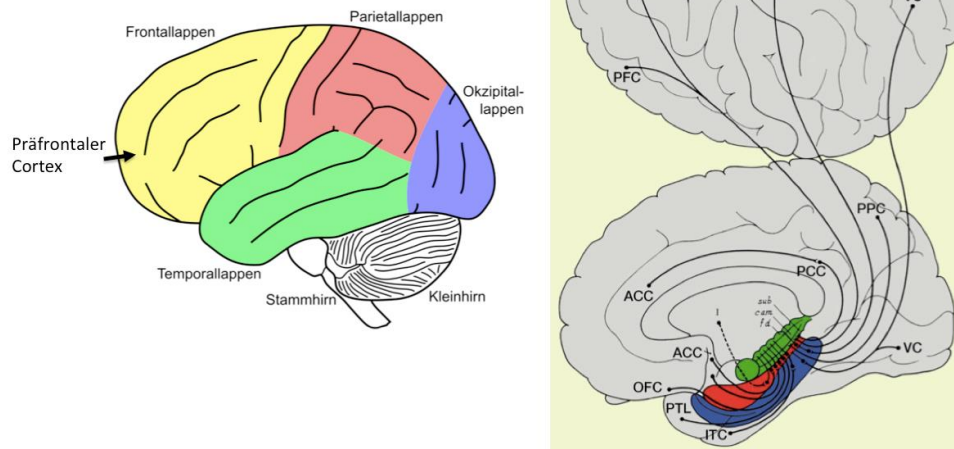


Abbildung 5: Ort von Arbeitsgedächtnisgedächtnis, Zwischenspeicher und Langzeitgedächtnis.

Links: Kurzzeit- oder Arbeitsgedächtnis. Informationen werden in der präfrontalen und parietalen Großhirnrinde verarbeitet. Rechts: Der Zwischenspeicher im Hippocampus (grün) steht mithilfe umgebender Hirnregionen (rot, blau) mit verschiedenen Arealen der Großhirnrinde, die der Langzeitspeicherung dienen, in Kontakt. Abbildung adaptiert nach (Roth 2017, S. 330) und NEUROtiker - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2650119>

Das Lern- und Gedächtnissystem wird über die Ausschüttung bestimmter Neurotransmitter stark positiv beeinflusst. Noradrenalin und Acetylcholin wirken anregend und aufmerksamkeitssteigernd, Oxytocin wirkt bindungs- und vertrauensfördernd und hirneigene Opioide sowie Dopamin aktivieren das Belohnungssystem im Gehirn (Roth 2017). Mittels Positronen- Emissions- Tomographie konnte gezeigt werden, dass im Gehirn einer Person, die ein Videospiel spielt, Dopamin ausgeschüttet wird (Koepp et al. 1998).

Wenn ein Spiel sowohl an das Vorwissen anknüpft als auch dazu in der Lage ist, einen Dopamin Ausstoß auszulösen, dann haben Lernspiele großes Potential, den Lernvorgang anzuregen.

2.3.5 Spiel in der Schule

Es gibt Befürworter und Gegner für den Einsatz von Spielen zur Vermittlung von Lerninhalten. Kritiker_innen von Lernspielen beanstanden, dass die Grundidee des Spielens durch die „Verzweckung“ verlorengeht, dass das freie Spielen außerhalb des Unterrichts erschwert wird oder die Lernenden getäuscht werden, weil die Intention des Lernens durch die spielerische Einkleidung maskiert wird (Döring 1997, S. 47, 48). Befürworter_innen des Lernspieles, wie Ulrich Baer, (1990) schreiben dem Spiel in der Schule mehrere Aufgaben zu. Spiele können der Kompensation von Schulstress und

Bewegungsmangel, der Übung und Reflexion beim Sozialen Lernen dienen oder eine schöpferische Einstellung fördern. Darüber hinaus attestiert Baer (1990) dem Spiel die Aufgabe als Motivationshilfe, die den Einstieg in schwierige Themen erleichtert (Baer et al. 1990, S. 362).

2.3.5.1 Lernspiele

Einsiedler beschreibt das Lernspiel als von freiem Spiel unabhängige Mischform, die Eigenheiten des Spieles mit Charakteristika von schulischem Lernen verbindet. Freude an der Tätigkeit und intrinsische Motivation durch den spielerischen Anteil sollen helfen, bestimmte Lernziele zu erreichen. Das Lernspiel ist verglichen mit einem Frontalunterricht oder vielen Arbeitsaufträgen eine angenehme Lernmethode für einen spezifischen Unterrichtsinhalt. Ob die Lernenden hinsichtlich der Intention getäuscht werden, hängt letztlich von der Offenlegung durch die Lehrkraft ab (Einsiedler in Döring 1997, S. 48).

Lernspiele zeigen nicht alle Merkmale, die charakteristisch für das Spiel sind. Da Unterrichtsziele klar vorgegeben sind, handelt sich um keine freie Aktivität. Das Lernspiel verfolgt mehr als nur den Selbstzweck (Forkel 2009, S. 121). Merkmale, die das Lernspiel mit dem freien Spiel teilt, sind der Wechsel des Realitätsbezuges, die Wiederholbarkeit und der Gegenstandsbezug. Die gemeinsamen Merkmale mit dem Spiel sollen sich positiv auf das Lernen auswirken. Sabine Döring (1997) legt dar, dass das Lernspiel vorrangig die Organisationsform von Unterricht beeinflusst. Durch Spieldidaktik wird die Aktivität von eher lehrkraftzentriert hin zu lernerzentriert verschoben. Das bedeutet für die Schüler_innen, dass sie weniger zuhören, lesen oder abschreiben und mehr vorbereiten, planen und – je nach Spiel – strategisch, lösungsorientiert handeln (Döring 1997, S. 30–32).

2.3.5.2 Eigentätigkeit der Lernenden ist Voraussetzung für Lernen

Nach der Erkenntnistheorie des Konstruktivismus ist das Versetzen der Lernenden in eine aktivere Position eine Grundbedingung für Lernen. Die konstruktivistische Sichtweise von Lernen sieht diesen Vorgang als aktiven, von dem Lernenden selbst gesteuerten Vorgang. Die Weitergabe von Wissen von Lehrendem zu Lernenden (Instruktion) im Sinne des Herstellens von Vorstellungen durch die Lehrperson in den Köpfen der Lernenden, ist nach dieser Betrachtungsweise nicht möglich. Der Lernende nimmt mit Hilfe von Sinnesorganen Reize aus der Umwelt auf, codiert diese in Nervenimpulsen, die an sich bedeutungsfrei sind und das Gehirn vergleicht und kombiniert diese Impulse mit bestehenden Mustern. Durch Lernen werden neue Erregungsmuster generiert, die stets auf bestehenden neuronalen Netzwerken beruhen und diese ausbauen bzw. verändern. Als Konsequenz für den Unterricht bedeutet dies, dass Lehrende die Aufgabe haben, eine anregende Lernumgebung mit Lernangeboten, die an das Vorwissen der Schüler_innen anknüpfen, zu

schaffen. Lernangebote sollen selbstbestimmte Wiederholungsdurchgänge oder variantenreiches Ausprobieren ermöglichen (Riemeier 2007).

Sturm und Bogner (2008) fanden hingegen in einer Studie mit ca. 300 bayrischen Schüler_innen im Alter von etwa 12 Jahren heraus, dass lernerzentriertes Lernen in einem Stationenbetrieb zwar die Motivation der Schüler_innen hebt, eine Instruktion durch die Lehrkraft aber höheren Zuwachs hinsichtlich der kognitiven Leistung auslöst (Sturm und Bogner 2008). Eine Testung von Randler und Bogner (2006) von ca. 500 Schüler_innen verschiedener deutscher Sekundärschulen zeigte, dass die Merkleistung von Schüler_innen, die durch Eigentätigkeit lernten, höher lag, als die durch die Lehrkraft instruierte Kontrollgruppe. Hierbei war es allerdings stark förderlich, die Anzahl der bereitgestellten Spezies auf sechs zu reduzieren (Randler und Bogner 2006). Zusammenfassend befürworteten Sturm und Bogner (2008) den Einsatz von schüler_innenzentriertem Lernen, raten jedoch zu einer inhaltlichen Reduktion, abwechslungsreichen Aufgabenstellungen und einer einführenden Instruktion. Darüber hinaus vermuten sie, dass seltener Einsatz von Lernstationen diese zu einer ungewohnten Situation macht. Angst vor unbekannten Situationen kann lernhemmend wirken. Daher empfehlen sie den häufigen Einsatz von Stationenlernen, um Schüler_innen sowie Lehrer_innen an die Situation zu gewöhnen (Sturm und Bogner 2008).

2.3.5.3 Spiele im naturwissenschaftlichen Unterricht

Im naturwissenschaftlichen Unterricht schlägt Hellen Ward (2016) Spiele als motivierende Gelegenheiten zur Aneignung von Fachvokabular und wissenschaftlicher Vorgehensweise vor (Ward 2016). Cardoso et al. (2008) entwickelten ein Brettspiel zur Vermittlung von molekularbiologischen Mechanismen während einer Immunreaktion gegen Bakterien. Eine Testung der Wissensreproduktion von 70 amerikanischen Schüler_innen im Alter von 16-19 Jahren, die den Unterricht mit und ohne Spiel erlebten, ergab um bis zu 37% verbesserte Ergebnisse für die Spielgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe. Ein Meinungsfragebogen sowie offene Interviews mit Schüler_innen, die das Spiel spielten, zeigten, dass ein Großteil der Schüler_innen das Spiel als hilfreich für das Entwickeln von Verständnis einstufte. Lehrer_innen berichteten von vermehrter Schüler_innenaktivität in Form einer ungewöhnlich hohen Teilnahme am Unterricht (Cardoso et al. 2008).

Bailey und Watson (1998) entwickelten ein Rollenspiel zur Vermittlung von ökologischen Konzepten und Begriffen wie Stoff- und Energiekreisläufe, Habitat oder Photosynthese und Atmung. Bei einer Testung von etwa 100 englischen Kinder im Alter zwischen sieben und elf Jahren erzielten die Kinder, die das Spiel spielten, um bis zu 47 % bessere Ergebnisse im Vergleich zu der Kontrollgruppe (Bailey und Watson 1998).

Spiele können auch Prüfungssituationen erleichtern. Kirikkaya et al. (2010) testeten ein Brettspiel als angstfreies Evaluationstool in naturwissenschaftlichem Unterricht. „Space Hunters“ ist für bis zu fünf Spieler_innen gemacht und testet die Wiedererkennung von Himmelskörpern im Weltall, die Verwendung von Forschungsinstrumenten und die Kenntnis von Eigenschaften von Planeten. Interviews mit 16 Lehrer_innen und 40 Schüler_innen der siebten Jahrgangsstufe verschiedener türkischer Primärschulen ergaben, dass die Verwendung eines Spieles zur Evaluation, den Schüler_innen mehr Spaß zu machen schien, und dass Geprüfte weniger Anzeichen von Angst zeigten (Kirikkaya et al. 2010).

2.4 Naturbegegnung

2.4.1 Reizqualität ist wichtig für erfahrungsbasiertes Verstehen

Nach der konstruktivistischen Erkenntnistheorie ist Lernen ein Prozess, bei dem Lernende aktiv im Austausch mit ihrer Umwelt und basierend auf Vorerfahrungen neue Verknüpfungen konstruieren. Der Austausch mit der Umwelt ist begrenzt, da unsere Sinnesorgane nur einen Ausschnitt aus der Fülle an Eindrücken erfassen können. Die Wahrnehmung ist ein Vorgang, der in mehreren Schritten abläuft und bei dem die Information mehrfach umcodiert wird. Physikalische oder chemische Eindrücke aus der Umwelt interagieren mit unseren Sinnesorganen. In diesen werden bei Reizung elektrische Impulse in Nervenzellen ausgelöst. Sowohl Schallwellen, als auch Licht oder Druck, kurzum alle erfassbaren Eindrücke aus der Umwelt werden in elektrische Impulse im Nervensystem übersetzt. Wahrnehmung entsteht schließlich im Gehirn durch Erregung bestimmter neuronaler Netzwerke. Information wird in Form bestimmter Muster gespeichert. Die Welt der Reize, die Welt der Erregung und die Welt der mentalen Erlebnisse werden aufgrund der unterschiedlichen Informationsqualität als getrennt voneinander betrachtet. Die Qualität der Reize ist dabei nicht unerheblich, da Erfahrungen die Basis des Verstehens bilden (Groß 2007, S. 9–16).

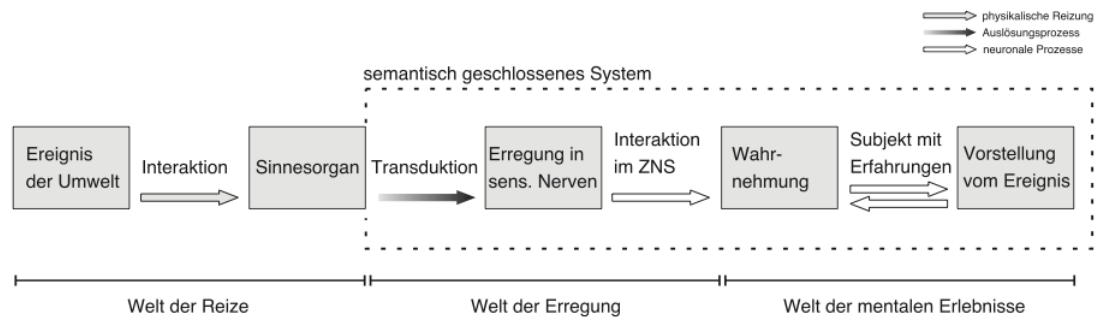


Abbildung 6: Der Weg vom Ereignis in der Umwelt zu den Vorstellungen darüber verläuft über viele Schritte (Groß 2007, S. 12)

Es macht einen Unterschied, ob ich ein an die Wand projiziertes Blatt sehe, oder ob ich ein Blatt halte und es dabei fühle, sehe, rieche und vielleicht sogar schmecke. Durch die Stimulierung mehrerer Sinnesorgane werden mehrere Nervenbahnen aktiviert. Dadurch werden im Gehirn mehrere Zentren aktiviert und die Wahrscheinlichkeit der Aktivierung oder Erweiterung bestehender Muster steigt.

2.4.2 Vermittlungsstile bei Naturbildung und deren Auswirkung auf Lernen

Ballantyne und Packer (2008) untersuchten die Umweltbildung an 23 verschiedenen australischen Naturbildungseinrichtungen. Interviews, Beobachtungen und Fragebögen von Angestellten und Besucher_innen unterschiedlichen Alters, im schulischen sowie im außerschulischen Kontext, wurden ausgewertet. Dabei wurden acht Hauptstile der Vermittlung gefunden: Untersuchung durch Besucher_innen, Präsentation durch Lehrende, erklärte Wege, Diskussion, Schauspiel oder Geschichten, Spiele, reflektierende Antworten sowie Erschließung durch Arbeitsblätter. Der Vermittlungsstil hing mit dem Alter zusammen. Je älter die Lernenden waren, desto mehr reduzierte sich die Anzahl der Vermittlungsstile und fokussierte zunehmend auf die Präsentation durch Lehrende. Die Vermittlungsstile, die die stärkste Aktivierung der Lernenden hervorriefen, waren die Untersuchung der Umwelt und Schauspiele oder Geschichten. 49 % der Befragten gaben an, dass Erfahrungen wie Sehen, Fühlen, Hören oder Handeln den Lernvorgang unterstützen, während 31 % instruktive Vermittlung wie einen Vortrag oder eine Informationstafel als hilfreich beschrieben und 20 % eine Kombination aus beidem bevorzugten. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass eine erfahrungsbasierte Vermittlung am ehesten Änderungen von Einstellung oder Verhalten hervorrief und Lerneffekte am längsten andauerten. Erfahrungsbasiertes Lernen nach Ballantyne und Packer (2008) beinhaltet Elemente wie Erkundung und Untersuchung (Lernen durch Machen), Aufenthalt in der Umwelt oder die Benutzung aller Sinne (Ballantyne und Packer 2008).

2.4.3 Vorteile von Naturbegegnung für schulisches Lernen

Als Ergebnis einer breit angelegten Literaturrecherche präsentieren Dillon et al. (2006) die nützlichen Wirkungen von Freilandpädagogik in der Schule. Exkursionen blieben bei 96 % der Befragten jahrelang in Erinnerung. Der Aufenthalt in der Natur führte bei verschiedenen Untersuchungen zu einer positiven Einstellungsänderung gegenüber der Umwelt, zu Verhaltensänderungen aber auch zu allgemeiner Leistungsverbesserung in der Schule. Dillon et al. empfehlen direkte Berührung und Interaktion mit Wildpflanzen und –tieren als effektive Lernstrategie zur Aneignung von Umweltwissen. Die Autoren verdeutlichen, wie wichtig die Vor- und Nachbereitung für das Gelingen des Lernerfolges von Freilandexkursionen ist. Empfohlen wird die Berücksichtigung von Vorwissen der Lerner_innen, deren mögliche Ängste oder Phobien, aber auch die Anregung verschiedener Lernstile (Dillon et al. 2006). Rickinson et al. (2004) entnehmen der Literatur, dass Exkursionen sich positiv auf eine langfristige Erinnerung, Sozialkompetenzen und Lernen auswirken. Wenn affektive und kognitive Eindrücke sich gegenseitig verstärken, kann tieferes Lernen stattfinden (Rickinson et al. 2004). Uitto et al. (2006) berichten, dass Naturerleben außerhalb des Klassenraumes sich nicht nur positiv auf das Lernen im Klassenzimmer auswirkt, sondern darüber hinaus zu einem vermehrten Aufenthalt in der Natur während der Freizeit führen kann (Uitto et al. 2006).

Eine Studie mit ca. 500 deutschen Schüler_innen aus Gymnasien oder Mittelschulen zeigte, dass schon das Bereitstellen von Stopfpräparaten gemeinsam mit einer Bestimmungslektüre im Vergleich zu einem Lehrervortrag ein stärkeres Gefühl von Selbstbestimmung und bessere Testergebnisse bewirkte. Vor allem dann, wenn die Anzahl der Präparate auf sechs reduziert wurde, konnten Schüler_innen der Interventionsgruppe in einem Test sechs bis acht Wochen nach dem Lernerlebnis wesentlich mehr Arten korrekt identifizieren als die Kontrollgruppe (Randler und Bogner 2006).

Wang et al. (2004) befragten in Singapur ca. 300 Schüler_innen im Alter von 12 – 16 Jahren im Zusammenhang mit einem Freilandkurs nach Zufriedenheit und Wahrnehmung von Selbstregulation. Sie stellten fest, dass intrinsische Motivation während des Kurses die Zufriedenheit erhöhte. Es wird davon abgeraten, Jugendliche zur Teilnahme an Freilandkursen zu zwingen und empfohlen, Schüler_innen in die Planung miteinzubeziehen, das hinter dem Kurs liegende Ziel zu offenbaren und positive Emotionen zu fördern (Wang et al. 2004).

2.4.4 Wichtigkeit von Vorbereitung einer Naturbegegnung

Orion und Hofstein (1994) geben zu bedenken, dass ein zu hoher Neuigkeitswert bei eintägigen Exkursionen sich negativ auf den Lernerfolg auswirkt. Sie untersuchten Einstellung, Wissen und Lernart bei ca. 300 israelischen Schüler_innen im Zuge einer

eintägigen Geologie-Exkursion mit unterschiedlicher Vor- und Nachbereitung. Schüler_innen, die sich unmittelbar vor der Exkursion mit dem benötigten Wissen, den örtlichen Gegebenheiten und dem genauen Ablauf vertraut machten, zeigten signifikant höhere Leistung und positivere Einstellungen. Um den Neuigkeitswert des vor Ort eingesetzten Wissens zu minimieren, wurde ein Workshop durchgeführt, in dem die Schüler_innen Materialien, Forschungsmethoden und die benötigten Instrumente kennenlernten sowie relevante Phänomene in Modellversuchen untersuchten. Um den Neuigkeitswert eines noch nie besuchten Ortes zu reduzieren, wurde die Umgebung den Lernenden anhand von Kartenarbeit, Bildern oder Videos nähergebracht. Eine detaillierte Beschreibung des Ablaufes der Exkursion, inklusive zugrundeliegendem Zweck, Anforderungen, Dauer von Arbeitszeit und Pausen, oder Wetter, zielten darauf ab, einen positiven Effekt auf das psychologische Wohlbefinden zu bewirken (Orion und Hofstein 1994). Je vertrauter die Umgebung, die Forschungsobjekte und der Ablauf sind, desto eher kann sich Lernen auf die von Lehrenden intendierte Lernsituation konzentrieren.

Auch Berry (2006) hebt die Wichtigkeit von Vorbereitung für das Gelingen einer Naturbegegnung als optimale Art des Lernens über die Natur hervor. Er gibt wertvolle Tipps für die Gestaltung, Betreuung und den wiederkehrenden Besuch von natürlichen Lernzonen innerhalb des Schulareales. Berry (2006) bemerkte, dass das Protokollieren ein Aspekt des Lernens ist, der Lernende häufig wenig anspricht. Klarheit über den Zweck einer Ergebnissicherung, Verwendung der Ergebnisse im weiteren Lernverlauf und das Kennenlernen von verschiedenen Protokollarten (Tabelle, Phototagebuch,) kann die Einstellung von Lernenden bezüglich Ergebnissicherung verbessern (Berry 2016).

Diese theoretischen Hintergründe zeigen einerseits, wie herausfordernd die Vermittlung von Pflanzenwissen ist, andererseits, wie Lernen gezielt durch Maßnahmen, die Entstehung von Motivation und Interesse fördern, positiv beeinflusst werden kann.

3 Zielsetzung und Forschungsfrage

3.1 Zielsetzung

Im Zuge dieser Arbeit soll ermittelt werden, wie sich die Auseinandersetzung mit dem Thema „pflanzliche Abwehrmechanismen“ durch das Kartenspiel „HerbiWars“ auf die Art der motivationalen Regulation, die Wahrnehmung von Pflanzen als Lebewesen und das Interesse an Pflanzen von Lernenden auswirkt.

Drei Schullassen beschäftigten sich auf drei verschiedene Arten mit den gleichen Inhalten:

- Gruppe KF (Karten und Freiland) beschäftigte sich im Freiland anhand des Spieles mit Abwehrmechanismen von Pflanzen.
- Gruppe F (Freiland) ging ohne das Spiel ins Freiland und wurde mit Hilfe eines Arbeitsblattes durch die Aufgaben geführt. Anschließend wurden die gewonnenen Erkenntnisse durch Präsentationen im Plenum gefestigt.
- Gruppe K (Karten) blieb in der Schule und spielte das Kartenspiel unter Zuhilfenahme des Internets und mithilfe von Pflanzen, die im Biologiesaal zur Verfügung gestellt wurden.

Es wurde darauf geachtet, dass die theoretischen Inhalte sowie die Dauer der Unterrichtssequenzen ident sind.

3.2 Hypothesen

Es liegen die Annahmen zugrunde, dass sich sowohl die spielerische Auseinandersetzung mit dem Thema als auch der Aufenthalt im Freiland positiv auf die intrinsische Motivation auswirken. In weiterer Folge wird vermutet, dass höhere intrinsische Motivation sich positiv auf Merkleistung, Interesse an Pflanzen sowie Wahrnehmung von Pflanzen als Lebewesen auswirkt.

H1: Lernende der Gruppe KF empfinden eine höhere intrinsische Motivation bei dieser Lerngelegenheit als Lernende der Gruppen K und F.

H2: Lernende der Gruppe K empfinden eine höhere intrinsische Motivation bei dieser Lerngelegenheit als Lernende der Gruppe F.

H3: Lernende der Gruppe KF zeigen nach der Aktivität das höchste Interesse an Pflanzen.

H4: Lernende der Gruppe K zeigen nach der Aktivität höheres Interesse an Pflanzen als Gruppe F.

H5: Lernende der Gruppe KF ordnen Pflanzen eher als Lebewesen ein als Lernende der Gruppen K und F.

H6: Lernende der Gruppe K ordnen Pflanzen eher als Lebewesen ein als Lernende der Gruppe F.

H7: Lernende der Gruppe KF können einige Wochen nach der Unterrichtsreihe mehr Abwehrmechanismen von Pflanzen nennen als die Vergleichsgruppen K und F.

H8: Lernende der Gruppe K können einige Wochen nach der Lerneinheit mehr Abwehrmechanismen aufzählen als Lernende der Gruppe F.

4 Untersuchungsplanung und -design

4.1 Einbettung in den Lehrplan

Das Spiel HerbiWars gibt Gelegenheit „*die Bedeutung der Pflanzen für die Existenz des Lebens auf der Erde*“ zu erkennen und zu vertiefen (Lehrplan der 3. Klasse Unterstufe AHS). Darüber hinaus lassen sich im Zuge der Unterrichtssequenz und ihrer Nachbereitung ökologische Grundbegriffe wie „*biologisches Gleichgewicht, Nahrungsbeziehungen, ökologische Nische*“ (Lehrplan der 1., 2., 3. und 4. Klasse Unterstufe AHS) sowie „*Produzent – Konsument – Destruent*“ (Lehrplan der 2., 3. und 4. Klasse Unterstufe AHS) erarbeiten. In der AHS-Oberstufe lässt sich das Spiel in die Thematik „*Bau, Fortpflanzung und Lebensweise pflanzlicher Organismen*“ (5. Klasse Oberstufe AHS) einbetten (BMBWF 2019).

HerbiWars lässt sich somit in verschiedenen Schulstufen in den österreichischen Lehrplan integrieren.

4.2 Zugrundeliegende Sachanalyse: Abwehrmechanismen von Pflanzen

Pflanzen sind als fotoautotrophe Lebewesen dazu in der Lage, die Energie der Sonne zu nutzen, um aus anorganischen Stoffen Biomasse aufzubauen. An Land bilden sie die Ernährungsgrundlage für heterotrophe Lebewesen wie die meisten Tiere, Pilze, einige Bakterien und zum Teil sogar für andere Pflanzen (Mortimer und Müller 2003, S. 510; Walters 2011, S. 1). Lebewesen, die sich von Pflanzen ernähren, werden als Herbivore bezeichnet.

Pflanzen sind aber kein inertes „Buffet“, sondern Lebewesen, die als Antwort auf Verletzung Mechanismen zum Schutz und zur Abwehr entwickelt haben. Die Koevolution von Blütenpflanzen und Herbivoren über einen Zeitraum von mehr als 135 Millionen Jahren hat eine Vielzahl von wechselseitigen Anpassungen sowie Abwehrmechanismen hervorgebracht (Schaller 2002).

Resistenzfaktoren können nach Wirkmechanismus in mechanische, chemische und biologische Abwehr eingeteilt werden. Diese Kategorien können weiter nach Dauer in konstitutive und induzierbare Resistenz oder nach Unmittelbarkeit in direkte oder indirekte Abwehrmechanismen untergliedert werden (Schaller 2002). Darüber hinaus reagieren manche Pflanzen auf Fraß mit verstärktem Wachstum und gesteigerter Vermehrung (Walters 2011, S. 11). Pflanzen investieren in eine große Bandbreite an Abwehrmechanismen, die sich zum Teil spezifisch gegen einzelne Gruppen an Konsumenten wie Bakterien, Pilze, Nematoden, Insekten oder Vertebraten richten (Walters 2011, S. 15). Im Folgenden werden vorrangig Mechanismen behandelt, die Insekten und

Vertebraten abwehren, da das Kartenspiel HerbiWars im Zuge einer didaktischen Reduktion vor allem diese Herbivoren herausstellt. Vertebraten und Insekten sind Schüler_innen aus dem Alltag gut bekannt, auf diese Weise ist eine Anknüpfung an Vorwissen aus der Erfahrungswelt möglich.

4.2.1 Konstitutive und induzierte Abwehr

Abwehrmechanismen können konstitutiv (dauernd) oder induziert (als Reaktion auf Verletzung) ausgebildet werden (Schaller 2002). Abwehrstoffe, die ständig vorhanden sind, werden auch Phytoanticipine genannt, während Moleküle, die als Antwort auf Verletzung gebildet werden, als Phytoalexine bezeichnet werden (Walters 2011, S. 18). Die Verholzung durch Lignin ist ein Beispiel für konstitutive Abwehr. Die Expression von Proteinase-Inhibitoren, die die Verdauungsenzyme von Herbivoren hemmen, ist ein Beispiel für induzierte Abwehr (Schaller 2002).

Um auf Fraß reagieren zu können, muss dieser zunächst erkannt werden. Zu diesem Zweck sind in Pflanzenzellen pattern-recognition receptors (PRRs) vorhanden. Diese Moleküle erkennen bestimmte molekulare Muster, die typisch für bestimmte Klassen von Heterotrophen sind. Bei Erkennung von, beispielsweise, Chitin wird eine Immunantwort spezifisch gegen Pilze gestartet. Alarmsignale, die durch Erkennung von Eindringlingen bzw. Schädlingen hervorgerufen werden, können auch auf benachbarte Zellen, in entfernte Teile der Pflanze und sogar auf benachbarte Pflanzen übertragen werden (Walters 2011, S. 25). Bei *Solanum lycopersicum* (Paradeiser) wurde gezeigt, dass bei Verwundung Systemin, ein kleines Protein aus 18 Aminosäuren, aus einem Vorläuferprotein freigesetzt wird. Dieses kleine Protein wird durch das Phloem auch in entfernte Teile der Pflanze transportiert und reguliert die Genexpression von „systemic wound response proteins“ (SWRPs), wie zum Beispiel Proteinase-Inhibitoren, hoch (Schaller 2002; Schopfer und Brennicke 2016, S. 436).

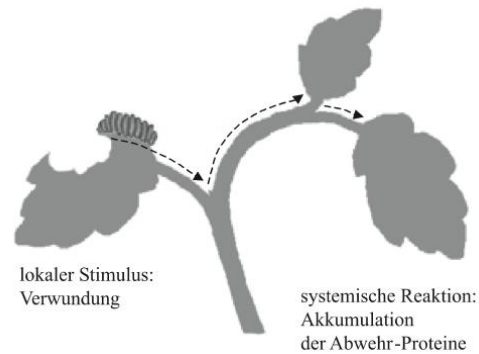


Abbildung 7: Systemische Immunantwort in *Solanum lycopersicum*.

Durch lokale Verwundung wird das kleine Protein Systemin freigesetzt, das auch in entfernten Teilen der Pflanze die Expression von Abwehrproteinen hochreguliert (Schaller 2002, S. 146).

Die Information über Fraß oder Befall von Pathogenen wird durch grüne Blattduftstoffe (green leaf volatiles, GLVs) an benachbarte Pflanzen übermittelt. GLVs werden bei Verletzung des Blattes durch Oxidation von Lipiden frei. Es gibt ein breites Spektrum an GLVs, vorwiegend aus kurzkettigen (C_6) Aldehyden, Alkoholen und deren Estern. Sie variieren je nach Pflanzenart, aber auch mit dem betreffenden Schädling (Walters 2011, S. 57–58). So können Pflanzen in der Umgebung bereits vor dem Befall eine entsprechende Abwehr vorbereiten.

Der Übergang zwischen konstitutiver und induzierter Abwehr ist oft fließend. So wird Lignin sowohl konstitutiv in Zellwände eingelagert als auch bei Bedarf hochreguliert. Dies kann auch mit programmiertem Zelltod einhergehen, der eine weitere Verbreitung von Pathogenen durch Entzug der Lebensgrundlage verhindert (Schopfer und Brennicke 2016, S. 526, 629). Ein weiteres Beispiel dafür sind die Brennhaare der Brennnessel, die einerseits ständig an der Pflanze vorhanden sind, bei Beweidung aber in höherer Dichte an der Pflanzenoberfläche gebildet werden (Pullin und Gilbert 1989).

4.2.2 Mechanische Abwehr

Unter mechanischer Abwehr werden Hindernisse, die den Zugang zu den Nährstoffen der Pflanze erschweren, zusammengefasst. Beispiele dafür sind die Auflagerung von Wachsen und dem hydrophoben Makromolekül Cutin, die Einlagerung von Lignin (Verholzung), Suberin (Kork) oder Kieselsäure in Zellwände, aber auch Dornen, Stacheln und Trichome (Haare). Die Wirkung der Hindernisse hängt hierbei zum Teil von der Größe des betroffenen Herbivoren ab. So verletzen Dornen oder Stacheln große Herbivore, wie ein Reh, im Maul, während eine Laus darüber klettert. Härchen hingegen stören das Reh beim Fressen wenig, sind aber stark hinderlich für einen kleinen Pflanzenfresser wie die Laus (Schaller 2002; Walters 2011, S. 17).

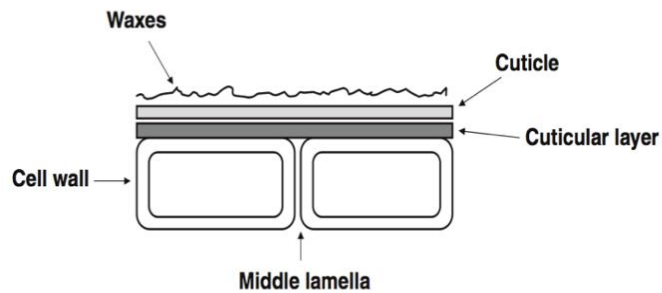


Abbildung 8: Mechanische Abwehr gegen verschiedene Angreifer

Links: Querschnitt durch ein Blatt. Gezeigt werden verschiedene Barrieren einer Blattoberfläche gegen Eintritt von Mikroben. Verändert aus (Walters 2011, S. 17). Mitte: Härchen hindern kleine Fresser wie Läuse. Rechts: Stacheln behindern große Herbivore. Mitte und rechts eigene Bilder.

4.2.3 Chemische Abwehr

Pflanzen stellen neben Produkten des Primär- oder Grundstoffwechsels wie Zuckern, Aminosäuren, Fettsäuren und Lipiden auch Moleküle her, die für den zellulären Stoffhaushalt nicht essentiell sind. Durch den sogenannten Sekundärstoffwechsel werden Produkte erzeugt, die zwar nicht für jede Zelle, aber für das Überleben des gesamten Organismus von Bedeutung sind (Schopfer und Brennicke 2016, S. 354). Von Bedeutung für die Abwehr von Herbivoren sind hierbei vor allem die Stoffklassen der Terpenoide, Phenole sowie stickstoffhaltige organische Verbindungen (Walters 2011, S. 19).

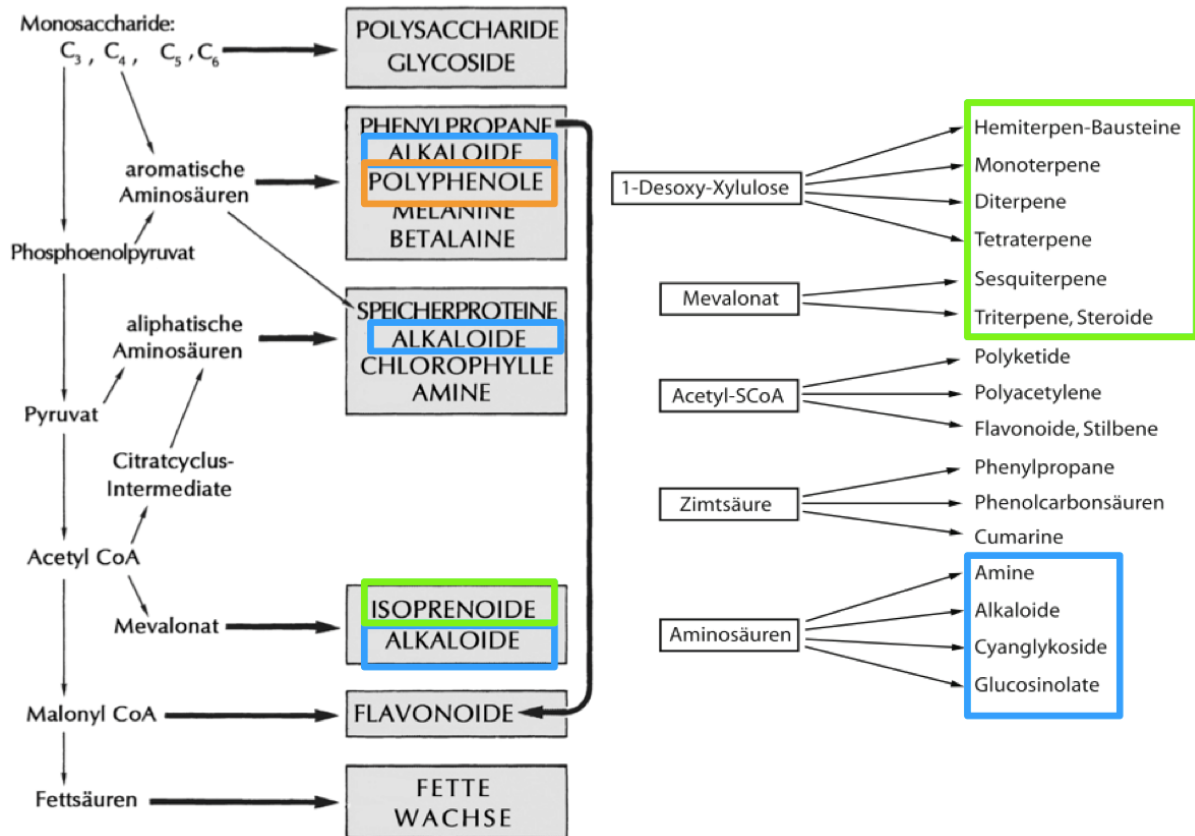


Abbildung 9: Übersicht über die Ableitung sekundärer Pflanzenstoffe aus dem Primärstoffwechsel
 Farbliche Hervorhebung von Abwehrstoffklassen: grün: Terpenoide, orange: Phenole, blau: stickstoffhaltige organische Verbindungen. Links: (Schopfer und Brennicke 2016, S. 357). Rechts: (Hänsel 2010, S. 12)

4.2.3.1 Terpenoide

Terpene und davon abgeleitete Terpenoide werden aus Monomeren von Isopentenylpyrophosphat (IPP) oder dem Isomer Dimethylallylpyrophosphat (DMAPP) aufgebaut (Sharkey und Yeh 2001). Je nach Anzahl und Art der Verknüpfung werden Monoterpene ($C_{10}H_{16}$), Sesquiterpene ($C_{15}H_{24}$), Diterpene ($C_{20}H_{32}$), Triterpene ($C_{30}H_{48}$), Tetraterpene ($C_{40}H_{64}$) sowie Polyterpene $(C_5H_8)_n$ unterschieden (Schopfer und Brennicke 2016, S. 369).

Terpene sind Bestandteil von **ätherischen Ölen**, Harzen, **Bitterstoffen**, Kork, **Milchsäften**, Oberflächenbeschichtungen oder Pigmenten. Monoterpene sind oft flüchtig und häufig Bestandteil von ätherischen Ölen. Einige Vertreter weisen eine gezielt **insektizide Wirkung** auf; Pyrethrine beispielsweise wirken auf das Nervensystem von Insekten nicht aber auf das von Säugetieren. Für Campher (alltagssprachlich Kampfer) wurde eine fraßhemmende Wirkung bei Rotwild oder Wühlmäusen gezeigt. Sesquiterpene sind oftmals Bestandteil von ätherischen Ölen, ihre Lactone wirken fraßhemmend und zum Teil stark **giftig** sowohl auf Insekten als auch auf Vertebraten. Bei Vertebraten konnte eine allergieauslösende Wirkung einiger Sesquiterpene festgestellt werden. Einige Pflanzen

stellen ein Bouquet an Mono- und Sesquiterpenen her und lagern diese in Trichomen. Diterpene können eine toxische, reizende oder krebsfördernde Wirkung aufweisen. Triterpene zeigen zum Teil **bitteren Geschmack** und halten Insekten vom Fraß ab. Davon abgeleitete Saponine wirken häufig hämolytisch bei Vertebraten und rufen Blähungen bei Wiederkäuern hervor. Des Weiteren zählen **Steroidhormone** zu dieser Stoffklasse. Phytoecdysone binden an den Rezeptor von Ecdyson, einem Hormon, das die Häutung einiger Arthropoden reguliert. Dadurch wird eine normale Insektenentwicklung gestört, dies kann zum Tode führen. Miroestrol bindet an den Östrogenrezeptor von Vertebraten (Walters 2011, S. 50, 51, 62 und 63).

Der Hopfen (*Humulus lupulus*) schützt seine Zapfen mit einem Gemisch aus Bitterstoffen und ätherischen Ölen (Hänsel 2010, S. 973). Neembaumölextrakte enthalten besonders viel Azadirachtin, ein Phytoecdyson. Es wird kommerziell als Schädlingsbekämpfungsmittel eingesetzt (Hänsel 2010, S. 89, 206). Das Maiglöckchen (*Convallaria majalis*) enthält herzwirksame Steroidglykoside (Hänsel 2010, S. 918). Diese Verbindungen wirken spezifisch auf das Herz von Warm- und Kaltblütern. Bei höheren Dosen führt eine Blockade des Reizleitungssystems zu Herzrhythmusstörungen und schließlich zum Tod durch Herzstillstand (Hänsel 2010, S. 911).

Unter den Polyterpenen richtet sich der zähflüssige **Milchsaft** speziell gegen Arthropoden, er verklebt ihre Mundwerkzeuge und führt zum Tod durch Verhungern. Häufig werden die klebrigen Milchsäfte jedoch mit giftigen Chemikalien kombiniert und wirken sich dann auch gegen Vertebraten (Walters 2011, S. 46; Schopfer und Brennicke 2016, S. 369). Wolfsmilchgewächse (*Euphorbiaceae*) synthetisieren aus Steroiden häufig Cardenolide, diese inhibieren Na⁺ und K⁺ aktivierte ATPasen, unter anderem eine ATPase im Herz. Der Verzehr führt zu Herzversagen bei Säugetieren. Cardenolide schmecken allerdings bitter; Pflanzen, die diese Substanzen enthalten werden daher normalerweise von Weidevieh nicht verzehrt (Walters 2011, S. 62).

4.2.3.2 Phenole

Pflanzen synthetisieren eine breite Palette an Phenolen aus der Aminosäure Phenylalanin. Das Spektrum reicht von einfachen Verbindungen wie Phenol, über komplexere Anthocyane bis zu Polyphenolen wie den Tanninen. Da viele dieser Verbindungen auch für die Pflanze selbst giftig sind, werden sie zum Teil mit Zucker konjugiert. Diese Glycoside werden in der Vakuole gespeichert. Auch die Wirkungen dieser Moleküle sind vielfältig. Einfache Phenole bzw. deren Glycoside wie Pinosylvin oder Salicin wirken z.T. aufgrund ihres **Geschmackes** oder **Geruches abschreckend**. Die etwas komplexeren Isoflavone haben **hormonaktive Wirkung** bei Vertebraten; übermäßiger Verzehr von Klee (*Trifolieae*) kann zu Unfruchtbarkeit von Schafen führen. Anthocyane sind glycosylierte Phenole und

bewirken eine starke Färbung der Pflanzenteile, in denen sie gelagert werden. Dies kann einerseits als Locksignal fungieren, welches beispielsweise Vertebraten die Reife von Früchten signalisiert, andererseits ein Warnzeichen sein. Das Hypericin der Johanniskräuter (*Hypericaceae*) gehört zu den Polyphenolen, es hat **allergene** sowie **phototoxische** Wirkung (Walters 2011, S. 59–62).

Tannine sind bezüglich des Polymerisationsgrades eine heterogene Gruppe, mit Molekulargewichten zwischen 500 und 3000 Dalton (Hänsel 2010, S. 1159). Tannine binden unspezifisch an Proteine und führen zu Aggregation. Diese Eigenschaft wurde früher zur Konservierung von Tierhäuten genutzt (Gerbstoffe). Da sie auch zu Schädigung der Pflanzenzelle führen würden, werden diese Moleküle in der Vakuole gelagert oder mit Wachsen außerhalb der Zelle abgelagert. Bei Herbivoren interferieren Tannine mit Glycoproteinen im Speichel, sie wirken **adstringierend** und **schmecken bitter**. Darüber hinaus **inhibieren** sie **Verdauungsenzyme** und machen somit das Pflanzenmaterial unverdaulich (Hänsel 2010, S. 1166; Walters 2011, S. 62). Gallen von einigen Eichen (*Quercus*) enthalten bis zu 75% Tannin (Hänsel 2010, S. 1167).

Auf Insekten ist das Wirkspektrum von Phenolen ebenfalls sehr divers. Einige werden zur Wirtspflanzenerkennung genutzt und fördern somit Fraß, andere sind giftig und fungieren als Abwehrstoffe (Walters 2011, S. 53).

4.2.3.3 Stickstoffhaltige organische Verbindungen

Stickstoffhaltige Sekundärmetabolite von Pflanzen werden aus Basen der Nucleinsäuren oder Aminosäuren synthetisiert. Diese Gruppe umfasst beispielsweise Alkaloide, cyanogene Glykoside und Senfölglycoside (Hänsel 2010, S. 52).

Die Gruppe der Alkaloide umfasst ca. 10 000 verschiedene Substanzen, und wird unter den Pflanzen vorrangig von Bedecktsamern hergestellt. Alkaloide inhibieren verschiedene, ubiquitäre, lebensnotwendige Vorgänge in Zellen, wie z.B. Replikation, Transkription, Proteinsynthese oder Membranstabilität. Einige binden an Rezeptoren von Neurotransmittern von Tieren (Hänsel 2010, S. 1228). Berühmte Beispiele für Alkaloide sind Morphin, Cocain, Strychnin, Nikotin oder das Toxin Colchicin der Herbstzeitlose (*Colchicum autumnale*) (Hänsel 2010, S. 1220, 1223). Alkaloide werden in Pflanzen an besonders schützenswerte Stellen, wie junge Blätter, Blüten oder unreife Früchte transportiert (Walters 2011, S. 63; Schopfer und Brennicke 2016, S. 357). Alkaloide können als Salze in der Vakuole gelagert werden, sind oft aber auch in Milchsafschläuchen gespeichert wie beim Schlafmohn (*Papaver somniferum*) (Hänsel 2010, S. 95, 99).

Aus cyanogenen Glycosiden wird durch enzymatische Spaltung Blausäure (HCN) freigesetzt. Da Blausäure auch für die Pflanze stark giftig ist, werden Ausgangsprodukte in

der Vakuole gelagert und Enzyme, die diese umwandeln, im Zytoplasma. Wird die Vakuole z.B. durch Fraß verletzt, kann die Reaktion katalysiert werden. Blausäure inhibiert die Zellatmung (Walters 2011, S. 63).

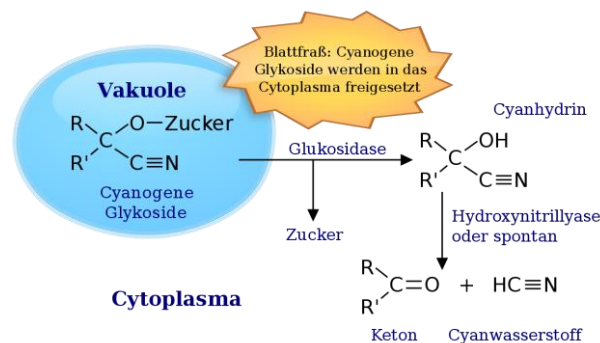


Abbildung 10: Cyanogene Glykoside und Enzyme werden in verschiedenen Zellkompartimenten gelagert (DooFi 2008).

Nach dem gleichen Prinzip funktioniert das Senfölglycosid-Myrosinase-System von Kreuzblütlern wie der Knoblauchsrauke (*Alliaria petiolata*). Werden durch Verletzung der Vakuole Senfölglycoside mit dem Enzym Myrosinase vereint, werden Senföle und Nitrile frei. Diese sind für einige Insekten **unschmackhaft** und/oder **giftig** (Walters 2011, S. 53). Unterschiedliche Verteilung von Senfölglycosiden dürfte ursächlich für charakteristische Fraßmuster von Insekten sein (Shroff et al. 2008).

4.2.4 Biologische Abwehr

Manche Pflanzen setzen bei Fraß niedermolekulare, flüchtige Substanzen frei, die Fraßfeinde der Fressenden anlocken. Dabei können Pflanzen zwischen verschiedenen Herbivoren unterscheiden und mittels speziellen „Duftcocktails“ die passenden Karnivoren anlocken (siehe Abbildung 11). Der Speichel der Schmetterlingsraupe *Spochoptera exigna* enthält die Substanz Volicitin. Durch einen speziell auf diese Raupenart abgestimmten Signalkomplex wird die Bildung und Freisetzung von einer maßgeschneiderten Mischung an flüchtigen Terpenoiden und Indolen initiiert. Diese Lockstoffmischung wird von der Schlupfwespe *Cotesia marginiventris* erkannt. Sie legt ihre Eier in die Raupen ab und die Raupen werden von innen aufgefressen (Schopfer und Brennicke 2016, S. 639, 640).

Pflanzen verfügen über eine breite Palette an Lockstoffen. Die einzelnen Duftstoffe gehören zu verschiedenen Stoffklassen, unter anderem zu niedermolekularen Terpenoiden oder zu den grünen Blattduftstoffen (C_6 - Alkohole, - Aldehyde) (Beck 2005).

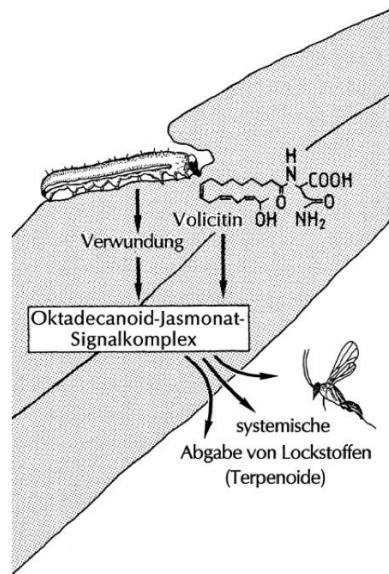


Abbildung 11: Pflanzen erkennen ihre Angreifer und locken die richtigen Räuber an (Schopfer und Brennicke 2016, S. 640).

Einige Pflanzenarten gehen auch dauerhaftere Beziehungen zu ihren Beschützern ein. Bei einer Beziehung namens Myrmekophilie bieten Pflanzen Ameisen Zucker an und werden im Gegenzug von den Ameisen gegen Schädlinge geschützt (Nieuvenhuis in Hetschko 1908). Ráthay (1882) beobachtete Insektenbesuch an extrafloralen Nektarien bei verschiedenen Pflanzenarten. Er beschreibt extraflorale Nektarien als je nach Pflanzenart unterschiedlich geformte Organe, die süßliche Pflanzensekrete absondern. Bei den Flockenblumen (*Centaurea montana* und *C. cyanus*) tritt zuckerhaltiges Sekret aus den Hüllblättern aus, bei den Wachtelweizen (*Melampyrum nemorosum* und *M. arvense*) platzen Trichome an der Unterseite der lebhaft gefärbten Hochblätter und geben Nektar frei und bei verschiedenen Vertretern der Gattung *Prunus* finden sich Nektar absondernde „Wärzchen“ am Blattstiel (Ráthay 1882, S. 29–35). Hetschko (1908) findet bei verschiedenen *Vicia*-Arten neben Ameisen verschiedene geflügelte Insekten und bemerkt, dass besonders häufig von Ameisen besuchte Jungpflanzen von *Vicia faba* einen sehr geringen Schädlingsbefall aufweisen (Hetschko 1908).

4.2.5 Rasches Wachstum und schnelle Vermehrung

McNaughton (1979) erforschte den Einfluss von Beweidung auf die Nettoprimärproduktion von Gräsern im Serengeti-Nationalpark. Er veranlasste temporäre und permanente Einzäunungen während der Weidesaison von Huftierherden (Zebra, Gnu). Ein Vergleich der Nettoproduktivität pro Tag zwischen beweideten und eingezäunten Flächen ergab, dass eine moderate Beweidung ein bis zu doppelt so starkes Wachstum der Gräser stimulierte (siehe Abbildung 12). Einige Pflanzenarten wie das Süßgras *Andropogon*

greenwayi waren besonders gut an Beweidung angepasst und wurden in Bereichen, die mehrere Jahre lang eingezäunt waren, von anderen Arten verdrängt. In einem Laborexperiment schnitt McNaughton (1979) Klone der Serengeti-Segge *Kyllina nervosa* in einer Höhe von 2, 4 oder 6 cm in unterschiedlichen Intervallen zwischen einem halben und 19 Tagen. Er fand optimales Wachstum bei täglicher Beschneidung auf 4 cm (McNaughton 1979).

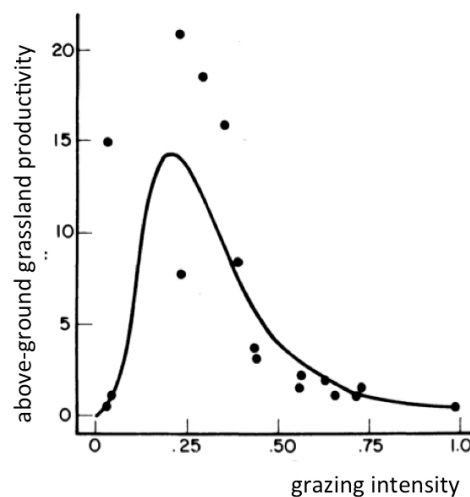


Abbildung 12: Moderate Beweidung erhöht die Nettoproduktivität von Gräsern der Serengeti.

Adaptiert aus (McNaughton 1979).

McNaughton (1979) erklärt die Erhöhung der Produktivität einer Pflanze aufgrund von Fraß durch mehrere Faktoren. Durch Beweidung werden ältere Pflanzenteile, die nicht mehr die volle Photosyntheseleistung erbringen, entfernt, gleichzeitig werden bodennahe Blätter weniger beschattet. In beweideten Pflanzen regen Hormone die Zellteilung an und bewirken so schnelleres Blattwachstum und Ausläuferbildung. Darüber hinaus berichtet McNaughton (1979) von Substanzen im Speichel von Herbivoren, die das Wachstum fördern. Er weist darauf hin, dass es sich bei der Interaktion zwischen den Pflanzenfressern und den Gräsern nicht um eine Symbiose handelt, da die Ausbildung von Blüten bei beweideten Gräsern stark herabgesetzt war und ihnen somit ein reproduktiver Nachteil entstand (McNaughton 1979).

Paige (1992) hingegen fand, dass das Sperrkrautgewächs *Ipomopsis aggregata* auch unter starker Beweidung nicht nur verstärktes Wachstum, sondern auch erhöhte reproduktive Fitness zeigte. Über einen Zeitraum von fünf Jahren verglich der Forscher von Maultierhirsch und Elch beweidete, nicht angebissene, sowie geschnittene Pflanzen in der Prärie Arizonas, nahe des „Hart Prairie Reserve“-Naturschutzgebietes. Er stellte fest, dass, wenn bis zu 95 % der oberirdischen Biomasse (72 % der gesamten Biomasse) durch Beweidung entfernt wurde (also mehr als moderate Begrasung), sowohl die vegetative, als auch die reproduktive Produktion der Pflanzen stieg. Nicht nur die oberirdischen Teile der

Pflanzen regenerierten sich rasch, auch die Wurzelsysteme der beweideten Pflanzen waren bis zu 107 % größer als bei der ungegessenen Kontrollgruppe. Trotz raschen Wachstums (nach vier Wochen war die Wuchshöhe von unbeweideten und beweideten Pflanzen nicht mehr voneinander zu unterscheiden) zeigten die Pflanzen keine Verzögerung bei Blüte oder Reifung der Früchte. Beweidete Exemplare produzierten sogar bis zu dreimal mehr Blüten und mehr als doppelt so viele Früchte. Die Entfernung der einzelnen Infloreszenz führte zu Bildung von meist fünf neuen Blütenständen aus seitlichen Knospen. Es wurden keine signifikanten Unterschiede in Anzahl oder Masse der Samen pro Frucht gefunden (Paige 1992).

4.2.6 Kombination und Abstimmung von Abwehrmechanismen

Da Pflanzen mit einer Vielzahl an sehr unterschiedlichen Fraßfeinden wie Bakterien, Pilzen, Insekten, Nematoden oder Vertebraten konfrontiert sind, kombinieren sie verschiedene Abwehrmechanismen.

Die Brennhaare der Brennnessel (*Urtica dioica*) vereinen mechanische Abwehr mit chemischer Abwehr. Die feinen Härchen sind mechanische Barrieren für kleine Herbivore, wie Läuse. Große Herbivore oder Omnivore, wie Menschen, brechen die hohlen Trichome ab, die dann als Injektionskanüle fungieren und ihren reizenden Inhalt in die Haut der Angreifer injizieren (Schaller 2002). Der Milchsaft richtet sich durch seine verklebenden Eigenschaften gegen kleine Herbivore. Einige Pflanzenarten, wie Wolfsmilchgewächse (*Euphorbiaceae*) oder der Schlafmohn (*Papaver somniferum*), mischen dem Milchsaft Gifte bei, die für Vertebraten schädlich oder tödlich sind (Hänsel 2010, S. 100, 101).

Pflanzen reagieren auf Fraß durch Hochregulation der auf den Fressenden zugeschnittenen Abwehrmechanismen, warnen umgebende Individuen und holen sogar Hilfe. Der wilde Tabak (*Nicotiana attenuata*) achtet dabei durch eine feine Abstimmung seiner Abwehrmechanismen darauf, an ihm fressende Raupen so schmackhaft wie möglich zu präsentieren. Bei Fraß werden Fettsäure-Aminosäure-Konjugate im Speichel des Tabakschwärmers (*Manduca sexta*) erkannt. In einer sofortigen Antwort werden die Konzentrationen des Verwundungshormons Jasmonsäure und von Ethylen stark erhöht. Zeitlich versetzt wird eine spezielle Mischung von Duftmolekülen, die die Raubwanze *Geocoris pallens* anlockt, abgegeben. Das Verwundungshormon Jasmonsäure wird bei jeder Art von mechanischer Verletzung freigesetzt und steigert die Expression des Giftes Nikotin. Ethylen hingegen hemmt die Expression von Nikotin. Das bewirkt, dass die Raupen, die gerade an der Tabakpflanze fressen, zu dem Zeitpunkt, an dem die Raubwanze eintrifft, eine niedrigere Konzentration an Nikotin in ihrem Körper haben und somit bekömmlicher für ihre Räuber sind (Beck 2005).

4.3 Rahmenbedingungen der Untersuchung

Das untersuchte Gymnasium wird von etwa 500 Schüler_innen besucht, die von circa 60 Lehrer_innen betreut werden. Das Gebäude in der Nähe des Stadtzentrums ist denkmalgeschützt und von einem Schulgarten umgeben.

In der Unterstufe werden drei Schwerpunkte angeboten: „KulTOUREn in Europa“, „MINT“ und „Projektmanagement“. „MINT“ bezeichnet den naturwissenschaftlichen Schwerpunkt der Schule, die Abkürzung steht für **M**athematik, **I**nformatik, **N**aturwissenschaften und **T**echnik. Dieser Schwerpunkt wird seit 2016 angeboten. Zum Befragungszeitpunkt gab es nur die Zweige „KulTOUREn in Europa“ und „Projektmanagement“.

In der Oberstufe werden die Zweige Naturwissenschaften oder digitale Medien vertieft. Besondere Angebote dieser Schule sind Angewandte Computergestützte Geometrie, Mediendesign, der Unternehmerführerschein und die Fremdsprache Russisch.

4.4 Charakterisierung der Stichprobe

An dieser Untersuchung nahmen alle Schüler_innen der drei vierten Klassen dieses Realgymnasiums teil. Die 4A (kein Schwerpunkt, später Gruppe F) umfasste 27 Schüler_innen, 30 % davon weiblich, die 4B (KulTOUREn, später Gruppe KF) bestand aus 28 Schüler_innen, davon 32 % weiblich und die Gesamtheit der 4C Schüler_innen (Projektmanagement, später Gruppe K) betrug 28 Personen, davon 36 % weiblich. In Summe wurden 83 Schüler_innen im Alter von circa 14 Jahren, mit einem Mädchenanteil von 33 % unterrichtet und zum Teil befragt.

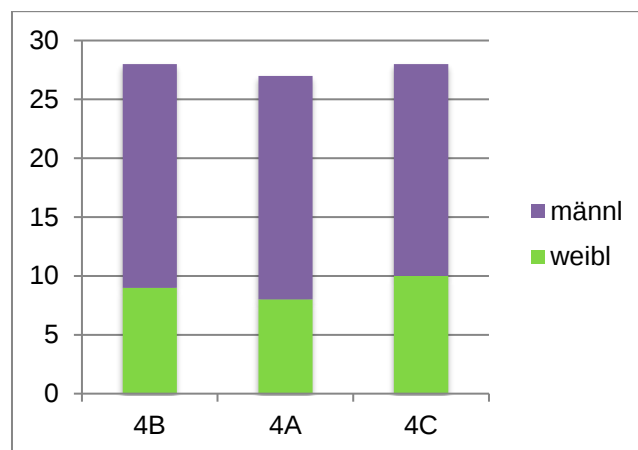


Abbildung 13: Anzahl der Schüler_innen und Geschlechterverteilung der untersuchten Klassen

Alle drei Klassen wurden in der ersten und zweiten Klasse von der gleichen Biologielehrerin unterrichtet, und nach deren Pensionierung, mit Beginn der dritten Klasse AHS-Unterstufe, von der Durchführenden der Untersuchung übernommen.

Schüler_innen, deren Eltern nicht einwilligten, an der Untersuchung teilzunehmen, füllten die Fragebögen zwar aus, versahen diese aber mit einem Zeichen und wurden von der Auswertung ausgeschlossen.

Die Einteilung der Klassen in die Gruppen Karten + Freiland (KF), Freiland ohne Karten (F) und Karten ohne Freiland (K) wurde mittels Los entschieden, das je ein_e Schüler_in zog.

5 Durchführung der Untersuchung

Der folgende Teil stellt die verwendeten Unterrichtsmaterialien vor, stellt den Ablauf der Befragung in Zusammenhang mit den Unterrichtssequenzen und enthält die Beschreibung der Unterrichtsdurchführung.

5.1 Schwerpunkte der Unterrichtsreihe

Die Unterrichtsreihe beinhaltete die Schwerpunkte Leseauftrag (für alle Schüler_innen), das Kartenspiel (für die Gruppen KF und K) sowie die Exkursion (für die Gruppen F und KF).

5.1.1 Der Leseauftrag

Der Leseauftrag (siehe Anhang 12.1.1 ff) umfasst einen Text und Aufgaben. Der Text besteht aus ca. 470 Wörtern, die in sechs Abschnitte gegliedert sind. Es handelt sich um einen Sachtext zum Thema Abwehrmechanismen von Pflanzen, der auf Grundlage der Informationen in Abschnitt 4.2 erstellt wurde. Der Text wurde an die Lesenden angepasst, indem er stark vereinfacht und mit Beispielen aus der Lebenswelt der Schüler_innen unterlegt wurde. Die vorgestellten Pflanzen und Tiere wurden im Kartenspiel wieder aufgegriffen, bzw. waren am Ort der Exkursion vorhanden.

Die Aufgaben sollen die Lesenden zu einer eigenständigen Auseinandersetzung mit dem Text anregen. Leisen empfiehlt zyklische Bearbeitung von Sachtexten mit immer anderen Aufgaben und stellt verschiedene Lesestrategien vor (Leisen 2006). Die Aufgaben des hier vorgestellten Leseauftrages fordern zunächst dazu auf, den Text durch Zuordnung passender Überschriften zu strukturieren. In einem weiteren Schritt sollen die Lesenden sich im Text orientieren und durch farbliche Markierungen Ankerpunkte für die weitere Bearbeitung schaffen. Zuletzt wird der Inhalt in eine andere Darstellungsform übersetzt. In der letzten Aufgabe werden verschiedene Abwehrmechanismen sowie unterschiedliche Angreifer in Form von Photographien oder Zeichnungen dargestellt. Die Lesenden können durch die Zuordnung passender Mechanismen ihr Verständnis überprüfen.

5.1.2 Das Kartenspiel: HerbiWars

Dieses Kartenspiel ist im Rahmen der fachdidaktischen Lehrveranstaltung „Freilanddidaktik“ der Universität Wien in Zusammenarbeit mit MMag. Ludwig Schwarzmayr entstanden und wurde im Zuge dieser Diplomarbeit weiterentwickelt. Das Spiel HerbiWars umfasst Pflanzenkarten, Tierkarten sowie eine Spielanleitung (siehe Anhänge 12.1.2.1, 12.1.2.3 sowie 12.1.3). Die Pflanzenkarten wurden ausgehend von einer Artenliste für Marchegg von der Webseite der Lehrveranstaltung sowie von eigenen Beobachtungen vor

Ort ausgewählt (Eder et al. 2000). Die Karten wurden in PowerPoint erstellt, um mit möglichst wenig Aufwand bearbeitet und geteilt werden zu können. Viele Bilder wurden freigestellt, um Druckfarben zu sparen. Darüber hinaus wurden die Karten foliert, um wiederholt beschreibbar und wetterfest zu sein.

5.1.2.1 Untersuchung der Pflanzen nach Abwehrmechanismen

In der ersten Phase werden Pflanzen gesucht und untersucht. Jedes Team erhielt 18 Pflanzenkarten, die Spielanleitung, eine Lupe, einen Plan des Areales sowie Permanentmarker. Jede der Karten zeigt mit zwei bis vier Bildern Wuchsform, Details wie Blattform oder Blüten sowie sichtbare Abwehrmechanismen der Pflanzenart (siehe Abbildung 14 links). Zusätzliche Informationen über die Wuchsform und durchschnittliche Wuchshöhe unter den Bildern soll das Finden eines Exemplars der Art erleichtern. In der Titelzeile sind der Trivialname sowie der wissenschaftliche Name und Informationen über Genießbarkeit, Giftigkeit und Verwendung als Medizinalpflanze angegeben. Wird ein Exemplar der gezeigten Art gefunden, so soll es mit allen Sinnen untersucht werden. Auf den Karten sind verschiedene Abwehrmechanismen aufgelistet. Die Schüler_innen suchen diese an der Pflanze und kreuzen auf der Karte an, ob sie wenig, mittel oder stark ausgeprägt sind. Um Vergiftungen zu vermeiden, ist ein Warnhinweis bei der Kategorie „intensiver Geruch, Geschmack:“ vermerkt. Pflanzenkarten helfen so beim Finden der Pflanzen, leiten die Untersuchung und sind Protokollierungstool. Es steht den Schüler_innen frei zu wählen, welche und wie viele Pflanzen sie untersuchen (mindestens fünf).

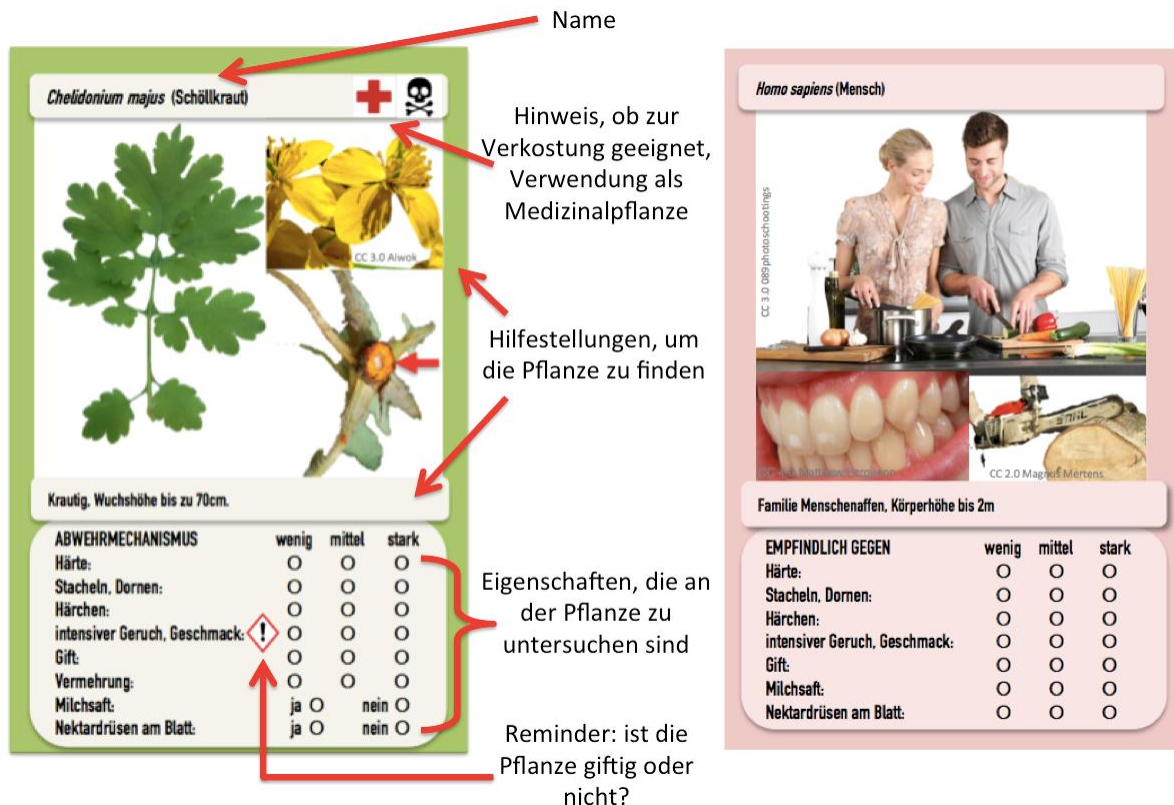


Abbildung 14: Links: Aufbau der Verteidigungskarten des Spiels HerbiWars. Diese Karten dienen auch als Anleitung zur Untersuchung der Pflanzen. Rechts: Beispiel für eine Angriffskarte.

Bilder Schöllkraut: Links und rechts oben eigene Bilder, rechts oben: freigestellt und zugeschnitten aus CC 3.0 by Aiwok

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7a/Chelidonium_majus_flores.jpg/798px-](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7a/Chelidonium_majus_flores.jpg/798px-Chelidonium_majus_flores.jpg)

[Chelidonium_majus_flores.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7a/Chelidonium_majus_flores.jpg/798px-Chelidonium_majus_flores.jpg) [22.05.2018]

Bilder Mensch: freigestellt aus CC 3.0 by 089 photoshootings: <https://pixabay.com/de/frau-küche-mann-alltag-blond-1979272/> [06.05.2018], CC 4.0 by Matthew Ferguson

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4e/Dental_fluorosis_%28mild%29.png/1280px-](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4e/Dental_fluorosis_%28mild%29.png/1280px-Dental_fluorosis_%28mild%29.png)

[Dental_fluorosis_%28mild%29.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4e/Dental_fluorosis_%28mild%29.png/1280px-Dental_fluorosis_%28mild%29.png) [06.05.2018], freigestellt und zugeschnitten von CC 2.0 by Magnus Mertens

https://de.wikipedia.org/wiki/PSA-Forst#/media/File:Stihl_kettensaäge.jpg [06.05.2018]

Die Ergebnisse der Pflanzenuntersuchungen wurden im Plenum verglichen und diskutiert, da Abwehrmechanismen einerseits nicht immer gleich ausgeprägt sind (siehe Abschnitt 4.2.1) und andererseits auf den Karten auch gemischte Taxa vertreten sind, wie zum Beispiel die Disteln (*Cynareae*). Einige Disteln weisen einen bitteren Geschmack auf, andere nicht.

5.1.2.2 Einschätzung der Wirksamkeit der Abwehrmechanismen

Im nächsten Schritt erhielten die Schüler_innen neun Tierkarten. Die gewählten Tierarten konzentrieren sich auf leicht sichtbare Insekten, Mollusken und Vertebraten. Um einer anthropozentrischen Sichtweise entgegenzuwirken und die Eingebundenheit der Menschen in das Ökosystem hervorzuheben, wurde auch eine Angriffskarte mit der Tierart *Homo sapiens* erstellt. Jede der Karten zeigt mit zwei bis vier Bildern den gesamten Organismus

sowie Nahrungswerkzeuge (siehe Abbildung 14, rechts). In Anlehnung an die Pflanzenkarten sind Namen sowie grobe Angaben über Körperlänge angegeben. Im Protokollfeld sind die gleichen Abwehrmechanismen gelistet, die bei den Pflanzen untersucht wurden. Durch die Diskussion in der Gruppe sollen Lernende einschätzen, gegen welche Abwehrmechanismen die gezeigten Tierarten empfindlich sind und ob sie davon wenig, mittel oder stark abgehalten werden, eine Pflanze zu verzehren. Auch hier empfiehlt sich der Vergleich im Plenum.

5.1.2.3 Anwendung und Übung des Gelernten durch Spielen von HerbiWars

Während der Spielphase von HerbiWars treten jeweils zwei Teams gegeneinander an. Die Schüler_innen können nun die Ergebnisse ihrer vorangegangenen Untersuchungen verwenden. Jede Gruppe wählt fünf Pflanzenkarten sowie fünf Tierkarten. Im ersten Spielzug wird eine Tierkarte (Angriffskarte) ausgespielt. Das gegnerische Team verteidigt sich durch die Auswahl einer entsprechenden Pflanzenkarte und Argumentation, wie diese Pflanze Fraß abwehrt.

Spielt die gegnerische Mannschaft beispielsweise einen Rehangriff, so könnte dieser mit der Brombeere und der Begründung *„Du schadest mir nicht, weil meine Stacheln dich im Maul und an den Beinen verletzen“* abgewehrt werden. Die angreifende Mannschaft könnte erwidern *„ich esse die Brombeeren am Rand“*. Daraufhin wiederum könnte das Team in Verteidigungsposition entgegnen *„Fein, gib meine Samen an einem sonnigen Plätzchen wieder ab, damit meine Nachkommen gute Bedingungen finden, aber meine photosynthetisch aktiven Teile frisst Du nicht, denn ich habe sie mit Stacheln bewehrt!“*

Jiménez-Aleixandre und Erduran (2007) plädieren dafür, dass die Argumentation als fixer Bestandteil von Wissenschaftsvermittlung etabliert wird. Sie beziehen sich dabei vorrangig auf Argumentation im Sinne von Begründung von Erkenntnissen sowie auf eine Überzeugungsarbeit, die mit wissenschaftlicher Praxis verbunden ist. Argumentation beinhaltet die Verlautbarung von Gedankengängen, Überzeugungsarbeit auf Basis von Belegen oder Reflexion über sich selbst und die Welt (siehe Abbildung 15). Dadurch werden einerseits tiefere Verarbeitungsprozesse von Wissen angeregt, andererseits werden integrale Bestandteile der Erkenntnisgewinnung und -vermittlung erlernt und somit naturwissenschaftliche Grundbildung erlangt (Jiménez-Aleixandre und Erduran 2007).

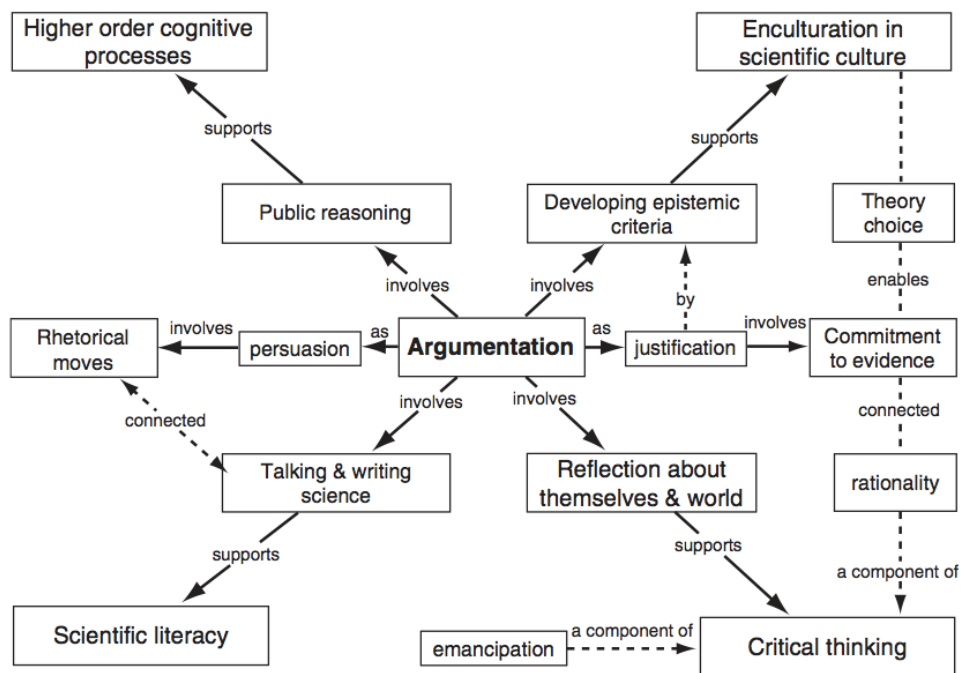


Abbildung 15: Mögliche Beiträge von Argumentation zur Wissenschaftsbildung (Jiménez-Aleixandre und Erduran 2007, S. 11).

Das Team, das die besseren Argumente hat, bekommt beide Karten. Falls es zu keiner Einigung kommt, werden die Karten beiseitegelegt und niemand bekommt die Karten. Diese Situation kam aber während des Spielens bei beiden Gruppen nicht vor. Die Gruppe, die am Ende des Spieles die meisten Karten hat, hat gewonnen.

Während jedes Spielzuges müssen Spieler_innen antizipieren, welche anderen Tierkarten die gegnerische Gruppe noch in der Hand halten könnte und die Abwehrmechanismen dementsprechend einteilen.

5.1.3 Das Arbeitsblatt für die Kontrollgruppe

Schüler_innen der Gruppe F erhielten ein Kuvert mit Lupe, einen Plan des Areales, ein Klemmbrett und ein Arbeitsblatt (siehe Anhang 12.1.4).

Bei der Erstellung dieses Arbeitsauftrages wurde darauf geachtet, die Schüler_innen zu den gleichen Untersuchungen der Pflanzen aufzufordern, wie das Ausfüllen der Karten verlangt. Das Arbeitsblatt enthält acht Felder. Die Schüler_innen sollen eine Übersichtszeichnung der gesamten Pflanze anfertigen sowie drei Detailzeichnungen von den mechanischen Abwehrmechanismen Verholzung, Stacheln/ Dornen und Härchen. Um chemische Abwehr zu erforschen, werden sie dazu angehalten, ein Blatt zu knicken und die austretende Substanz sowie den Geruch in Worten zu beschreiben. Des Weiteren werden sie dazu aufgefordert, nach kleinen Hügeln und klebrigen Stellen zu suchen und

eine Skizze davon anzufertigen. Zuletzt sollen die Lernenden die Anzahl der gewählten Pflanzenart abschätzen und die Zahl notieren.

Das Arbeitsblatt wurde doppelseitig ausgedruckt, die Schüler_innen wurden angewiesen, zwei Pflanzen mit möglichst unterschiedlichen Abwehrmechanismen zu finden und beide Seiten auszufüllen. Das erworbene Wissen wurde durch die Präsentation ausgewählter Exemplare im Plenum gefestigt.

5.1.4 Die Exkursion

Die Gruppen F und KF untersuchten Wildpflanzen im Freiland. Als Exkursionsort wurde die Biologische Station Marchegg in Niederösterreich gewählt. Dieses Gebiet liegt an der March, ca. 50 km von Wien entfernt, in den March-Auen direkt an der slowakischen Grenze. Das Gebiet ist durch regelmäßige Überschwemmungen geprägt.

Die Anreise erfolgte durch eine ca. 45-minütige Zugreise gefolgt von einer ca. 40-minütigen Wanderung entlang von Feldern und Wald. Am Weg wurden Abwehrmechanismen von Schöllkraut, Beinwell und Disteln gezeigt. Abgesehen von einem alten Bahnwärterhäuschen, das als biologische Station genutzt wird, und einigen Fischerhütten ist das Gebiet vereinsamt. Die einzige Gefahrenquelle sind die Bahngleise, diese sind aber erhöht und der Zug fährt nur einmal pro Stunde. Da das Gebiet sehr übersichtlich ist, können sich die Schüler_innen komplett frei bewegen. Die Schüler_innen verbrachten circa zweieinhalb Stunden in Marchegg.



Abbildung 16: Abbildung 17: Satellitenbild des beforschten Gebietes

<https://www.google.com/maps/place/2293+Marchegg/@48.2427243,16.9425571,476m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x476cf1918d1c2803:0xf0a554174b22bc18!8m2!3d48.2623073!4d16.9114329>

5.2 Durchführung der Befragung sowie der Unterrichtsreihe

Das Flussdiagramm in Abbildung 18 fasst den Untersuchungsplan und den Ablauf der Unterrichtssequenz zusammen.

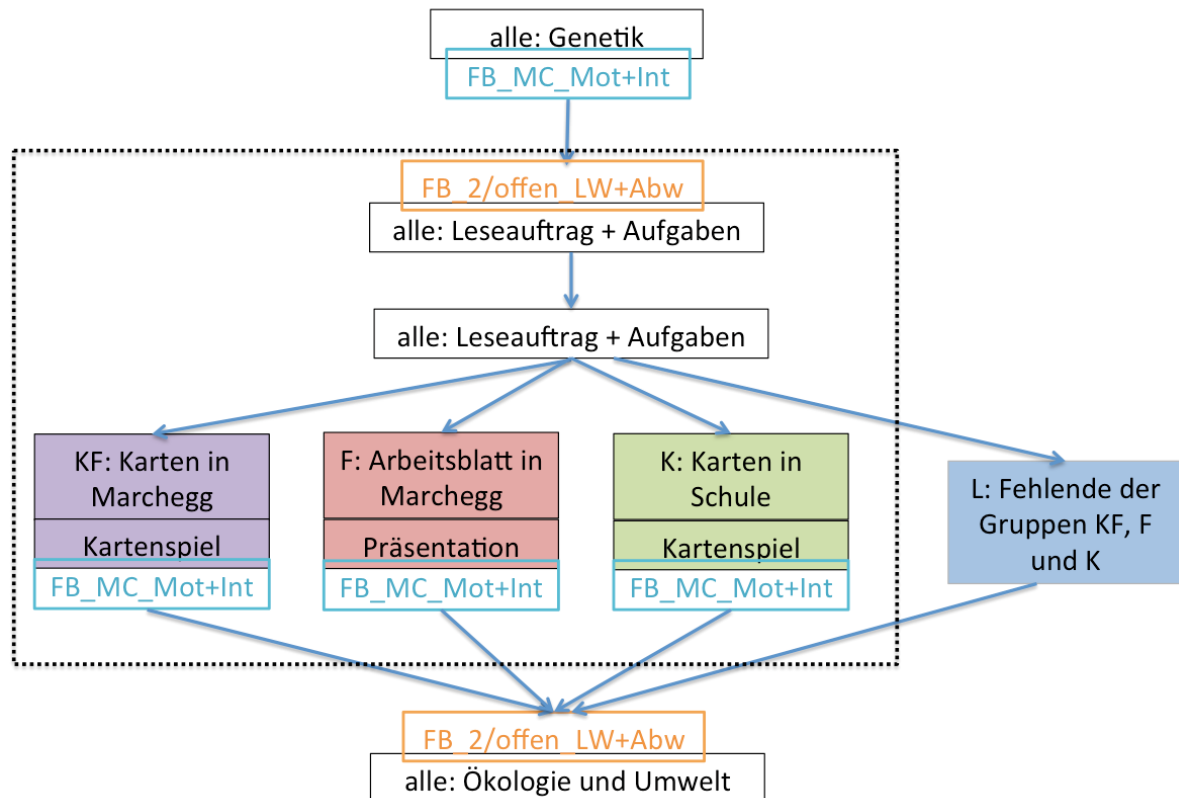


Abbildung 18: Untersuchungsplan der Studie.

Der gestrichelte Rahmen begrenzt die Unterrichtsreihe. Schwarz umrandete Kästchen repräsentieren je eine Unterrichtsstunde. Bunt gerahmte Kästchen stehen für die Bearbeitung eines Fragebogens. FB_MC_Mot + Int = Multiple-Choice Fragebogen zur Erfassung von motivationaler Regulation sowie Interesse an Pflanzen, FB_2/offen_LW+Abw = Fragebogen mit dichotomen und offenen Fragen zur Testung von Einstufung von Pflanzen als Lebewesen und Nennung von Abwehrmechanismen.

5.2.1 Durchführung der Befragung

Die Befragung wurde mittels zweier Fragebögen zu je zwei Zeitpunkten durchgeführt.

FB_MC_Mot+Int besteht aus zwei Blöcken an Multiple-Choice Fragen (siehe Anhänge 12.2.1 sowie 12.2.2). Ein Block (Mot) überprüft die motivationale Regulation der Lernenden, der zweite Block (Int) ermittelt das Interesse an Pflanzen. FB_MC_Mot+Int wurde den Schülerinnen und Schülern zweimal vorgelegt. Einmal vor Beginn der Unterrichtssequenz, einmal direkt nach dem Kartenspiel, bzw. nach der Exkursion. Die erste Bearbeitung dieses Fragebogens erfolgte bei allen Klassen am Ende einer Unterrichtseinheit zum Thema Grundlagen der Vererbung, in der die Mendel'schen Regeln mithilfe eines Arbeitsblattes bearbeitet wurden. Die Schüler_innen hatten je zehn Minuten Zeit zur Bearbeitung dieses

Fragebogens. Bei der Ausgabe des Fragebogens wurde explizit erwähnt, dass die Fragen betreffend die Motivation sich ausschließlich auf die eben erlebte Unterrichtssequenz beziehen. Lernende, die sich mit der Thematik im Freiland beschäftigten, füllten den Fragebogen im Zug während der Heimfahrt aus. Die Züge waren mit kleinen Tischen ausgestattet. Schüler_innen, die während der Aktivitäten fehlten, wurden bei der Auswertung zu Gruppe L (nur Leseauftrag) zusammengefasst.

FB_2/offen_LW+Abw enthält Aufgaben mit dichotomem Antwortformat sowie offene Fragen. Er überprüft die Einstufung von Pflanzen als Lebewesen (dichotom) sowie die Kenntnis von Abwehrmechanismen (offen). Dieser Fragebogen wurde den Lernenden am Anfang der ersten Stunde der Unterrichtsreihe sowie in der vorletzten Schulwoche, drei Wochen nach Ende der Unterrichtsreihe, ausgegeben. Die Bearbeitung dauerte pro Durchgang ca. 15 Minuten.

5.2.2 Ablauf der Unterrichtsreihe Abwehr von Pflanzen

Die Unterrichtsreihe wurde mit dem Vorzeigen von Gegenständen eröffnet. Nacheinander wurden ein Kleidungsstück aus Viskose, Papier, Bleistift, Honig, eine Karotte, ein Kondom und ein Strohhut vorgezeigt. Die Lernenden wurden gefragt, ob sie die Gemeinsamkeit dieser Gegenstände erkennen können. In einem Schüler_innen-Lehrerin-Gespräch wurde erarbeitet, dass für die Produktion all dieser Gegenstände Pflanzen notwendig sind.

Um den Unterschied zwischen den Gruppen möglichst gering zu halten, wurde die Theorie zum Thema Abwehrmechanismen von Pflanzen mithilfe eines Lesetextes erarbeitet. Der Leseauftrag enthielt Aufgaben zur selbstständigen Erschließung des Inhaltes durch die Schüler_innen (siehe Abschnitt 5.1.1 und ab Anhang ab 12.1.1). Die Bearbeitung des Textes, Lösung der Aufgaben sowie Vergleich und Diskussion im Plenum nahmen zwei Unterrichtsstunden in Anspruch.

Die Festigung dieses Wissens erfolgte auf drei verschiedene Arten:

Zwei Gruppen fuhren auf Freilandexkursion. Gruppe KF untersuchte mithilfe der Karten Pflanzen nach Abwehrmechanismen und festigte das Erlebte durch das Spiel mit den ausgefüllten Karten. Gruppe F wurde bei der Untersuchung der Pflanzen durch ein Arbeitsblatt (siehe Anhang 12.1.4) geleitet und wiederholte die Erkenntnisse durch eine Vorstellung im Plenum. Beide Gruppen konnten sich mithilfe eines Umgebungsplanes (siehe Abschnitt 12.1.5) frei bewegen. Dies sollte das Autonomieempfinden bestärken. Zusätzlich waren in dem Plan Hinweise vermerkt, die das Finden der Pflanzen erleichtern.

Die dritte Gruppe verbrachte eine Doppelstunde im Biologiesaal. Gruppe K erarbeitete Abwehrmechanismen mithilfe der Karten teils anhand bereitgestellter Pflanzen, teils mittels

Smartphone und Internet. Die Festigung erfolgte durch das Spiel mit den ausgefüllten Karten.

5.2.2.1 Anmerkungen

An beiden Tagen der Exkursion war es drückend heiß, während der Zugfahrt zurück nach Wien gingen heftige Gewitter nieder.

Der Ramadan 2018 dauerte von 16.05.2018 bis 14.06.2018 (Zarrabi-Zadeh 2018), die Exkursionen fielen in diesen Zeitraum. Während der Aktivitäten fehlten viele Schüler_innen, diese wurden bei der Auswertung zu Gruppe L (nur Leseauftrag) zusammengefasst.

Den Schüler_innen wurde so viel Selbstständigkeit wie möglich zugestanden. Die Gruppeneiteilung erfolgte bei der Gruppe F selbstständig durch die Schüler_innen während der Hinfahrt im Zug. Bei der Gruppe FK wurden die engagiertesten Schüler_innen als Teamleiter_innen bestimmt, diese wählten ihre „Mannschaft“. Da dies sehr gut funktionierte, wurde diese Vorgehensweise für die Gruppe K übernommen. Lernende, die im Freiland arbeiteten, konnten sich mit einer Karte des Areals frei bewegen. Einige Schüler_innen der Gruppe F waren mit der Vielfalt der Pflanzen vor Ort überfordert und brauchten Entscheidungshilfe, welche Pflanzen sie untersuchen sollen. Die Schüler_innen der Gruppe KF fingen fast durchwegs sofort an, selbstständig mithilfe des Planes nach Pflanzen zu suchen und die Karten zu bearbeiten. Die Lernenden der Gruppe K beschäftigten sich ebenfalls fast alle mit den Karten, bevorzugten aber das Internet als Hilfe zum Ausfüllen und nicht die bereitgestellten Pflanzen (Schöllkraut, Beinwell, Hundsrose, Schlehdorn, Eselswolfsmilch und eine Distel).

5.2.3 Ablauf der Unterrichtsreihe Genetik

Am Anfang der ersten Stunde wurden Bilder von Familien (Eltern mit Tochter und Sohn) betrachtet und ähnliche Merkmale gesucht. Danach wurde die Frage aufgeworfen, ob Nina (blond) sich Sorgen machen muss, ob sie adoptiert wurde, da ihre Eltern beide schwarzhaarig sind. Fachbegriffe wurden mithilfe eines Arbeitsblattes notiert. Anhand der Bücher MEHRfach. BIOLOGIE 4. Teil 1 – Wissen & Verstehen und Teil 2 – Anwenden und Forschen erarbeiteten sich die Schüler_innen Wissen über die Grundlagen der Vererbungslehre nach Gregor Mendel. Die Schüler_innen wurden dazu aufgefordert, Ergebnisse von Kreuzungsversuchen abzuschätzen und aus einer Auswahl an Antworten anzukreuzen, selbst ein Kreuzungsschema zu erstellen und Bilder von Nachkommen einer Katzen-Kreuzung auszumalen, um herauszufinden, ob das gewünschte Kätzchen dabei ist (Moser et al. 2015a, S. 54–57, b, S. 140, 141). Im Zuge des Vergleiches der Ergebnisse wurde die anfängliche Frage, ob Nina Tochter ihrer Eltern sein kann, beantwortet. Als

Abschluss der Unterrichtsreihe wurde ein fünfminütiges Video über Vor- und Nachteile von Gentechnik gezeigt und die abschließende Frage „wo ziehen wir die Grenze?“ in einer Diskussion mit der Klasse thematisiert (Löhrke 2017).

6 Datenerhebung und –auswertung

Die Daten wurden mittels zweier Fragebögen erhoben.

FB_MC_Mot+Int besteht aus zwei etablierten Blöcken an Multiple Choice Fragen; einer zur Erhebung der motivationalen Regulation, der andere zur Erfassung des Interesses an Pflanzen.

FB_2/offen_LW+Abw wurde selbst erstellt. Dieser Fragebogen umfasst ebenfalls zwei Teile. Dichotome Fragen ermitteln, ob Pflanzen als Lebewesen eingestuft werden, offene Fragen erfassen die Kenntnis von Abwehrmechanismen

Um einerseits die Anonymität der Lernenden sicherzustellen und andererseits die zwei verschiedenen Fragebögen und Durchläufe miteinander in Beziehung setzen zu können, wird die Identität der Lernenden nach folgendem Schema kodiert:

Klasse/ 1. Buchstabe des Vornamens/ Tag der Geburt/ Hausnummer

Während der Bearbeitung der Daten wurde das Kürzel um die Buchstaben F/ K/ KF und L erweitert, um zu kennzeichnen, an welcher Aktivität die befragte Person teilnahm.

17 Schüler_innen fehlten während des Ausfüllens des Fragebogens FB_MC_Mot+Int und versäumten somit auch die Intervention (Kartenspiel oder Arbeitsblatt). 14 davon waren aber während der Bearbeitung des Leseauftrages und der Beantwortung von FB_2/offen_LW+Abw an beiden Terminen anwesend. Da die Gruppengröße vergleichbar mit der der Gruppen F (16 Personen), KF (18 Lernende) sowie K (16) war, wurde für die Bearbeitung des Fragebogens FB_2/offen_LW+Abw eine neue Gruppe gebildet. Die neue Gruppe wurde „nur Leseauftrag“ (L) genannt.

6.1 Motivationale Regulation - Multiple-Choice Test

6.1.1 Beschreibung des Fragebogens

Diese Fragen wurden mit geringfügigen Änderungen von Müller et al. übernommen (Müller et al. 2007). Die „Skalen zur motivationalen Regulation beim Lernen von Schülerinnen und Schülern“ umfassen 17 Fragen (Items) mit je einer fünfstufigen Likert-Skala zur Zustimmung. Dieser Multiple-Choice Test wurde basierend auf dem „Academic Self-Regulation Questionnaire (SRQ-A)“ von Ryan und Connell aus dem Jahr 1989 entwickelt (Ryan und Connell 1989). Müller et al. (2007) übernahmen 9 Fragen aus dem Fragebogen von Ryan und Connell (1989) und übersetzten sie in Deutsche, fügten eine Frage aus der „Academic Motivation Scale“ von Vallerand et al. aus dem Jahr 1992 hinzu und entwarfen sieben Items selbst. Die Rücksprache mit Schüler_innen und Lehrer_innen nach der Validierung des Fragebogens ergab, dass die Aussagen so formuliert sind, dass sie für

Schüler_innen ab 11 Jahren ohne Verständnisschwierigkeiten bearbeitbar sind (Vallerand et al. 1992; Müller et al. 2007).

Fünf Fragen enthalten Motive, die auf intrinsische Regulation schließen lassen, je vier Items zielen auf drei Stufen der extrinsischen Motivation (identifiziert, introjiziert und external) ab. Die vierte Abstufung von extrinsischer Motivation, die integrierte Regulation, wird mit diesem Fragebogen nicht erfasst, da eine Unterscheidung zum intrinsischen Regulationsstil für jüngere Schüler_innen zu schwierig ist. Anhand dieser vier Skalen lässt sich der Selbstbestimmungsindex (SDI) berechnen, der ein Maß für das Empfinden von Selbstbestimmung oder Kontrolle ist (Müller et al. 2007).

Der Fragebogen (siehe Anhang 12.2.1) wurde für den Einsatz in dieser Studie so adaptiert, dass er sich nicht mehr generell auf das Lernen in einem Fach bezieht, sondern auf die soeben erlebte Lerneinheit. Konkret wurde der Einleitungssatz *„Ich arbeite und lerne in diesem Fach, ...“* durch den Satz *„Ich arbeitete und lernte bei dieser Lerngelegenheit, ...“* ersetzt und die Zeitform der Items 1, 9, 10, 14 und 16 wurde von Präsens zu Präteritum geändert. Darüber hinaus wurde der Wortlaut der Items 13 und 17 von *„... weil ich gerne Aufgaben aus diesem Fach löse“* zu *„... weil ich diese Aufgaben gerne gelöst habe“* bzw. von *„... weil ich gerne über Dinge dieses Faches nachdenke“* zu *„... weil ich gerne über diese Dinge nachgedacht habe“* abgewandelt (vgl. Müller et al. 2007, S. 16).

6.1.2 Auswertung FB_MC_Mot

Skalenwerte wurden in Excel folgendermaßen abgestuft: „stimmt völlig“ = „5“ bis „stimmt überhaupt nicht“ = „1“. Alle Items waren positiv formuliert, es musste keine Umpolung vorgenommen werden. Ungültig angekreuzte Items (z.B. doppelt) wurden mit „-2“ gekennzeichnet, nicht beantwortete Fragen mit „-1“ und alle Items eines nicht vorhandenen Fragebogens wurden mit „-3“ kenntlich gemacht. Alle Schüler_innen, die diesen Fragebogen nur zu einem der zwei Zeitpunkte ausfüllten, wurden aus der Auswertung der Multiple-Choice Fragen ausgeschlossen. Die Auswertung des Fragebogens wurde unter Zuhilfenahme des Statistikprogrammes SPSS 17 durchgeführt. Für jede der Skalen wurden die Mittelwertindizes nach der Syntax aus Abbildung 19 gebildet.

Skalenberechnung (SPSS Syntax):

Skala	SPSS Syntax
Intrinsische Regulation	compute intr=mean (mot1,mot5,mot9,mot13,mot17). execute.
Identifizierte Regulation	compute ident=mean (mot3,mot7,mot11,mot15). execute.
Introjierte Regulation	compute introj=mean (mot2,mot6,mot10,mot14). execute.
Externale Regulation	compute extrin=mean (mot4,mot8,mot12,mot16). execute.

Abbildung 19: Syntax zur Berechnung der einzelnen Skalen (Müller et al. 2007, S. 17)

Der Selbstbestimmungsindex (SDI) lässt sich nach der Rechenvorschrift „ $SDI = (2 \times \text{intrinsische Regulation}) + \text{identifizierte Regulation} - \text{introjierte Regulation} - (2 \times \text{externale Regulation})$ “ ermitteln. Von der Gesamtheit der selbstbestimmten Regulationsstile (intrinsisch und identifiziert, integriert wurde nicht erfasst) wird die Summe der eher fremdbestimmten Regulationsstile abgezogen. Intrinsische und externale Regulation werden doppelt gewertet. Positive Ausprägungen des SDI sind ein Maß für wahrgenommene Selbstbestimmung, negative SDI-Werte weisen auf Eindruck von Kontrolle hin (Müller et al. 2007, S. 7).

6.1.3 Anmerkungen

Aufgrund von fehlenden Einverständniserklärungen, Abwesenheiten von Schüler_innen und ungültig ausgefüllten Fragebögen blieben von ursprünglich 83 Schüler_innen 51 über, deren Multiple-Choice Angaben verwertbar waren.

Während der Auswertung der Fragebögen wurden Hinweise gefunden, dass nicht allen Schüler_innen klar war, dass sich die Fragen ausschließlich auf den gerade erlebten Unterricht bezogen. So kreuzt zum Beispiel Kfb_M_23_15 bei Frage 1 („*Ich arbeitete und lernte bei dieser Lerngelegenheit, weil es mir Spaß machte*“) „stimmt eher“ an und notiert extra auf dem Fragebogen: „*Es hat heute sehr Spaß gemacht!*“

6.2 Interesse an Pflanzen - Multiple-Choice Test

6.2.1 Beschreibung des Fragebogens

Der zweite Teil von FB_MC_Mot+Int ist ein Fragment des „*Plant Attitude Questionnaire*“ von Fančovičová und Prokop (2010), der ins Deutsche übersetzt wurde. Dieser Fragenkatalog umfasst 29 Multiple-Choice Fragen, die darauf abzielen, verschiedene Aspekte der Einstellung zu Pflanzen zu erfassen. Neun Items erfragen die Bewertung der

Wichtigkeit für Menschen und andere Organismen, sechs Fragen ermitteln die Einschätzung von Kosten und Nutzen von Stadtbäumen, zehn Items fragen nach Interesse und Freude an Pflanzen und vier Items zielen auf die Kenntnis über Verwendung in der Industrie ab. Zur Beantwortung ist eine fünfstufige Skala vom Likert-Typ vorgesehen. Dieser Test beinhaltet positive und negative Items. Der Fragebogen wurde speziell für Kinder und Jugendliche im Alter zwischen 10 und 15 Jahren konzipiert (Fančovičová und Prokop 2010).

Für diese Studie wurden die Aussagen betreffend Interesse und Freude an Pflanzen ins Deutsche übersetzt und inhaltlich unverändert übernommen (siehe Anhang 12.2.2).

6.2.2 Auswertung

Alle zehn Items des verwendeten Fragmentes waren positiv formuliert, es musste daher keine Umpolung vorgenommen werden.

Skalenwerte wurden in Excel wie die Items der motivationalen Regulation eingegeben und mit SPSS 17 ausgewertet. Es wurde ein Mittelwertindex über die gesamte Skala gebildet.

6.2.3 Anmerkungen

Bei der Auswertung wurden keine Auffälligkeiten bemerkt.

6.3 Pflanzenwissen

6.3.1 Einstufung von Pflanzen als Lebewesen - Dichotomer Fragebogen

6.3.1.1 Beschreibung des Fragebogens

Dieser Bogen zeigt Bilder von sieben Pflanzen, sieben Tieren, sowie von drei Vertretern der unbelebten Natur. Es wurde darauf geachtet, dass symbolhafte Darstellungen und Fotografien bei Pflanzen, Tieren und Unbelebtem in etwa gleich verteilt sind. Die Testpersonen sind dazu aufgefordert, Lebewesen einzukreisen (Fragebogen siehe 12.2.3).

6.3.1.2 Die Auswertung

Alle Fragebögen von Schüler_innen, die nur zu einem der beiden Befragungszeitpunkte anwesend waren, wurden aus der Auswertung ausgeschlossen. Einkreiste Bilder wurden in Excel mit 1 codiert, nicht eingekreiste mit 0. Alle Items eines nicht vorhandenen Fragebogens wurden mit „-3“ gekennzeichnet. Für die drei Kategorien Pflanzen/ Tiere/

Anorganisches wurden die Summen von richtig zugeordneten Vertretern gebildet. Zur Visualisierung der Daten wurden Box Plots mit Excel erstellt.

6.3.1.3 Anmerkungen

Der Großteil der Schüler_innen kreist alle Pflanzen schon bei der ersten Vorlage des Fragebogens ein.

Bei der Auswertung fiel auf, dass die Abbildung der Brombeere (eine schwarz-weiß-Zeichnung) von den gezeigten Bildern am seltensten eingekreist wird und am häufigsten zu Unsicherheit führt. Kfb_T_08_42 kreist die Brombeere ein und streicht sie dann wieder durch. Kc_A_19_x kreist die Brombeere nicht ein und notiert unter dem Bild „die Pflanze lebt“.

6.3.2 Kenntnis von Abwehrmechanismen - Offener Fragebogen

6.3.2.1 Beschreibung des Fragebogens

Der zweite Teil von FB_2/offen_LW+Abw besteht aus einer Tabelle mit zwei Spalten (siehe Anhang 12.2.4). Die linke Spalte ist vorgegeben, sie enthält sieben Namen von Pflanzenarten, sieben Tiernamen, drei Namen von anorganischer Materie sowie Name und Bild einer Pilzart. Die Schüler_innen sollen in der rechten Spalte beschreiben, wie diese Lebewesen versuchen zu verhindern, dass sie gefressen werden. Die Vorgehensweise wird anhand des Pilzes sowie des Beispiels Mensch vorgezeigt.

6.3.2.2 Auswertung

Es wird empfohlen, offene Fragebögen rekursiv auszuwerten und dabei die Daten sukzessive zu reduzieren und zu strukturieren. In einem ersten Schritt werden Daten gelesen, um einen Überblick über vorhandene Informationen zu schaffen. Danach wird Wesentliches aus Unwesentlichem gefiltert, um für die Erhebung relevante Daten alleinzustellen. Eine Strukturierung der Daten erfolgt durch Kodierung. Hierbei werden zusammengehörige Daten zusammengefasst und in eine Kategorie eingeordnet. Kategorien können entweder ausgehend von den Forschungsfragen formuliert werden (deduktiver Weg), oder bei Durchsicht des Materials aus interessanten Gemeinsamkeiten entstehen (induktiver Weg). Eine Mischung beider Vorgehensweisen wird angeraten (Altrichter et al. 2018, S. 167, 176).

Die bei dieser Auswertung gebildeten Kategorien, inklusive Beschreibung und Beispielen, sind in Tabelle 1 aufgelistet. Das Kodierschema für die Identitäten der Schüler_innen ist in Abschnitt 6 erläutert.

In einem ersten Schritt wurden alle Aussagen, die ansprechen, wie das betreffende Lebewesen Fraß verhindert, gezählt. Explizite Verneinungen wie „*gar nicht*“ (b_T_08_42) und Aussagen, die keinen Bezug zu Fraß-Verhinderung haben wie „*Cherry! CO₂*“ (b_M_23_15) wurden nicht gewertet. Daraus ergibt sich die Rubrik „Aussagen gesamt“.

Im nächsten Schritt wurden die gewerteten Aussagen in die Kategorien „zutreffend“ und „nicht zutreffend“ eingeteilt. So wurde zum Beispiel die Aussage „*Maiglöckchen verstecken sich tief im Wald*“ (KFb_N_13_81) zwar als Aussage gezählt, aber als nicht zutreffend gewertet. Auch Abwehrmechanismen, die zwar prinzipiell möglich sind, aber von dem betreffenden Lebewesen nicht angewendet werden, wurden als nicht zutreffend gewertet. Die Aussage „*vermehrten sich schnell*“ (c_Y_07_06) wurde beispielsweise in Bezug auf Gras als richtige Aussage gewertet, „*Schnelle Vermehrung*“ (c_S_25_21) wurde für den Kirschbaum aber als nicht zutreffend eingestuft. Der Vergleich von Gesamtnennungen und zutreffenden Aussagen vor und nach der Intervention findet sich in der Beschreibung der Ergebnisse (siehe Abschnitt 7.3.2).

In einem weiteren Schritt wurden in Anlehnung an den Leseauftrag (siehe Anhang 12.1.1.4) die Kategorien „mechanische Abwehr“, „chemische Abwehr“, „biologische Abwehr“, und „Vermehrung“ gebildet und die Aussagen eingeordnet. Alle Aussagen, die in keine der genannten Kategorien fallen, wurden in der Kategorie „Sonstiges“ zusammengefasst. Die Ergebnisse aufgeschlüsselt nach Abwehrmechanismen finden sich in Anhang 12.4.1.1.

Tabelle 1: Kategoriendefinition für Auswertung des Wissenstests, betreffend Aussagen über Pflanzen.

Name der Kategorie:	1 Aussagen gesamt
Inhaltliche Beschreibung	Alle Aussagen, die Mechanismen oder Tätigkeiten des gezeigten Lebewesens beschreiben, die Fraß verhindern. Die Summe der unten genannten Kategorien mit Ausnahme von Kategorie 8.
Beispiele für Meldungen, die nicht als Aussage gewertet wurden	- <i>Cherry! CO₂</i> (b_M_23_15 zu Kirschbaum) - <i>Sonnenstrahlen, Wasser</i> (a_N_19_48) - <i>Werden angesprüht</i> (c_R_10_x)
Name der Kategorie:	2 Zutreffende Aussagen
Inhaltliche Beschreibung	Alle Aussagen, die Mechanismen oder Tätigkeiten beschreiben, die dazu führen, dass das betreffende Lebewesen nicht gefressen wird. Die Summe der Kategorien 3 bis 6, wenn sie auf das gemeinte Lebewesen zutreffen.
Beispiele für unzutreffende Aussagen	- <i>Kräftige Farbe</i> (a_W_22_05 zu Löwenzahn) - <i>Duft</i> (a_M_10_08 zu Herbstzeitlose) - <i>Milchsaft</i> (c_S_14_09 zur Brombeere) - <i>Maiglöckchen verstecken sich tief im Wald</i> (KFb_N_13_81) - <i>Wächst unter der Erde</i> (c_S_21_06 zu Herbstzeitlose) - <i>Schnelle Vermehrung</i> (c_S_25_21 zu Kirschbaum) - <i>Rennt weg</i> (b_M_15_11 zu Löwenzahn) - <i>Nutzt die Blätter als Verteidigung</i> (b_C_21_05)
Name der Kategorie:	3 Mechanische Abwehr
Inhaltliche Beschreibung	Abwehrmechanismen, die unter die Rubrik „mechanische Abwehr“ fallen, wie im Leseauftrag (Abschnitt 12.1.1.4) beschrieben.
Beispiele für Anwendungen	- <i>es hat Stacheln</i> (a_S_06_03) - <i>Haben eine Rinde</i> (a_M_10_38) - <i>Haare am Stängel</i> (a_K_10_06) - <i>Harter Stamm</i> (c_A_19_x) - <i>Hat Dornen</i> (b_N_13_81) - <i>Hat Stacheln, schmerzhaft für Tiere im Mund</i> (b_L_22_05)
Name der Kategorie:	4 Chemische Abwehr
Inhaltliche Beschreibung	Abwehrmechanismen, die unter die Rubrik „chemische Abwehr“ fallen, wie im Leseauftrag (Abschnitt 12.1.1.4) beschrieben.
Beispiele für Anwendungen	- <i>Kerne sind giftig</i> (a_S_13_32) - <i>schmeckt nicht gut</i> (a_M_25_39) - <i>Milchsaft</i> (c_A_19_x) - <i>Nutzt Milchsaft um Mund zu verkleben</i> (c_E_07_17) - <i>Hat Milchsaft = giftig für Fressfeinde</i> (b_L_22_05)

Name der Kategorie:	5 Biologische Abwehr
Inhaltliche Beschreibung	Abwehrmechanismen, die unter die Rubrik „biologische Abwehr“ fallen, wie im Leseauftrag (Abschnitt 12.1.1.4) beschrieben.
Beispiele für Anwendungen	- <i>Ruft andere Insekten, z.B. Wespen (a_S_06_03)</i> - <i>Locken an Tiere die ihnen schützen [sic!] (a_D_30_07)</i> - <i>Es sind Tiere, die andere Tiere verscheuchen (c_F_25_17)</i> - <i>Nektar Drüsen (c_L_16_x)</i> - <i>Duftstoff, womit wiederum andere Tiere angelockt werden (c_M_03_15)</i> - <i>Nektardrüsen locken Tiere zu Nektardrüsen (b_N_11_23)</i>
Name der Kategorie:	6 Vermehrung
Inhaltliche Beschreibung	Abwehrmechanismen, die unter die Rubrik „Vermehrung“ fallen, wie im Leseauftrag (Abschnitt 12.1.1.4) beschrieben.
Beispiele für Anwendungen	- <i>Schnelle Vermehrung (a_S_06_03)</i> - <i>Vermehren > gegessen [sic!] (a_R_04_22)</i> - <i>schnelle Verbreitung (c_A_19_x)</i> - <i>kommen ganz oft vor (c_A_22_05)</i> - <i>vermehren sich schnell (c_Y_07_06)</i> - <i>schnelle Vermehrung (b_N_11_23)</i> - <i>nachwachsen (b_M_12_05)</i>
Name der Kategorie:	7 Sonstige Aussagen
Inhaltliche Beschreibung	Aussagen, die keiner der Kategorien 3- 6 zugeordnet werden konnten. Zum Teil ident mit „unzutreffende Aussagen“.
Beispiele für Anwendungen	- <i>Tiere wie Füchse kommen nicht Baumkrone [sic!] (a_M_25_39)</i> - <i>Tötet ander Pflanzen in Umgebung [sic!] (a_K_23_82)</i> - <i>Blühte kann sich klein machen [sic!] (a_K_10_06)</i> - <i>Kräftige Farben (a_F_01_07)</i> - <i>Macht ihre Blüten zu (c_J_03_58)</i> - <i>Große Blätter (c_V_17_1)</i> - <i>Wächst hoch (b_M_30_27)</i> - <i>Nutzt die Blätter als Verteidigung (b_C_21_05)</i>
Name der Kategorie:	8 Verneinung von Abwehrmechanismus
Inhaltliche Beschreibung	Explizite Erwähnung, dass es keine Überlebensmechanismen gibt
Beispiele für Anwendungen	- <i>kann sich nicht bewegen, fressen [sic!] (a_M_13_01)</i> - <i>ist leicht zu fressen, kein [???] (a_M_13_01)</i> - <i>gar nicht (b_T_08_42)</i> - <i>kann sich nicht bewegen (b_S_03_06)</i>

6.3.2.3 Anmerkungen

Einigen Schüler_innen waren die Namen der Pflanzen, Tiere oder anorganischen Stoffe nicht bekannt, es wurde daher darauf hingewiesen, dass die Namen in der Liste den Abbildungen auf dem Fragebogen zugehörig sind. Bei der Auswertung der Fragebögen wurde erkannt, dass Verbesserungen auf einer Seite des Fragebogens nicht auf die zweite Seite übernommen wurden. Der Umstand, dass nicht alle Namen unter den Abbildungen mit den Namen in der Tabelle übereinstimmten, führte zu Verwirrung unter den Schüler_innen. Daher wurden sowohl Aussagen, die zu den Bildern, als auch Aussagen, die zu den Namen der Lebewesen passten, als „richtig“ gewertet. Davon betroffen sind die Paare Kirschbaum/ Ahorn, Weinbergschnecke/ Schnecke (keine Probleme), Osterluzeifalter/ Schmetterling, Maiglöckchen-Blattwespe/ Raupe.

6.4 Test zur statistischen Überprüfung von Unterschiedshypothesen

Da maximal 18 Schüler_innen einer homogenen Gruppe zu beiden Zeitpunkten (vorher/ nachher) für eine Testung zur Verfügung standen, wurde der Rangsummentest von Wilcoxon zur Überprüfung der Signifikanz der Unterschiede herangezogen. Dieser Test ist für kleine Stichproben, die verbunden sind, geeignet (hier: gleiche Population vorher - nachher). Bei diesem Test wird für jedes Messwertpaar die Differenz berechnet, die Paarwertdifferenzen in eine Rangreihe gebracht und Paarwerte mit einer Differenz von null werden aus der Reihe entfernt. Je größer die Anzahl der Null-Differenzen ist, desto eher wird angenommen, dass die beiden Messwertreihen aus Populationen stammen, die keine Unterschiede hinsichtlich der zentralen Tendenz zeigen (H_0 wird als zutreffend angenommen). Die Summe der Rangplätze mit dem selteneren Vorzeichen (T) wird zu der Summe der Rangplätze mit dem häufigeren Vorzeichen (T') in folgende Beziehung gesetzt:

$$T + T' = \frac{n \times (n + 1)}{2}$$

n ... Anzahl der Paardifferenzen reduziert um Anzahl der Null- Differenzen

Wenn H_0 zutreffend ist, ergibt sich der T-Wert als die halbe Summe aller Rangplätze:

$$\mu_T = \frac{n \times (n + 1)}{4}$$

Je stärker der empirische T-Wert von μ_T abweicht, desto unwahrscheinlicher ist es, dass der gemessene Unterschied zufällig entstanden ist (vgl Bortz und Schuster 2010, S. 133–134). Der Wilcoxon- Test wurde mittels SPSS 17 berechnet.

6.5 Box Plots

Die Daten über das Pflanzenwissen wurden zum Teil in Form von modifizierten Box-Plots visualisiert. Box-Plots bestehen aus einem Kasten (Box) und Linien (Whiskers). Der untere Rand des Kastens ist durch das untere Quartil $x_{0,25}$, der obere Rand des Kastens durch das obere Quartil $x_{0,75}$ festgelegt. Der Abstand zwischen dem oberen und unteren Rand entspricht dem Quartilsabstand Q , die mittleren 50 % der Daten befinden sich innerhalb des Kastens. Die Linie innerhalb des Kastens zeigt den Median der Beobachtungswerte. 50 % der Datenpunkte befinden sich darüber, 50 % der Beobachtungspunkte darunter. Die Enden der Whiskers markieren bei einem modifizierten Box-Plot eine obere und eine untere Grenze des Bereichs $x_{0,25} - 1,5Q$ bis $x_{0,75} + 1,5Q$. Die Länge der Whiskers beträgt maximal das 1,5-fache des Interquartilsabstands. Datenpunkte außerhalb dieses Bereichs werden als einzelne Punkte angezeigt. Diese werden zwar als Ausreißer bezeichnet, können aber durchaus korrekt erfasst worden sein und die realen Begebenheiten darstellen (Burkschat et al. 2004, S. 65, 68, 106–108). In diesen Box-Plots wird darüber hinaus der Mittelwert mit einem $\bar{x}$ markiert.

7 Ergebnisdarstellung

7.1 Motivationale Regulation - Multiple-Choice Test

Der Fragebogen zur Bestimmung der motivationalen Regulation beim Lernen wurde von den Schüler_innen einmal vor der Unterrichtsreihe und einmal nach der jeweiligen Aktivität zum Thema Abwehrmechanismen von Pflanzen ausgefüllt. Dabei war die Aktivität für jede Gruppe inhaltlich gleich, aber methodisch unterschiedlich gestaltet (siehe Abbildung 18).

7.1.1 Vergleich der Regulationsstile

Um den Einfluss von Kartenspiel und Freilanderlebnis auf einzelne Aspekte der motivationalen Regulation zu ermitteln, wurden statistische Kennwerte für jede Skala bei allen Versuchsgruppen ermittelt und in Tabelle 2 gegenübergestellt.

Tabelle 2: Kennwerte der Skalen der motivationalen Regulation. Einzelne Regulationsstile im Vergleich.

Vorher: Die Ergebnisse der ersten Befragung vor der Unterrichtsreihe, während: Ergebnisse der Befragung direkt nach der Aktivität. Skalenwerte wurden in Excel folgendermaßen abgestuft: „stimmt völlig“ = „5“ bis „stimmt überhaupt nicht“ = „1“. Berechnung siehe Seite 51, Fragebogen siehe Anhang 12.2.1.)

		intrinsisch		identifiziert		introjiert		external	
Methode		vorher	während	vorher	während	vorher	während	vorher	während
Freiland (F)	Mittelwert	3,36	2,92	3,81	2,96	2,88	2,67	2,83	2,88
	Median	3,30	2,90	4,13	2,88	2,88	2,46	2,63	2,75
	N	16	16	16	16	16	16	16	16
	Standard-abweichung	1,10	1,15	1,07	1,15	0,87	0,74	1,01	0,95
Karten (K)	Mittelwert	3,52	2,79	3,34	2,63	2,65	2,34	2,63	2,48
	Median	3,40	3,00	3,25	2,38	2,50	2,25	2,50	2,38
	N	16	16	16	16	16	16	16	16
	Standard-abweichung	0,62	0,74	0,99	0,97	0,55	0,54	0,79	0,83
Karten + Freiland (KF)	Mittelwert	3,52	3,59	3,11	2,78	2,68	2,50	2,71	2,54
	Median	3,50	3,70	3,13	2,63	2,63	2,38	2,50	2,25
	N	18	18	18	18	18	18	18	18
	Standard-abweichung	0,76	0,92	1,10	1,09	0,62	0,63	1,00	0,96
Ins gesamt	Mittelwert	3,47	3,12	3,41	2,79	2,73	2,50	2,72	2,63
	Median	3,40	3,00	3,63	2,50	2,75	2,25	2,50	2,50
	N	50	50	50	50	50	50	50	50
	Standard-abweichung	0,83	1,00	1,08	1,06	0,68	0,64	0,93	0,91

Tabelle 2 zeigt Mittelwerte, Mediane, Stichprobenumfang und Standardabweichung der Gesamtstichprobe sowie der Teilstichproben „Freiland“, „Karten“ und „Karten + Freiland“ aufgegliedert in „intrinsische -“, „identifizierte -“, „introjierte -“ und „externale Regulation der Motivation“. Bei der ersten Befragung (vorher) wiesen die Schüler_innen aller Gruppen

über dem Skalenmittelpunkt (3 = „Stimmt teils/ teils“) liegende Werte in der intrinsischen und identifizierten Regulation auf. Die Mittelwerte und Mediane für die introjierte und externe Regulation lagen unter dem Skalenmittelpunkt.

7.1.1.1 Freiland

Bei der Gruppe Freiland sinken bei der zweiten Testung Mittelwerte sowie Mediane aller Regulationsstile mit Ausnahme der externalen Regulation. Dieser Wert liegt nur bei dieser Gruppe über dem Wert der ersten Befragung ($\bar{x} \sim 2,8 \rightarrow 2,9$; $\tilde{x} \sim 2,6 \rightarrow 2,8$). Der Unterschied in der identifizierten Regulation der Motivation ist mit einer Differenz von mehr als einem Skalenabschnitt am auffälligsten. Diese Gruppe zeigte bei der ersten Ausgabe des Fragebogens die höchsten Werte der identifizierten Regulation ($\bar{x} \sim 3,8 \rightarrow 3$; $\tilde{x} \sim 4,1 \rightarrow 2,9$). Die Unterschiede zwischen, vor und während der Aktivität sind laut dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test nur betreffend die identifizierte Regulation zu über 95% statistisch signifikant (intr.: Wilcoxon-VZ-RT = -1,583; p = 0,114, n=13; ident.: Wilcoxon-VZ-RT = -2,673; p = 0,008, n=13; introj.: Wilcoxon-VZ-RT = -0,946; p = 0,344, n=13; extr. Wilcoxon-VZ-RT = -0,770; p = 0,441, n=13. Eine Übersicht über die Hypothesentests ist im Anhang Tabelle 8 beigefügt).

7.1.1.2 Karten

Direkt nach dem Kartenspiel im Schulgebäude liegen die Mittelwerte aller Skalen unter dem Skalenmittelpunkt. Der intrinsische und identifizierte Regulationsstil ($\bar{x} \sim 3,5 \rightarrow 2,8$; und $\bar{x} \sim 3,3 \rightarrow 2,6$) sinken stärker als die introjierte und externe Regulation ($\bar{x} \sim 2,6 \rightarrow 2,3$; und $\bar{x} \sim 2,6 \rightarrow 2,5$). Werden die Mediane betrachtet, so fällt der Wert der intrinsisch regulierten Regulation auf den Skalenmittelpunkt, die Mediane der weiteren Regulationsstile liegen unter dem Skalenmittelpunkt (identifiziert: $\tilde{x} \sim 3,3 \rightarrow 2,4$; introjiert: $\tilde{x} \sim 2,5 \rightarrow 2,3$; external: $\tilde{x} \sim 2,5 \rightarrow 2,4$). Die Änderungen der intrinsischen, identifizierten und introjierten Regulation vor und nach der Intervention sind laut Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest zu über 95 % statistisch signifikant, die Abnahme der externalen Regulation nicht (intr.: Wilcoxon-VZ-RT = -2,829; p = 0,005, n=16; ident.: Wilcoxon-VZ-RT = -2,482; p = 0,013, n=16; introj.: Wilcoxon-VZ-RT = -2,001; p = 0,045, n=16; extr. Wilcoxon-VZ-RT = -0,858; p = 0,391, n=16. Eine Übersicht über die Hypothesentests ist im Anhang in Tabelle 9 zu finden).

7.1.1.3 Karten + Freiland

Schüler_innen, die im Freiland Karten gespielt haben, geben als einzige Gruppe direkt nach der Intervention ein höheres Empfinden von intrinsischer Regulation an ($\bar{x} \sim 3,5 \rightarrow 3,6$; $\tilde{x} \sim 3,5 \rightarrow 3,7$). Die Werte der anderen Regulationsstile gehen zurück. Identifizierte

Regulation zeigt hierbei den stärksten Rückgang ($\bar{x} \sim 3,1 \rightarrow 2,8$; $\tilde{x} \sim 3,1 \rightarrow 2,6$). Laut dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test sind die Änderungen vor und nach der Intervention für keinen der Regulationsstile statistisch signifikant (intr.: Wilcoxon-VZ-RT = -0,986; p = 0,324, n=15; ident.: Wilcoxon-VZ-RT = -1,912; p = 0,056, n=15; introj.: Wilcoxon-VZ-RT = -0,717; p = 0,473, n=15; extr. Wilcoxon-VZ-RT = -1,309; p = 0,191, n=15. Übersichten über die Hypothesentests finden sich im Anhang in Tabelle 10).

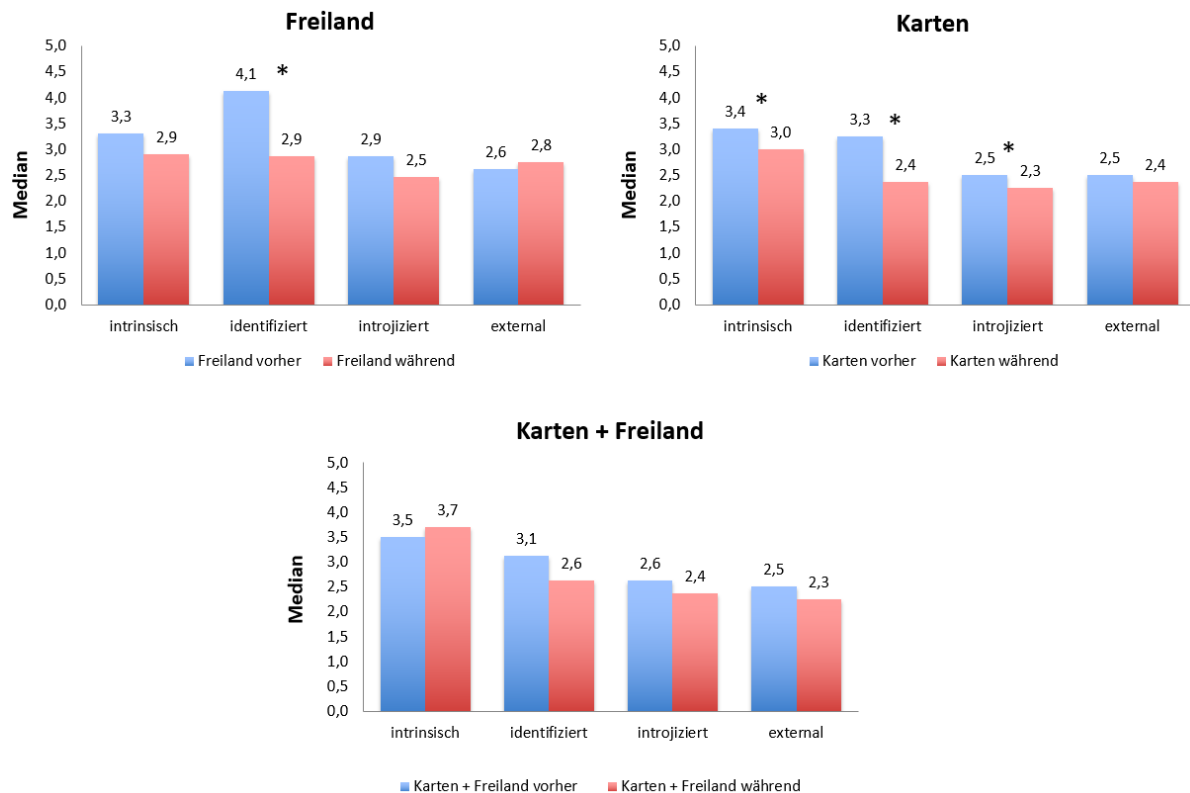


Abbildung 20: Einzelne Regulationsstile, Mediane im Vergleich.

* bedeutet Unterschied signifikant auf Signifikanzniveau .05

Eine grafische Darstellung der Mediane findet sich in Abbildung 20. Der Median wurde gewählt, da er sich im Vergleich zum arithmetischen Mittel robust gegenüber Ausreißern verhält (Burkschat et al. 2004, S. 87). Bei allen drei Gruppen ist der Regulationsstil, der die stärkste Differenz aufweist, die identifizierte Regulation der Motivation. Gruppe Freiland gibt vor der Intervention das stärkste Empfinden von identifizierter Regulation an. Diese Gruppe zeigt auch die stärkste Abnahme, während die Gruppe Karten + Freiland den geringsten Rückgang aufweist. Schüler_innen der Gruppen Freiland sowie Karten geben nach der Aktivität ein niedrigeres Empfinden von intrinsischer Regulation an als davor. Im Gegensatz dazu empfinden Schüler_innen, die sich im Freiland mit den Karten beschäftigten, ein

höheres Maß an intrinsischer Motivation als vorher. Die einzige Gruppe, bei der die externale Motivation durch die Intervention steigt, ist die Gruppe Freiland.

7.1.2 Vergleich der Selbstbestimmungsindizes

Der Selbstbestimmungsindex (SDI) ist ein relatives Maß für die wahrgenommene Selbstbestimmung. Er errechnet sich aus den einzelnen Regulationsstilen wie in Abschnitt 6.1.2 beschrieben. Negative Werte bedeuten, dass die Lernenden ein Gefühl der Fremdbestimmung oder Kontrolle empfinden, während positive Werte die Wahrnehmung von Selbstbestimmung anzeigen (Müller et al. 2007, S. 8).

Um den Einfluss der verschiedenen Aktivitäten auf die Wahrnehmung von Selbst- oder Fremdbestimmung zu verdeutlichen, wurden die Kennwerte der Selbstbestimmungsindizes der drei Gruppen Freiland, Karten und Karten + Freiland in Tabelle 3 gegenübergestellt.

Tabelle 3: Kennwerte der Selbstbestimmungsindizes vor und während der Intervention
_v (vorher) kennzeichnet den Befragungszeitpunkt vor der Unterrichtsreihe, _w (während) bezeichnet die Ergebnisse der Befragung direkt nach der Aktivität. Der SDI errechnet sich aus den einzelnen Regulationsstilen (siehe Seite 51)

Methode		SDI v	SDI w
Freiland (F)	Mittelwert	2,00	0,37
	Median	2,00	0,40
	N	16	16
	Standard-abweichung	3,28	3,17
Karten (K)	Mittelwert	2,48	0,91
	Median	2,90	1,20
	N	16	16
	Standard-abweichung	2,57	2,95
Karten + Freiland (KF)	Mittelwert	2,06	2,37
	Median	2,23	2,63
	N	18	18
	Standard-abweichung	3,08	3,46
Ins gesamt	Mittelwert	2,17	1,26
	Median	2,48	1,40
	N	50	50
	Standard-abweichung	2,94	3,26

Die Selbstbestimmungsindizes aller drei Gruppen zeigen sowohl vor als auch direkt im Anschluss an die Intervention positive Werte. Das deutet darauf hin, dass die Schüler_innen sich in beiden Situationen eher selbstbestimmt als kontrolliert wahrnahmen.

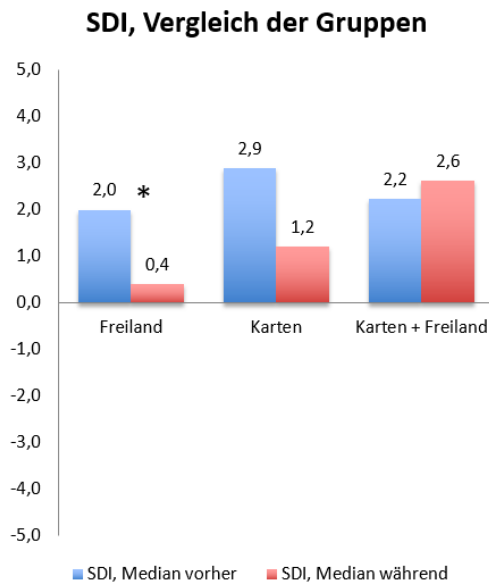


Abbildung 21: Vergleich der Wahrnehmung von Selbstbestimmung vor und während verschiedener Aktivitäten zum Thema Abwehrmechanismen von Pflanzen.

* bedeutet Unterschied signifikant auf Signifikanzniveau .05

Vor der Intervention gibt die Gruppe Karten den höchsten SDI an. Die Gruppen Karten + Freiland und Freiland geben vergleichbare Werte an.

Nach der jeweiligen Aktivität sanken die Selbstbestimmungsindizes der Gruppen Freiland und Karten im Vergleich zur ersten Befragung um rund zwei Skalenabschnitte (Freiland: $\Delta \tilde{x}_{SDI} \sim -1,6$; Karten: $\Delta \tilde{x}_{SDI} \sim -1,7$). Das weist auf einen Anstieg der Wahrnehmung von Kontrolle hin. Im Gegensatz dazu gibt die Gruppe, die im Freiland Karten spielte, nach der Aktivität einen höheren Grad an Selbstbestimmung als in der Stunde vor der Unterrichtsreihe an ($\Delta \tilde{x}_{SDI} \sim +0,4$).

Die Unterschiede der Mediane des SDI-Index zwischen vor und nach der Aktivität sind innerhalb der Gruppe Freiland laut dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test zu über 95% statistisch signifikant, innerhalb der Gruppen Karten sowie Karten + Freiland jedoch nicht (**F**: Wilcoxon-VZ-RT = -2,328, $p = 0,020$, $n=16$; **K**: Wilcoxon-VZ-RT = -1,940, $p = 0,052$, $n=16$; **KF**: Wilcoxon-VZ-RT = 0,370; $p = 0,711$, $n=18$). Eine Übersicht über die Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests für den Selbstbestimmungsindex ist in Tabelle 11, Tabelle 12 und Tabelle 13 im Anhang zusammengestellt.

Bei Betrachtung von Abbildung 21 fällt auf, dass die SDIs zwischen den verschiedenen Gruppen vor der Intervention eine geringere Differenz aufweisen als kurz nach der jeweiligen Aktivität zum Thema ($\Delta \tilde{x}_{\text{maximal}} \text{ vorher} = 0,9$, $\Delta \tilde{x}_{\text{maximal}} \text{ während} = 2,2$). Das deutet darauf hin, dass Unterschiede in der Wahrnehmung von Selbstbestimmung oder Kontrolle auf die Aktivität zurückzuführen sind.

7.2 Interesse an Pflanzen – Multiple-Choice Test

Gemeinsam mit dem Fragebogen zur Ermittlung der motivationalen Regulation wurden den Schüler_innen Fragen zur Erhebung des Interesses an Pflanzen vorgelegt (siehe Abbildung 18). Um die Auswirkung der Intervention auf das Interesse an Pflanzen darzustellen, wurden Mittelwerte und Mediane aller Antworten bestimmt und in Tabelle 4 zusammengestellt.

Tabelle 4: Kenngrößen der Skala „Interesse an Pflanzen“.

Interesse_v = Angaben vor der Unterrichtsreihe, Interesse_w = Daten, die im Anschluss an die Aktivität erhoben wurden. Δ = Interesse_w – Interesse_v. Skalenwerte wurden in Excel folgendermaßen abgestuft: „stimmt völlig“ = „5“ bis „stimmt überhaupt nicht“ = „1“. Berechnung siehe 53, Fragebogen siehe Anhang 12.2.2.)

Methode		Interesse v	Interesse w
Freiland (F)	Mittelwert	2,58	2,62
	Median	2,55	2,60
	N	16	16
	Standard-abweichung	0,66	0,80
Karten (K)	Mittelwert	2,82	2,59
	Median	2,90	2,65
	N	16	16
	Standard-abweichung	0,42	0,54
Karten + Freiland (KF)	Mittelwert	3,02	3,08
	Median	2,80	3,00
	N	18	18
	Standard-abweichung	0,86	0,91
Ins gesamt	Mittelwert	2,82	2,78
	Median	2,76	2,80
	N	50	50
	Standard-abweichung	0,69	0,79

Vor der Unterrichtsreihe zeigen Schüler_innen der Gruppe Karten + Freiland im Mittel das höchste Interesse an Pflanzen, werden die Mediane betrachtet, jedoch die Gruppe Karten (K: $\bar{x} \sim 2,8$; $\tilde{x} \sim 2,9$; K + F: $\bar{x} \sim 3$; $\tilde{x} \sim 2,8$). Die größten Unterschiede vor und nach der Intervention sind bei Gruppe K zu finden ($\Delta\bar{x} \sim -0,06$, $\Delta\tilde{x} = -0,25$).

Die Mediane des Interesses an Pflanzen der drei Gruppen sind in Abbildung 22 grafisch gegenübergestellt. Auffallend ist, dass Gruppe K anfangs das höchste Interesse an Pflanzen angibt, nach der Aktivität aber die einzige Gruppe ist, bei der das Interesse sinkt.

Die Unterschiede der Mediane des Interesses an Pflanzen zwischen vor und nach der Aktivität sind nur innerhalb der Gruppe K zu über 95% statistisch signifikant (**F**: Wilcoxon-VZ-RT = -0,589, p = 0,556, n=13; **K**: Wilcoxon-VZ-RT = -2,160; p = 0,031, n=16; **KF**: Wilcoxon-VZ-RT -1,058; p = 0,290, n=15).

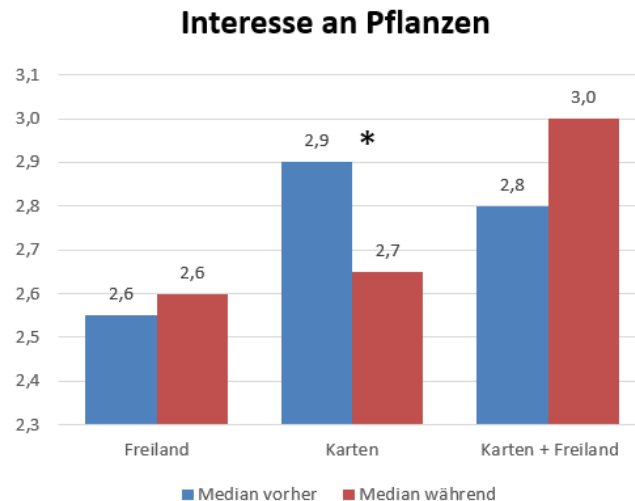


Abbildung 22: Mediane des Multiple-Choice Tests zur Erhebung des Interesses an Pflanzen

* bedeutet Unterschied signifikant auf Signifikanzniveau .05

7.3 Pflanzenwissen

Um den Zuwachs an Wissen über Pflanzen zu überprüfen, wurde der Fragebogen FB_2/offen_LW+Abw den Schüler_innen am Anfang, sowie drei Wochen nach der Unterrichtsreihe vorgelegt (siehe Abbildung 18 und Seite 53 ff).

Bei den Aktivitäten fehlten bei allen Gruppen in Summe 14 Schüler_innen. Daher wurden die Lernenden bei der Auswertung des dichotomen und des offenen Fragebogens in vier Gruppen statt bislang drei eingeteilt. Schüler_innen der Gruppe L bearbeiteten zwar den Leseauftrag, waren aber bei der Aktivität zum Thema Abwehrmechanismen der Pflanzen abwesend.

7.3.1 Einstufung von Pflanzen als Lebewesen - Dichotomer Fragebogen

Keiner der Lernenden kreiste bei der ersten Vorlage des Fragebogens weniger als sechs von sieben abgebildeten Pflanzen ein. Dieses Item wurde daher als „zu leicht“ eingestuft und ist nicht geeignet, um die befragten Schüler_innen hinsichtlich des Pflanzenwissens zu differenzieren. Es wurde daher ausgeschlossen.

7.3.2 Kenntnis von Abwehrmechanismen - Offener Fragebogen

Durch den Fragebogen werden die Schüler_innen dazu aufgefordert, in Stichworten so viele Abwehr-, bzw. Überlebensmechanismen, wie ihnen einfallen, zu nennen (Fragebogen siehe Anhang 12.2.4).

7.3.2.1 Aussagen gesamt

Zunächst wurden alle Aussagen zum Thema Fraßabwehr, ungeachtet, ob sie auf die jeweilige Pflanze zutreffen oder nicht, gezählt. Kennwerte sind in Tabelle 5 gezeigt. Bei allen Gruppen ist nach der Intervention eine Zunahme an Aussagen ersichtlich. Im Schnitt zeigt die Gruppe L den geringsten Zuwachs ($\Delta\bar{x} \sim +1,3$) während die Gruppe K im Mittel den höchsten Anstieg an Nennungen vorweist ($\Delta\bar{x} \sim +2,8$).

Tabelle 5: Vergleich der Gesamtzahl der Aussagen zu pflanzlichen Abwehrmechanismen vor und drei Wochen nach der Unterrichtsreihe. Kennwerte und mittlere Differenz Δ .

Methode		Anzahl Aussagen zu Pflanzen gesamt vorher	Anzahl Aussagen zu Pflanzen gesamt nachher	Δ
nur Leseauftrag (L)	Mittelwert	2,00	3,29	1,29
	Median	1,00	2,00	1,00
	N	14	14	
	Standardabweichung	1,88	3,17	
Freiland (F)	Mittelwert	2,00	4,43	2,43
	Median	1,50	4,00	2,50
	N	14	14	
	Standardabweichung	2,45	2,34	
Karten (K)	Mittelwert	2,71	5,47	2,76
	Median	3,00	6,00	3,00
	N	17	17	
	Standardabweichung	1,93	1,77	
Karten + Freiland (KF)	Mittelwert	1,94	3,81	1,88
	Median	1,50	3,50	2,00
	N	16	16	
	Standardabweichung	2,21	2,07	
Insgesamt	Mittelwert	2,18	4,30	2,11
	Median	2,00	5,00	3,00
	N	61	61	
	Standardabweichung	2,09	2,45	

Bei Betrachtung der Box Plots in Abbildung 23 fällt auf, dass die Schwankungsbreite in allen Gruppen groß ist. Vor der Aktivität ist die Schwankungsbreite zwischen den Gruppen vergleichbar, nach der Intervention zeigt die Gruppe L die größte Schwankungsbreite, während die Anzahl der Nennungen verschiedener Schüler_innen der Gruppe K relativ knapp beieinanderliegen.

Vor der Intervention schreiben 50 % der Lernenden der Gruppen L, F und KF weniger als zwei Aussagen nieder (L: $\tilde{x} \sim 1$, F: $\tilde{x} \sim 1,5$, KF: $\tilde{x} \sim 1,5$), allein in der Gruppe K wurden von 50 % der Schüler_innen drei oder mehr Aussagen getätigt ($\tilde{x} \sim 3$), 75 % der Lernenden

nennen jedoch maximal vier Aussagen. Eine Person der Gruppe F notiert am Anfang der Unterrichtsreihe sogar 9 Aussagen.

Nach der Intervention zeigen alle Gruppen eine Verbesserung. Bei der Gruppe L steigt der Maximalwert zwar stark an (6 Aussagen → 10 Aussagen), 50 % der Schüler_innen nennen aber immer noch zwei oder weniger Abwehrmechanismen ($\bar{x} \sim 2$). Bei den Gruppen K und KF tätigen nach der Intervention alle Schüler_innen mindestens eine Äußerung. In den Gruppen L und F gibt es noch Personen, die keinerlei Aussagen niederschreiben, wobei bei der Gruppe F zu diesem Zeitpunkt 75 % der Schüler_innen drei Aussagen und mehr tätigen. 25 % aller Lernenden können drei Wochen nach der Aktivität circa sechs oder mehr Begriffe niederschreiben. Der Maximalwert der Gruppe K wird zwar kaum verschoben (7 Aussagen → 8 Aussagen), dafür verbessern sich mehr Schüler_innen als in den anderen Gruppen. Nur zwei Personen in dieser Kohorte schreiben nach dem Kartenspiel weniger als 5 Aussagen nieder.

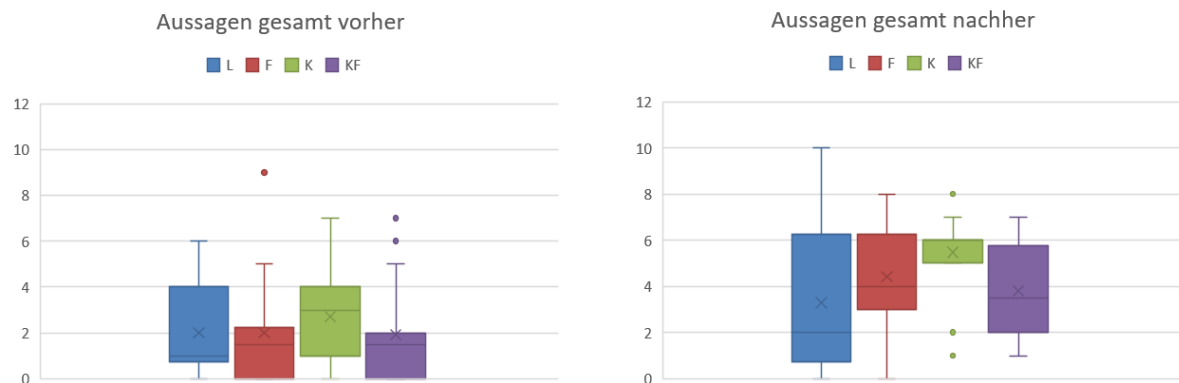


Abbildung 23: Anzahl der Aussagen zu pflanzlichen Abwehrmechanismen vor (links) und drei Wochen nach (rechts) der Unterrichtsreihe.

L = nur Leseauftrag, F = Freiland, K = Karten, KF = Karten + Freiland,

7.3.2.2 Zutreffende Aussagen

Als nächster Schritt wurde die Anzahl an richtigen Aussagen ermittelt. Tabelle 6 zeigt die Kennwerte der Erhebung an zutreffenden Aussagen. Auch hier zeigt die Gruppe K den deutlichsten Zuwachs, während die Gruppe L die geringste Verbesserung aufweist (K: $\Delta \bar{x} \sim + 2,7$; $\Delta \tilde{x} \sim + 3$; L: $\Delta \bar{x} \sim + 0,9$; $\Delta \tilde{x} \sim + 1$).

Tabelle 6: Zutreffende Aussagen zum Thema Abwehrmechanismen vor und drei Wochen nach der Unterrichtsreihe. Kennwerte und mittlere Differenz im Gruppenvergleich.

Methode		zutreffende Aussagen zu Pflanzen vorher	zutreffende Aussagen zu Pflanzen nachher	Δ
nur Leseauftrag (L)	Mittelwert	1,43	2,36	0,93
	Median	1,00	2,00	1,00
	N	14	14	
	Standardabweichung	1,50	2,47	
Freiland (F)	Mittelwert	1,29	3,43	2,14
	Median	1,00	3,00	2,00
	N	14	14	
	Standardabweichung	1,20	2,03	
Karten (K)	Mittelwert	1,76	4,47	2,71
	Median	2,00	5,00	3,00
	N	17	17	
	Standardabweichung	1,20	1,81	
Karten + Freiland (KF)	Mittelwert	1,31	3,38	2,06
	Median	1,00	3,00	2,00
	N	16	16	
	Standardabweichung	1,74	2,39	
Insgesamt	Mittelwert	1,46	3,46	2,00
	Median	1,00	3,00	2,00
	N	61	61	
	Standardabweichung	1,41	2,26	

Aus Abbildung 24 geht hervor, dass 75% der Lernenden den genannten Pflanzen vor der Unterrichtsreihe zwischen null und zwei (Gruppen L, F und KF) bzw. eine (Gruppe KF) zutreffende Aussagen zuordnen konnten. Vereinzelte Schüler_innen der Gruppen L und KF nennen am Anfang der Unterrichtsreihe bis zu fünf zutreffende Aussagen. Im Median nennen die Schüler_Innen eine (Gruppen L, F und KF) bzw. zwei korrekte Aussagen (Gruppe K).

Nach der Unterrichtsreihe schreiben die Schüler_innen zwischen null und sieben passende Aussagen nieder. Ein_e Schüler_in der Gruppe F ordnet den Pflanzen sogar acht zutreffende Abwehrmechanismen zu. Die Gruppe L zeigt auch hier die größte Spannweite, bleibt im Mittel allerdings hinter den anderen Gruppen zurück ($\bar{x} \sim 2,4$; $\tilde{x} \sim 2$). 75 % der

Lernenden der Gruppen F und KF können den Pflanzen nach der Intervention mindestens zwei Abwehrmechanismen korrekt zuordnen, der Median steigt bei beiden Gruppen von einer auf drei zutreffende Aussagen. Die Gruppe KF zeigt im Vergleich zur Gruppe F jedoch die größere Spannweite. Den frappantesten Zuwachs zeigt auch hier Gruppe K. Alle Schüler_innen nennen mindestens einen zutreffenden Abwehrmechanismus, der Median steigt in dieser Gruppe von zwei korrekt zugeordneten Überlebensmechanismen auf fünf.

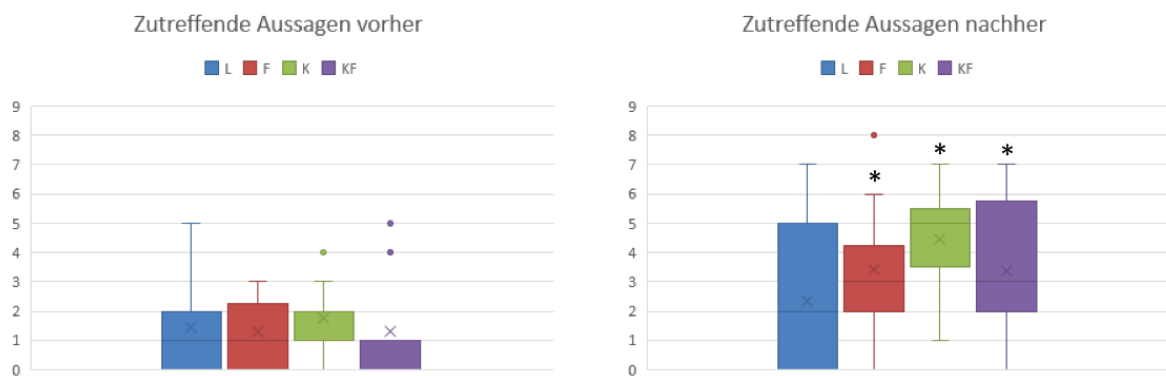


Abbildung 24: Anzahl der zutreffenden Aussagen zu pflanzlichen Abwehrmechanismen vor (links) und drei Wochen nach der Unterrichtsreihe (rechts).

L = nur Leseauftrag, F = Freiland, K = Karten, KF = Karten + Freiland

* bedeutet Unterschied signifikant auf Signifikanzniveau .05

Der Zuwachs an Aussagen über pflanzliche Abwehrmechanismen wurde mittels Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Test auf Signifikanz überprüft. Die Unterschiede zwischen vor und nach der Aktivität sind innerhalb aller Gruppen, die an einer Aktivität teilnahmen zu über 95% statistisch signifikant (**F**: Wilcoxon-VZ-RT = 2,886, $p = 0,004$, $n=14$; **K**: Wilcoxon-VZ-RT = 3,313, $p = 0,001$, $n=17$; **KF**: Wilcoxon-VZ-RT = 3,153, $p = 0,002$, $n=16$). Innerhalb der Gruppe, die nur den Leseauftrag bearbeitete, sind die Unterschiede zwischen vor und nach der Unterrichtsreihe statistisch nicht signifikant (Wilcoxon-VZ-RT = 1,704; $p = 0,088$, $n=14$). Eine Übersicht über die Hypothesentests findet sich in Anhang 12.3.3.1.

7.3.2.3 Relativer Anteil an zutreffenden Aussagen

Abschließend wurde die Anzahl an richtigen Aussagen in Relation zur Gesamtzahl an Nennungen gesetzt. In Tabelle 7 sind die Gesamtzahl an Nennungen, die Anzahl richtiger Nennungen und der relative Anteil der Richtigen an Allen (RAN) vorher und drei Wochen nach der Maßnahme gegenübergestellt.

Tabelle 7: Verhältnis von richtigen Nennungen zu Gesamtnennungen.

RAN = relativer Anteil der Richtigen an Nennungen gesamt

Methode		Anzahl Aussagen zu Pflanzen gesamt vorher	Anzahl zutreffende Aussagen zu Pflanzen vorher	RAN vorher	Anzahl Aussagen zu Pflanzen gesamt nachher	Anzahl zutreffende Aussagen zu Pflanzen nachher	RAN nachher
nur Leseauftrag (L)	Mittelwert	2,00	1,43	60,71	3,29	2,36	52,65
	Median	1,00	1,00	75,00	2,00	2,00	68,33
	N	14	14	14	14	14	14
	Standardabweichung	1,88	1,50	43,66	3,17	2,47	42,54
Freiland (F)	Mittelwert	2,00	1,29	53,10	4,43	3,43	74,08
	Median	1,50	1,00	55,00	4,00	3,00	77,50
	N	14	14	14	14	14	14
	Standardabweichung	2,45	1,20	46,20	2,34	2,03	29,85
Karten (K)	Mittelwert	2,71	1,76	60,27	5,47	4,47	83,92
	Median	3,00	2,00	66,67	6,00	5,00	87,50
	N	17	17	17	17	17	17
	Standardabweichung	1,93	1,20	37,58	1,77	1,81	22,70
Karten + Freiland (KF)	Mittelwert	1,94	1,31	46,13	3,81	3,38	84,38
	Median	1,50	1,00	50,00	3,50	3,00	100,00
	N	16	16	16	16	16	16
	Standardabweichung	2,21	1,74	41,23	2,07	2,39	35,21
Insgesamt	Mittelwert	2,18	1,46	55,02	4,30	3,46	74,61
	Median	2,00	1,00	60,00	5,00	3,00	87,50
	N	61	61	61	61	61	61
	Standardabweichung	2,09	1,41	41,40	2,45	2,26	34,57

Der Anteil an richtigen Nennungen pro Gesamtzahl an Aussagen steigt bei allen Gruppen, die an einer Aktivität zur Festigung des Wissens teilnahmen. Am deutlichsten steigt der relative Anteil an zutreffenden Aussagen bei der Gruppe, die im Freiland Karten spielte (siehe Abbildung 25). Lernende dieser Gruppe notieren nach der Intervention zwar im Vergleich zur Gruppe Karten weniger zutreffende Aussagen, der Anteil an Gesamtnennungen liegt aber ebenso unter dem der Vergleichsgruppe K (KF: $\bar{x}_{\text{ges}} \sim 3,8$; $\tilde{x}_{\text{ges}} \sim 3,5$; $\bar{x}_{\text{zutreffend}} \sim 3,4$; $\tilde{x}_{\text{zutreffend}} \sim 3$; K: $\bar{x}_{\text{ges}} \sim 5,5$; $\tilde{x}_{\text{ges}} \sim 6$; $\bar{x}_{\text{zutreffend}} \sim 4,5$; $\tilde{x}_{\text{zutreffend}} \sim 5$).

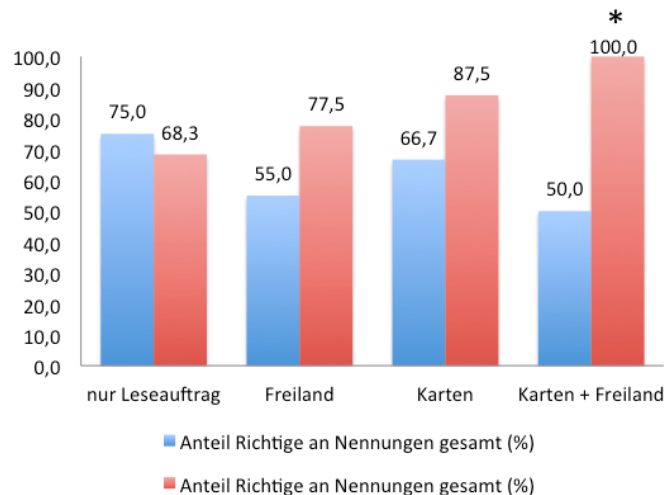


Abbildung 25: Relativer Anteil richtiger Aussagen zu Abwehrmechanismen vor und nach der Intervention

* bedeutet Unterschied signifikant auf Signifikanzniveau .05

Der Unterschied des relativen Anteils von zutreffenden Aussagen pro Gesamtzahl an Aussagen vor und nach der Unterrichtsreihe wurde für jede Gruppe mittels Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test auf Signifikanz getestet (Details siehe Anhang 12.3.3.2). Obwohl die Gruppe K beim Wissenstest die besten Ergebnisse erzielt (siehe Abbildung 24), ist der Zuwachs des relativen Anteils an korrekten Aussagen laut dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test nicht signifikant (Wilcoxon-VZ-RT = 1,933; $p = 0,053$, $n=17$). Die Änderungen in den Gruppen L und F sind nach diesen Parametern ebenfalls statistisch nicht signifikant (**L**: Wilcoxon-VZ-RT = -0,409; $p = 0,683$, $n=14$; **F**: Wilcoxon-VZ-RT = 1,426; $p = 0,154$, $n=14$). Nur innerhalb der Gruppe KF ist der relative Zuwachs zwischen vor und nach der Intervention zu über 95% statistisch signifikant (Wilcoxon-VZ-RT = 2,527, $p = 0,011$, $n=16$).

8 Diskussion

Im Folgenden werden zunächst die zentralen Ergebnisse zusammengefasst und danach den in Kapitel 3.2 vorgestellten Hypothesen gegenübergestellt.

8.1 Zentrale Ergebnisse

Es werden die Fragestellungen nach der Auswirkung von Freiland und Kartenspiel auf die intrinsische Motivation und den Selbstbestimmungsindex, der Einfluss auf das Interesse an Pflanzen und die Auswirkung auf die Merkleistung diskutiert. Die Fragestellung „Wie wirken sich Freiland und Kartenspiel auf die Wahrnehmung von Pflanzen als Lebewesen aus?“ konnte mit dem verwendeten Erhebungsinstrument nicht beantwortet werden. Die betreffenden Ergebnisse werden daher nicht besprochen. Um die Wahrnehmung von Pflanzen als individuelle Lebewesen zu testen, eignet sich meiner Auffassung nach, ein Wimmelbild, das viele Pflanzen und Tierarten in ihrer natürlichen Anordnung zeigt, in Zukunft besser.

8.1.1 Einfluss von Freiland und Kartenspiel auf motivationale Regulation.

Motivation bezeichnet den Auslöser von zielgerichtetem Verhalten (Deci und Ryan 1993; Brandstätter et al. 2018a). Deci und Ryan (1993) unterscheiden je nach Grad an Selbstbestimmung fünf verschiedene Regulationsstile von motiviertem Verhalten. Liegt das Ziel der Handlung im Handeln selbst, so wird von intrinsischer Motivation gesprochen. Wenn das Ziel der Handlung außerhalb der Handlung liegt, wie etwa Belohnungen oder Drohungen, ist das Verhalten extrinsisch motiviert. Je nach Handlungsanreiz wird extrinsische Motivation weiter in integrierte, identifizierte, introjizierte sowie externale Motivation untergliedert (Deci und Ryan 1993).

Der Selbstbestimmungsindex (SDI) berechnet sich aus den einzelnen Regulationsstilen. Positive Ausprägungen des SDI sind ein Maß für wahrgenommene Selbstbestimmung, negative SDI-Werte weisen auf den Eindruck von Kontrolle hin (Müller et al. 2007, S. 7).

Dieser Arbeit liegt die Annahme zugrunde, dass sowohl der Aufenthalt im Freiland, als auch das Spiel mit den Karten einen positiven Einfluss auf die intrinsische Motivation und das Gefühl von Selbstbestimmung ausüben. Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass eine Kombination beider Faktoren eine größere Auswirkung verursacht als jeder alleine.

Um diese Vermutung zu überprüfen, wurden die Schüler_innen in drei Gruppen eingeteilt, eine Gruppe spielte Karten im Klassenraum, eine Gruppe untersuchte Pflanzen im Freiland mithilfe eines Arbeitsblattes und eine Gruppe spielte Karten im Freiland. Den Lernenden wurden die geringfügig adaptierten „Skalen zur motivationalen Regulation beim Lernen von Schülerinnen und Schülern“ von Müller et al. (2007) vorgelegt (siehe Abschnitt 6.1.1,

Anhang 12.2.1) (Müller et al. 2007). Die Lernenden füllten den Fragebogen einmal in einer Stunde zum Thema Genetik aus, die für alle Gruppen möglichst gleich gehalten wurde, einmal nach der jeweiligen Aktivität (Abbildung 18).

8.1.1.1 Kartenspielen im Freiland wirkte sich positiv auf die Selbstbestimmung aus

Nur die Gruppe, die im Freiland Karten gespielt hat, gibt nach der Aktivität ein höheres Maß an intrinsischer Motivation an (Tabelle 2 und Abbildung 20). Der SDI, ein relatives Maß für Selbstbestimmung, der auch andere Regulationsstile der Motivation mitberücksichtigt, zeigt den Unterschied noch deutlicher (Tabelle 3, Abbildung 21). Die Gruppe KF gibt nach der Intervention als einzige Gruppe einen höheren SDI an als davor. Bei den Gruppen F und K sanken die Selbstbestimmungsindizes im Vergleich zur ersten Befragung.

Die Entwicklung von intrinsischer Motivation wird durch drei Faktoren begünstigt: Kompetenzerleben, das Gefühl von Autonomie sowie soziale Eingebundenheit (Deci und Ryan 1993). Autonomie kann durch Wahlfreiheit bezüglich Gruppengröße und Gruppenmitgliedern aber auch durch Kommunikationsstil positiv beeinflusst werden (Koestner et al. 1984; Deci und Ryan 1993; Janowski und Vogt 2006). Kompetenzerleben wird durch eine optimale Diskrepanz zwischen Anforderungen und Fähigkeiten ermöglicht (Deci und Ryan 1993). Das Bedürfnis nach sozialer Eingebundenheit kann durch Interessensbekundung und durch den Aufbau von emotional sicheren Beziehungen befriedigt werden (Ryan et al. 1994).

Anscheinend waren diese drei psychologischen Grundbedürfnisse bei der Gruppe KF am besten erfüllt.

8.1.1.2 Freiland und Karten im Klassenraum minderten die Selbstbestimmung

Eine Betrachtung der einzelnen motivationalen Regulationsstile zeigt, dass die intrinsische Motivation bei den Gruppen F und K im Vergleich zu einer Stunde über Genetik sinkt, bei der Gruppe K sogar signifikant (Tabelle 2 und Abbildung 20). Auch der SDI sinkt bei beiden Gruppen während der Intervention, hier bei der Gruppe F signifikant (Tabelle 3, Abbildung 21).

Es ist überraschend, dass die Faktoren Spiel und Freiland sich negativ auf die wahrgenommene Selbstbestimmung auswirkten. Spielende erleben einen *flow* –Zustand, in dem alles außerhalb der Handlung Liegende nicht mehr wahrgenommen wird (Csikszentmihalyi 1975; Huizinga 1998, S. 10–13; Oerter 2007). Da die Beschreibungen von intrinsischer Motivation und dem *flow* –Zustand beim Spielen einander sehr ähneln, wird gehofft, dass Lernspiele die Entstehung von intrinsischer Motivation beim Lernen begünstigen (Döring 1997, S. 48).

Randler und Bogner (2006) fanden heraus, dass die selbstständige Auseinandersetzung mit Naturelementen im Vergleich zu einem Lehrvortrag ein stärkeres Gefühl von Selbstbestimmung hervorrief (Randler und Bogner 2006).

Andererseits stellten Orion und Hofstein (1994) fest, dass ein zu hoher Neuigkeitswert negative Auswirkungen auf das psychologische Wohlbefinden hat (Orion und Hofstein 1994). Das könnte das Sinken intrinsischer Motivation bei der Gruppe Freiland erklären.

Aber auch die Gruppe KF war mit der Umgebung nicht vertraut. Unter Umständen haben die Karten die Erschließung der Umgebung besser unterstützt, als das Arbeitsblatt die Gruppe F. Wilde und Urhahne (2008) bemerkten, dass geschlossene oder gemischte Aufgabenstellungen bei Lernenden eher eine intrinsische Motivation hervorrufen als offene Aufgabenstellungen (Wilde und Urhahne 2008). Und Berry (2016) hebt hervor, dass das Protokollieren Schüler_innen oft am wenigsten anspricht (Berry 2016). Die Protokollierung der Pflanzeigenschaften durch die Karten ist geschlossener als durch das Arbeitsblatt der Gruppe F. Bei der Untersuchung mit den Karten sind die untersuchten Lebewesen vorgegeben und die Ausprägung der Eigenschaften wird durch Ankreuzen festgehalten. Schüler_innen, die mithilfe des Arbeitsblattes protokollierten, mussten sich die untersuchten Pflanzen selbst aussuchen und waren dazu aufgefordert zu zeichnen, zu beschreiben, zu zählen und zu schätzen (siehe Anhang 12.1.4). Das Sinken der intrinsischen Motivation der Gruppe F ist eventuell auf eine Summierung der Effekte von Neuigkeitswert und offener Fragestellung zurückzuführen.

Die Gruppe K hatte ähnliche Bedingungen im Bereich der sozialen Eingebundenheit (gleiche Lehrerin, Gruppenarbeit, Gruppenwettbewerb) und der Autonomie (wie viele/ welche Karten ausfüllen, Wahlfreiheit der Partner) wie die Gruppe KF. Der Unterschied im Empfinden von Selbstregulation könnte durch unterschiedliches Kompetenzerleben hervorgerufen worden sein. Kompetenzerleben tritt dann ein, wenn die Diskrepanz zwischen Anforderungen und Fähigkeiten auf einem optimalen Level zwischen Langeweile und Überforderung liegt (Deci et al. 1996). Gleiches trifft auf *flow*- Erlebnisse zu (Csikszentmihalyi 1995, S. 43–45).

Die Gruppe KF bearbeitete die Karten mit Hilfe der Pflanzen, die um sie herum wuchsen, die Gruppe K bekam Teillebewesen (Blätter, Zweige, ...) zur Verfügung gestellt, bevorzugte aber das Internet zur Ermittlung der Pflanzeigenschaften. Die Flut der Informationen aus dem Internet könnte überfordernd sein, während die Untersuchung der Wildpflanzen mit den Karten anscheinend weder langweilig noch überfordernd war.

8.1.1.3 Die Identifizierte Motivation fiel bei allen Gruppen

Bei der Betrachtung der einzelnen motivationalen Regulationsstile in Abbildung 20 fällt auf, dass die identifizierte Regulation bei allen drei Gruppen fällt, bei den Gruppen F und K sogar signifikant. Bei identifizierter Regulation wird zwar die Handlung selbst nicht, aber das Resultat als wichtig erachtet (Deci und Ryan 1993). Lernende der Gruppe F hatten ein ausgefülltes Arbeitsblatt und eine Gruppendiskussion als Resultate der Exkursion, Lernende der Gruppen K und KF hatten ausgefüllte Karten und Sieg oder Niederlage beim Kartenspiel als Resultate ihrer Handlungen. Die Resultate des Unterrichtsganges über Genetik waren für alle Anwesenden gleich. Die Lernenden verfügten über ausgefüllte Arbeitsblätter und möglicherweise über einen Standpunkt zum Thema Gentechnik (siehe Kapitel 5.2.2. ff).

Müller et al. (2007) erwähnen, dass auch die Relevanz des Unterrichtsstoffes für die Schüler_innen sowie das fachliche Interesse der Lehrenden Auswirkungen auf die Wahrnehmung von Selbstbestimmung zeigen (Prenzel in Müller et al. 2007). Die Lehrerin, die diese Unterrichtsreihen durchführte, hat zwar Genetik und Mikrobiologie studiert, aber auch das Kartenspiel zur Bekämpfung von Pflanzenblindheit entworfen.

Baram-Tsabari et al. (2010) erhoben das Interesse an biologischen Themen verschiedener Altersgruppen. Während Burschen im Alter von 10-12 Jahren etwa gleich häufig Fragen in den Gebieten Botanik und Genetik stellten, zeigten Mädchen in dem Alter einen Vorzug für Botanik. Fragen, die von über 12-jährigen gestellt wurden, fielen häufiger in die Kategorie Genetik als in die Kategorie Botanik. Hier war die Bevorzugung der Genetik bei Mädchen deutlicher als bei Burschen (Baram-Tsabari et al. 2010). Die während dieser Studie befragten Schüler_innen waren durchschnittlich 14 Jahre alt. Möglicherweise war für diese Altersgruppe Genetik das spannendere Thema.

8.1.2 Auswirkungen von Freiland und Kartenspiel auf das Interesse an Pflanzen

Interesse bezeichnet die Empfindung positiver Gefühle während der Beschäftigung mit Personen oder Gegenständen. Individuelles Interesse bezieht sich auf ein Themengebiet, wie z.B. „Pflanzen“ und ist von Dauer. Situationales Interesse bezieht sich auf die Situation in einem bestimmten Augenblick (Vogt 2007; Brandstätter et al. 2018b, S. 120). Aus situationalem Interesse kann sich individuelles Interesse entwickeln, wenn das Interesse immer wieder entfacht wird. Wenn mehrere *catch*-Komponenten von einer *hold*-Komponente gefolgt werden, kann anhaltendes individuelles Interesse entstehen (Vogt 2007).

Das Interesse an Pflanzen wurde mit einer Teilskala des „*Plant Attitude Questionnaire*“ von Fančovičová und Prokop (2010) erhoben (siehe Abschnitt 6.2.1, Anhang 12.2.2). Dieser

Multiple-Choice Fragebogen wurde den Lernenden zweimal vorgelegt. Einmal am Ende einer Unterrichtssequenz über Genetik, einmal direkt nach der Exkursion bzw. dem Kartenspiel im Biologiesaal.

8.1.2.1 Freiland förderte das Interesse mehr als Kartenspielen im Klassenraum

Die Gruppen F und KF geben nach der Exkursion ein höheres Interesse an Pflanzen an als in einer Unterrichtsstunde davor. Der Wert der Gruppe KF steigt geringfügig mehr als in der Vergleichsgruppe F (Tabelle 14 sowie Abbildung 22). Die Unterschiede sind jedoch bei beiden Gruppen statistisch nicht signifikant. Die Gruppe K gibt nach dem Kartenspiel ein signifikant niedrigeres Interesse an Pflanzen an als davor. Interessanterweise gaben Schüler_innen der Gruppe K bei der ersten Befragung das höchste Interesse an Pflanzen an.

Der Faktor Freiland dürfte sich bei diesen Befragten positiver auf das Interesse an Pflanzen auswirken als das Kartenspiel. Dieser positive Effekt von Naturbegegnung ist in Übereinstimmung mit den Empfehlungen von Ballantyne und Packer (2008). Diese fanden, dass erfahrungsbasiertes Lernen im Vergleich zu anderen Vermittlungsstilen am ehesten die Einstellung oder das Verhalten beeinflusste und Lerneffekte am längsten andauerten. Sie hoben dabei die Wichtigkeit von Aufenthalt in der Umwelt oder die Benutzung aller Sinne hervor (Ballantyne und Packer 2008).

Das Kartenspiel war dazu gedacht, Freude an der Tätigkeit, also intrinsische Motivation hervorzurufen. Es wurde gehofft, dass durch andauernd situationales Interesse das individuelle Interesse an Pflanzen geweckt wird. Dieses Vorhaben gelang unter Freiland-Bedingungen durch den Kontakt mit Wildpflanzen besser als unter Verwendung von Pflanzenteilen.

8.1.3 Einfluss von Freiland und Kartenspiel auf Pflanzenwissen

Der Zuwachs an Wissen über pflanzliche Abwehrmechanismen wurde mittels eines offenen Fragebogens erhoben (siehe Abschnitt 6.3.2, Anhang 12.2.4). Fehlende Schüler_innen, die an keiner der Aktivitäten teilnahmen, aber den Leseauftrag zur Einführung in das Thema bearbeiteten, wurden zu einer vierten Gruppe L zusammengefasst.

8.1.3.1 Alle Aktivitäten hatten einen positiven Einfluss auf das Pflanzenwissen

Die Anzahl **aller Nennungen**, egal ob zutreffend oder nicht, steigt im Schnitt nach der Unterrichtsreihe bei allen Gruppen. Die Gruppe L bleibt im Schnitt hinter allen anderen Gruppen zurück (Tabelle 5, Abbildung 23). Der Anteil an richtigen Nennungen pro

Gesamtzahl an Nennungen nimmt bei der Gruppe L ab, während er bei allen Gruppen, die das Erlernte durch eine Aktivität festigten, steigt (Tabelle 7 sowie Abbildung 25).

Die Lernpsychologen Kunter und Trautwein (2013) beschreiben das Drei- Speicher- Modell der Informationsverarbeitung. Hierbei gibt es drei Speicher und zwar das sensorische Gedächtnis, das Arbeitsgedächtnis und das Langzeitgedächtnis. Die Speicherung im Langzeitgedächtnis erfolgt durch wiederholende Einübung (Kunter und Trautwein 2013, S. 27). Die Gruppe L ist die einzige Gruppe, die nicht wiederholt übte.

8.1.3.2 Das Kartenspiel erreichte die meisten Lernenden

Bei der **Gesamtzahl der Nennungen** zeigt die Gruppe K den deutlichsten Zuwachs. In der Gruppe Leseauftrag werden wenige viel besser, in der Gruppe K werden viele besser. In keiner Gruppe zeigen so viele Personen eine so starke Erhöhung der Gesamtnennungen (Tabelle 5, Abbildung 23). Werden nur **zutreffende Aussagen** betrachtet, so liegt die Gruppe K ebenfalls vor den Gruppen F, KF und L (siehe Tabelle 6, Abbildung 24).

Diese Ergebnisse sind überraschend im Vergleich zu den Auswirkungen des Kartenspieles im Klassenraum hinsichtlich Interesse und Motivation. Die Gruppe K zeigt einen Rückgang der intrinsischen Motivation, der SDI nimmt ab und diese Gruppe ist die einzige Gruppe, deren Interesse an Pflanzen durch die Intervention zurückgeht. Obwohl diese Gruppe hinsichtlich des Interesses zunächst den höchsten Startwert zeigte. Andererseits ist die Gruppe K die Gruppe, in der nach der Intervention, bis auf zwei Ausnahmen, jede_r Lernende mindestens fünf Aussagen notierte (siehe Abbildung 23).

Interesse wird als Voraussetzung für die Entwicklung intrinsischer Motivation angesehen (Brandstätter et al. 2018b, S. 120). Intrinsische Motivation soll eine bessere Qualität des Lernens bewirken (Deci und Ryan 1993). Demnach sollten die Gruppen, die höhere intrinsische Motivation angaben und von höherem Interesse berichteten, im Schnitt auch mehr zutreffende Zusagen notieren. Wie kam es also trotz niedriger intrinsischer Motivation und mangelndem Interesse zu einer so breiten Aktivierung von Schüler_innenwissen?

Godden und Baddeley (1975) baten Taucher, Wortlisten in zwei verschiedenen Umgebungen zu lernen. Die Taucher lernten entweder unter Wasser oder an Land. Sie wiederholten die Worte ebenfalls in beiden Umgebungen. Unter Wasser Gelerntes wurde dabei unter Wasser besser erinnert als an Land und umgekehrt. Wissen wird zusammen mit der Lernumgebung gespeichert und abgerufen (Godden und Baddeley 1975). Die Gruppe K war die einzige Gruppe, die in der gleichen Umgebung (Biologiesaal) lernte und das Wissen wieder abrief.

Randler und Bogner (2006) fanden heraus, dass eine Reduktion der gezeigten Arten auf sechs Exponate die Merkleistung stark förderte (Randler und Bogner 2006). Die Gruppe K

war mit den wenigsten Pflanzen umgeben, die Aufmerksamkeit konnte also weniger durch andere neue (Freiland-) Eindrücke von den Lerninhalten abgelenkt werden.

Die Gruppe K erlebte im Vergleich zu den anderen Gruppen auch den geringsten Neuigkeitswert. Vielleicht war das Konzept Sammelkartenspiel eines, das viele Lernende aus ihrer Freizeit kennen und so einen Zugang zu dem Thema Pflanzenabwehr ermöglichte.

8.1.3.3 Kartenspielen im Freiland ermöglichte eventuell tiefere Verarbeitung

Die Gruppe KF bleibt hinsichtlich der **Gesamtzahl an Aussagen** im Schnitt hinter den Gruppen F und K zurück, obwohl sie vor der Unterrichtsreihe vergleichbar mit der Gruppe F war (Tabelle 5, Abbildung 23). Werden nur **zutreffende Aussagen** betrachtet, so liegt die Gruppe KF ebenfalls hinter der Gruppe K, aber vor der Gruppe L. Die Medianwerte der Gruppen F und KF sind hierbei vergleichbar (siehe Tabelle 6, Abbildung 24). Wird der **Anteil an richtigen Nennungen in Bezug zur Gesamtzahl an Nennungen** gesetzt, ergibt sich ein anderes Bild. Der stärkste Wissenszuwachs ist mit dieser Betrachtung eindeutig bei der Gruppe, die Karten im Freiland spielte, zu beobachten (Tabelle 7 sowie Abbildung 25).

Eine mögliche Erklärung für diese Umkehr ist, dass Lernende der Gruppe K allgemein mitteilbarer sind, während Lernende der Gruppe KF dazu neigen, nur Aussagen niederzuschreiben, derer sie sich sicher sind. Unterschiede zwischen den Gruppen F, KF und K lassen sich nicht nur auf Einzelfaktoren während der Intervention zurückführen, sondern auch auf unterschiedliche Dynamiken innerhalb der Klassengemeinschaft und verschiedene Charaktere.

Andererseits ist die Gruppe KF die Gruppe, die als einzige einen Zuwachs an intrinsischer Motivation angab, die einzige Gruppe, die einen höheren Grad an Selbstbestimmung bemerkte und eine von zwei Gruppen, deren Interesse an Pflanzen durch die Intervention zunahm. Die Art der motivationalen Regulation beeinflusst die Qualität des Lernens. Intrinsisch motiviertes Lernen führt zu einer tieferen Verarbeitung des Gelernten, während extrinsische Motivation eine oberflächliche Verarbeitung bedingt (Looß 2007). Vielleicht ist die hohe Anzahl an Nennungen der Gruppe K auf eine Reproduktionsleistung (extrinsisch motiviert) zurückzuführen, während der hohe relative Anteil an richtigen Nennungen der Gruppe KF auf überlegtere Zuordnung der Begriffe und daher auf tieferes Verständnis (intrinsisch motiviert) hindeutet.

8.2 Gegenüberstellung der Ergebnisse mit den Hypothesen

Die Resultate bezüglich Selbstbestimmung, Interesse und Pflanzenwissen werden nun den Hypothesen gegenübergestellt. Die Einordnung von Pflanzen als Lebewesen konnte mit dem verwendeten Erhebungsinstrument nicht beantwortet werden. Die betreffenden Hypothesen H5 und H6 werden daher nicht besprochen.

H1: Lernende der Gruppe KF empfinden eine höhere intrinsische Motivation bei dieser Lerngelegenheit als Lernende der Gruppen K und F.

Die Hypothese, dass Freilandaufenthalt und Kartenspiel zusammen positiver auf die intrinsische Motivation wirken als jede der Aktivitäten alleine, trifft für die befragten Schüler_innen zu (vgl. Tabelle 2 und Abbildung 20).

H2: Lernende der Gruppe K empfinden eine höhere intrinsische Motivation bei dieser Lerngelegenheit als Lernende der Gruppe F.

Die vorliegenden Daten zeigen keine wesentlichen Unterschiede in der intrinsischen Motivation zwischen den beiden Gruppen K und F. Weder vor, noch direkt nach der jeweiligen Aktivität (vgl. Tabelle 2 und Abbildung 20). Bei beiden Gruppen sinkt die intrinsische Motivation, bei der Gruppe K sogar signifikant.

Der Einfluss der Einzelfaktoren Freiland oder Karten auf die intrinsische Motivation sowie die wahrgenommene Selbstbestimmung kann mithilfe der in dieser Arbeit erhobenen Daten nicht differenziert werden.

H3: Lernende der Gruppe KF zeigten nach der Aktivität das höchste Interesse an Pflanzen.

Im Gegensatz zur Gruppe K gaben die Gruppen KF und F nach der Intervention ein höheres Interesse an Pflanzen an als in einer Stunde davor. Das Interesse der Gruppe KF steigt dabei geringfügig mehr (Tabelle 14 sowie Abbildung 22). Die Anstiege sind jedoch bei beiden Gruppen statistisch nicht signifikant.

H4: Lernende der Gruppe K zeigen nach der Aktivität höheres Interesse an Pflanzen als Gruppe F.

Ein positiver Einfluss des Kartenspiels im Klassenraum auf das Interesse an Pflanzen konnte in dieser Studie nicht gezeigt werden.

H7: Lernende der Gruppe KF können einige Wochen nach der Lerngelegenheit mehr Abwehrmechanismen von Pflanzen nennen, als die Vergleichsgruppen K und F.

Die Gruppe KF bleibt hinsichtlich der Gesamtzahl an Aussagen im Schnitt hinter den Gruppen F und K zurück, obwohl sie vor der Unterrichtsreihe vergleichbar mit der Gruppe F war (Tabelle 5, Abbildung 23). Betreffend die Anzahl richtiger Nennungen sind die Gruppen KF und F vergleichbar, jedoch hinter der Gruppe K (siehe Tabelle 6, Abbildung 24).

Wird der Anteil an richtigen Nennungen in Relation zu der Summe aller Nennungen gesetzt, ist der stärkste Zuwachs eindeutig bei der Gruppe, die Karten im Freiland spielte, zu beobachten (Tabelle 7 sowie Abbildung 25).

H8: Lernende der Gruppe K können einige Wochen nach der Lerneinheit mehr Abwehrmechanismen aufzählen als Lernende der Gruppe F.

Hinsichtlich der Gesamtzahl an Nennungen und der Anzahl richtiger Nennungen, liegt die Gruppe K vor allen anderen Gruppen (siehe Tabelle 5, Abbildung 23 und Tabelle 6, Abbildung 24). Wird der relative Anteil von richtigen Nennungen bei allen betrachtet, liegt die Gruppe K hinter der Gruppe KF, und nur der Zuwachs bei Gruppe KF ist signifikant (Tabelle 7 sowie Abbildung 25).

9 Fazit und Ausblick

Lernende, die das Freiland mithilfe des Kartenspieles HerbiWars erkundeten, berichteten nach der Aktivität von einer gesteigerten intrinsischen Motivation, das höchste Maß an Selbstbestimmung aller Gruppen sowie erhöhtes Interesse an Pflanzen. Bei einer Wissenstestung drei Wochen nach der Intervention war nur bei dieser Gruppe der Anteil an richtigen Nennungen pro Gesamtnennungen signifikant gestiegen.

Während der Exkursion fingen Lernende der Gruppe KF fast durchwegs sofort an, nach Pflanzen zu suchen und die Karten zu bearbeiten. Schüler_innen, die mithilfe eines Arbeitsblattes arbeiteten, brauchten Entscheidungshilfe, welche Pflanzen sie bearbeiten sollten und schienen mit der Vielfalt der Pflanzen vor Ort überfordert zu sein (siehe Abschnitt 5.2.2). Diese Überforderung hängt möglicherweise nicht nur mit der Anzahl an Wildpflanzen in Marchegg zusammen, sondern ist nach der Theorie der Pflanzenblindheit auf Struktur und Funktion unserer visuellen Wahrnehmung zurückzuführen (siehe Abschnitt 2.1.2). Die Schüler_innen mit Arbeitsblatt sahen sich mit einer grünen, unstrukturierten, unbekannten Umgebung konfrontiert.

Womöglich gelang es durch die Karten, einzelne Spezies in den Fokus zu rücken und somit die Blindheit bezüglich pflanzlicher Individuen zu durchbrechen.

Das Spiel HerbiWars wurde für die Erkundung einer Aulandschaft entwickelt (siehe Abschnitt 5.1.2). Im Zuge der Vorbereitung einer Exkursion an einen unbekannten Ort, kann der Neuigkeitsfaktor durch verschiedene Maßnahmen reduziert werden (siehe Kapitel 2.4.4). In diesem speziellen Fall würde es sich anbieten, dass Schüler_innen den Umgebungsplan selbst zeichnen und die Karten anhand von Pflanzenteilen oder Topfpflanzen vorab kennenlernen. Eine Variation von Nutzpflanzen, mit Fokus auf Heil- und Drogenpflanzen kann hierbei helfen, möglichst viele Schüler_innen zu erreichen (Kiehn et al. 2011; Pany und Heidinger 2014).

Alternativ dazu lassen sich die Karten leicht für den Gebrauch im Schulhof anpassen. Der Schulhof ist ein bekannter, gut explorierter Ort. In dieser Umgebung kann Lernen sich möglicherweise leichter auf die Lernintention konzentrieren. Durch Pflege des Schulgartens ließe sich das Spiel HerbiWars auch mit einer der wirkungsvollsten Strategien gegen Pflanzenblindheit kombinieren. Kinder, die sich in Begleitung eines Pflanzenmentors um Pflanzen kümmern, ändern ihre Einstellung gegenüber Pflanzen positiv (Wandersee und Schussler 2001).

Damit Spannung aufrechterhalten bleibt und *flow*- Erleben möglich ist, muss das Spiel eine Variation des Anforderungslevels ermöglichen (siehe Abschnitt 2.3.1). Wenn HerbiWars wiederholt gespielt werden soll, kann das Spiel – eventuell sogar durch die Schüler_innen selbst- erweitert werden. So ermöglicht HerbiWars sowohl selbstbestimmte

Wiederholungsdurchgänge als auch variantenreiches Ausprobieren, zwei wichtige Anforderungen an Lernangebote, die selbstgesteuertes Lernen ermöglichen wollen (Riemeier 2007).

10 Zusammenfassung

10.1 Zusammenfassung deutsch

Diese Arbeit befasst sich mit der Vermittlung von Pflanzenwissen mithilfe eines Lernspieles. Lernen über Pflanzen wird dadurch erschwert, dass die menschliche Sinneswahrnehmung Informationen von Pflanzen oft nicht zu bewusster Wahrnehmung verarbeitet. Diese Eigenheit wird als Pflanzenblindheit bezeichnet. Um Pflanzen als aktive Lebewesen erfahrbar zu machen, wurde das Lernspiel HerbiWars entworfen. Diese Sammelkarten lenken die Aufmerksamkeit auf einzelne Pflanzenarten und kleiden die Protokollierung von Beobachtungen sowie die Übung und Festigung von gelernten Inhalten spielerisch ein.

Das Spiel wurde mit zwei Klassen (Altersdurchschnitt 14 Jahre) eines Realgymnasiums in Wien (Österreich) durchgeführt. Die Karten wurden sowohl im Freiland als auch im Biologiesaal getestet und mit einem Arbeitsblatt für das Freiland verglichen.

Anhand von Fragebögen und einem offenen Wissenstest wurde erhoben, wie sich das Spiel HerbiWars auf die Art der Motivation, auf das Interesse an Pflanzen und auf die Lernleistung auswirkt.

Nur Lernende, die das Freiland mithilfe des Kartenspieles HerbiWars erkundeten, berichteten nach der Aktivität von einer gesteigerten intrinsischen Motivation und einem erhöhten Maß an Selbstbestimmung. Das Interesse an Pflanzen stieg bei beiden Gruppen, die im Freiland arbeiteten, nicht aber bei der Gruppe, die die Karten im Biologiesaal verwendete. Die Bearbeitung der Karten im Biologiesaal führte trotz sinkendem Interesse und geringerer Selbstbestimmung dazu, dass die meisten Schüler_innen ihr Pflanzenwissen verbessern konnten. Nur zwei Schüler_innen der betreffenden Gruppe konnte drei Wochen nach der Intervention weniger als fünf Abwehrmechanismen nennen. Der Anteil an richtigen Nennungen an Gesamtnennungen stieg jedoch bei der Gruppe, die Karten im Freiland spielten am deutlichsten. Dies weist auf eine tiefere Verarbeitung des Gelernten durch Wiederholung und Anwendung des Wissens im Zuge des Kartenspieles hin.

Alles in allem scheint das Lernspiel HerbiWars in der Lage zu sein, einzelne Pflanzen aus der Gleichförmigkeit des Hintergrundes hervorzuheben. Da nur die Gruppen Freiland sowie Freiland und Karten eine positive Einstellungsänderung im Hinblick auf Pflanzen zeigten, empfiehlt es sich, das Spiel für die Beforschung von Wildpflanzen in ihrer natürlichen Gesellschaft einzusetzen.

10.2 Abstract

This study assesses the impact of the educational game “HerbiWars” on students’ motivational regulation, interest in plants and learning performance.

Teaching plant science is hampered by the characteristics of human sensory perception. The human brain processes primarily visual information about moving objects and contours of objects. Since plants are static and grow in monochromatic groups, the human brain is inattentive to them. This peculiarity is called “plant blindness” and results, among other symptoms, in reduced interest in plants.

The collectible card game “HerbiWars” has been designed to mediate the perception of plants as active organisms. Each card focuses the attention of students on a single plant species and guides the exploration of herbal defence mechanisms. In addition, the cards serve as protocol tool, and playing the game is meant to reinforce knowledge.

The game was tested in the classroom as well as during a field trip and compared with a work sheet. In total, 83 Austrian high-school students at an average age of 14 years participated in this study. Using multiple-choice questionnaires, motivational regulation and interest in plants was investigated. Learning performance was tested using open-ended tasks.

Solely learners who played the game during the field trip reported increased intrinsic motivation in connection with augmented self-determination. Both cohorts that participated in the field trip testified improvement of interest in plants after having done the activity, in contrast to learners that played the game in the classroom.

Despite the fact that students that played the game in the classroom reported reduced interest in plants as well as lower perception of self-determination, learners of this group could state the maximum quantity of plant defence mechanisms. Only two students could name fewer than five mechanisms three weeks after the intervention. Analysis of appropriately matched defence mechanisms to the correct plants showed that the cohort that played the game during the field trip displayed the strongest learning performance. This indicates that playing the game using wild plants in their natural environment enhances deeper cognitive processing of learning contents.

The educational game “HerbiWars” seems to be suitable to tackle plant blindness. Since only students that played the game during the field trip reported increased interest in plants, it is recommended to use the game for exploration of plants in their natural community.

11 Literaturverzeichnis

Allen W (2003) Plant Blindness. *BioScience* 53:926–926.

[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[0926:PB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0926:PB]2.0.CO;2)

Altrichter H, Posch P, Spann H (2018) Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht: Unterrichtsentwicklung und Unterrichtsevaluation durch Aktionsforschung, 5. Auflage = 1. Aufl. bei utb. UTB GmbH, Bad Heilbrunn

Baer U, Hoyer K, Menze F (1990) Schulspaß und Schulspele, Orig.-Ausg., 20.-22. Tsd.. Rowohlt, Reinbek bei Hamburg

Bailey S, Watson R (1998) Establishing basic ecological understanding in younger pupils: a pilot evaluation of a strategy based on drama/role play. *International Journal of Science Education* 20:139–152.

<https://doi.org/10.1080/0950069980200202>

Ballantyne R, Packer J (2008) Learning for sustainability: the role and impact of outdoor and environmental education centres. University of Queensland, School of Tourism, St. Lucia, Qld.

Baram-Tsabari A, Sethi RJ, Bry L, Yarden A (2010) Identifying Students' Interests in Biology Using a Decade of Self-Generated Questions. *EURASIA J Math, Sci Tech Ed* 6:63–75. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75228>

Beck C (2005) Kontrollierter Vielfraß - wie Pflanzen ihre Schädlinge austricksen. BIOMAX

Berry A (2016) Science outdoors. In: Ward H, Roden J (Hrsg) *Teaching Science in the Primary Classroom*, Third edition. Sage Publications Ltd, Los Angeles, S 193–214

BMBWF (2019) Verordnung des Bundesministers für Unterricht und Kunst vom 14. November 1984 über die Lehrpläne der allgemeinbildenden höheren Schulen i.d.F. 21.01.2020, Anlage A; sechster Teil: Lehrpläne der einzelnen Unterrichtsgegenstände

Bortz J, Schuster C (2010) *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*, 7., vollst. überarb. u. aktualisierte Aufl. 2010. Springer, Berlin Heidelberg

Brandstätter V, Schüler J, Puca RM, Lozo L (2018a) Einführung – Motivation in Alltag, Wissenschaft und Praxis. In: Brandstätter V, Schüler J, Puca RM, Lozo L

(Hrsg) Motivation und Emotion: Allgemeine Psychologie für Bachelor. Springer, Berlin, Heidelberg, S 3–9

Brandstätter V, Schüler J, Puca RM, Lozo L (2018b) Intrinsische Motivation. In: Brandstätter V, Schüler J, Puca RM, Lozo L (Hrsg) Motivation und Emotion: Allgemeine Psychologie für Bachelor. Springer, Berlin, Heidelberg, S 113–127

Burkschat M, Cramer E, Kamps U (2004) Beschreibende Statistik: Grundlegende Methoden. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

Cardoso FS, Dumpel R, Silva LBG da, et al (2008) Just working with the cellular machine. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 36:120–124.
<https://doi.org/10.1002/bmb.20164>

Csikszentmihalyi M (1975) Play and Intrinsic Rewards. *Journal of Humanistic Psychology* 15:41–63. <https://doi.org/10.1177/002216787501500306>

Csikszentmihalyi M (1995) Die aussergewöhnliche Erfahrung im Alltag: die Psychologie des Flow-Erlebnisses. Klett-Cotta, Stuttgart

Deci EL, Ryan RM (1993) Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik* 39:223–238

Deci EL, Ryan RM, Williams GC (1996) Need satisfaction and the self-regulation of learning. *Learning and Individual Differences* 8:165–183.
[https://doi.org/10.1016/S1041-6080\(96\)90013-8](https://doi.org/10.1016/S1041-6080(96)90013-8)

Dillon J, Rickinson M, Teamey K, et al (2006) The value of outdoor learning: evidence from research in the UK and elsewhere. *School Science Review* 87:107–111

DooFi (2008) Cyanogene Glukoside.
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/de/Cyanogene_Glukoside.svg/1200px-Cyanogene_Glukoside.svg.png. Accessed 10 Jan 2020

Döring S (1997) Lernen durch Spielen : spielpädagogische Perspektiven institutionellen Lernens. Deutscher Studien Verlag, Weinheim

Eder E, Hödl W, Kasper C, et al (2000) Biologiedidaktik - Freilanddidaktik - Zoologische Station Marchegg. <https://www.univie.ac.at/freilanddidaktik/>. Accessed 21 Jan 2020

Fančovičová J, Prokop P (2010) Development and Initial Psychometric Assessment

of the Plant Attitude Questionnaire. *Journal of Science Education and Technology* 19:415–421. <https://doi.org/10.1007/s10956-010-9207-x>

Forkel A (2009) Entdeckendes Lernen mit Lernspielen im Unterricht der Sekundarstufe I - Konzeptionelle Grundlegung, Entwicklung und Erprobung. Text.thesis.doctoral, Universität zu Köln

Frings S, Müller F (2014) *Biologie der Sinne: vom Molekül zur Wahrnehmung*. Springer Spektrum, Heidelberg

Fritz J (2004) *Das Spiel verstehen : eine Einführung in Theorie und Bedeutung*. Juventa, Weinheim und München

Godden DR, Baddeley AD (1975) CONTEXT-DEPENDENT MEMORY IN TWO NATURAL ENVIRONMENTS: ON LAND AND UNDERWATER. *British Journal of Psychology* 66:325–331. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1975.tb01468.x>

Groß J (2007) *Biologie verstehen: Wirkungen außerschulischer Lernangebote*, 1. Aufl. Didaktisches Zentrum Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg

Hänsel R (2010) *Pharmakognosie – Phytopharmazie*, 9. edn. Springer Medizin Verlag, Heidelberg

Hetschko A (1908) Über den Insektenbesuch bei einigen Vicia-Arten mit extrafloralen Nektarien. *Wiener Entomologische Zeitung* 27:299–305

Huizinga J (1998) *Homo Ludens. A Study of the Play-Element in Culture*. Routledge, London

Janowski J, Vogt H (2006) *Biologie lernen ohne Frustration*. In: Vogt H, Krüger D, Marsch S (Hrsg) *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*. Universitätsdruckerei Kassel, Kassel, S 69–85

Jiménez-Aleixandre MP, Erduran S (2007) Argumentation in Science Education: An Overview. In: Erduran S, Jiménez-Aleixandre MP (Hrsg) *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research*. Springer Netherlands, Dordrecht, S 3–27

Kiehn M, Pany P, Sales-Reichartzeder J (2011) Opening the window on ‘plant-blindness’. *BGCI roots* 8:23–26

Kirikkaya EB, İşeri S, Vurkaya G (2010) A board game about space and solar system for primary school students. *Turkish Online Journal Of Educational*

Technology, TOJET 9:1–13

Knapp S (2019) Are humans really blind to plants? PLANTS, PEOPLE, PLANET 1:164–168. <https://doi.org/10.1002/ppp3.36>

Koepp MJ, Gunn RN, Lawrence AD, et al (1998) Evidence for striatal dopamine release during a video game. Nature 393:266–268. <https://doi.org/10.1038/30498>

Koestner R, Ryan R, Bernieri F, Holt K (1984) Setting limits on children's behavior: The differential effects of controlling vs. informational styles on intrinsic motivation and creativity. Journal of Personality 52:233–248. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.1984.tb00879.x>

Kunter M, Trautwein U (2013) Die Nutzung des Lernangebots und individuelle Lernvoraussetzungen. In: Psychologie des Unterrichts. UTB GmbH, Paderborn, S 23–52

Leisen J (2006) Ein Text - zehn Strategien. Strategien zur Bearbeitung von Sachtexten. Unterricht Physik 17:12–23

Löhrke S (2017) Die Suche nach der Grenze: Kommt das Designerbaby? Südwestrundfunk (SWR), ARD1, Mainz

Looß M (2007) Lernstrategien, Lernorientierungen, Lern(er)typen. In: Krüger D, Vogt H (Hrsg) Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S 141–152

McNaughton SJ (1979) Grazing as an Optimization Process: Grass-Ungulate Relationships in the Serengeti. The American Naturalist 113:691–703. <https://doi.org/10.1086/283426>

Mortimer CE, Müller U (2003) Chemie: Das Basiswissen der Chemie, 8., Auflage. Thieme, Stuttgart, Stuttgart

Moser B, Pemberger E, Wilhelmer A (2015a) MEHRfach. Biologie 4. Teil 1 - Wissen & Verstehen, 1. edn. Veritas, Linz

Moser B, Pemberger E, Wilhelmer A (2015b) MEHRfach. Biologie 4. Teil 2 - Anwenden & Forschen, 1. edn. Veritas, Linz

Müller FH, Hanfstingl B, Andreitz I (2007) Skalen zur motivationalen Regulation beim Lernen von Schülerinnen und Schülern. Alpen-Adria Universität, Klagenfurt

Oerter R (2007) Zur Psychologie des Spiels. Psychologie und Gesellschaftskritik 7–

Orion N, Hofstein A (1994) Factors that influence learning during a scientific field trip in a natural environment. *Journal of Research in Science Teaching* 31:1097–1119. <https://doi.org/10.1002/tea.3660311005>

Paige KN (1992) Overcompensation in Response to Mammalian Herbivory: From Mutulastic to Antagonistic Interactions. *Ecology* 73:2076–2085. <https://doi.org/10.2307/1941456>

Pany P, Heidinger C (2014) Nutzpflanzen als " Türöffner " für die Vermittlung botanischer Inhalte Häufigkeitsverteilungen von Interessenprofilen als Hilfe für die Planung von Botanik-Unterrichtseinheiten. In: *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*. Trier, S 25–40

Pullin AS, Gilbert JE (1989) The Stinging Nettle, *Urtica Dioica*, Increases Trichome Density after Herbivore and Mechanical Damage. *Oikos* 54:275–280. <https://doi.org/10.2307/3565285>

Randler C, Bogner FX (2006) Cognitive achievements in identification skills. *Journal of Biological Education* 40:161–165. <https://doi.org/10.1080/00219266.2006.9656038>

Ráthay E (1882) Untersuchungen über die Spermogonien der Rostpilze. *Denkschriften der Akademie der Wissenschaften Wien* 46:1–53

Rickinson M, Dillon J, Teamey K, et al (2004) A REVIEW OF RESEARCH ON OUTDOOR LEARNING: EXECUTIVE SUMMARY. National Foundation for Educational Research and King's College, London

Riemeier T (2007) Moderater Konstruktivismus. In: Krüger D, Vogt H (Hrsg) *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S 69–79

Roth G (2017) Was das Gehirn zum Lernen braucht. *Biologie in unserer Zeit* 47:326–331. <https://doi.org/10.1002/biuz.201710632>

Ryan R, Connell J (1989) Perceived Locus of Causality and Internalization: Examining Reasons for Acting in Two Domains. *Journal of personality and social psychology* 57:749–61. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.57.5.749>

Ryan RM, Stiller JD, Lynch JH (1994) Representations of Relationships to

Teachers, Parents, and Friends as Predictors of Academic Motivation and Self-Esteem - Richard M. Ryan, Jerome D. Stiller, John H. Lynch, 1994. *The Journal of Early Adolescence* 14:226–249

Schaller A (2002) Die Abwehr von Fressfeinden: Selbstverteidigung im Pflanzenreich. *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 147:141–150

Schopfer P, Brennicke A (2016) *Pflanzenphysiologie*, 7. Auflage 2010, Unveränderter Nachdruck 2016. Springer Spektrum, Berlin Heidelberg

Schussler EE, Olzak LA (2008) It's not easy being green: student recall of plant and animal images. *Journal of Biological Education* 42:112–119.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2008.9656123>

Sharkey T, Yeh S (2001) Isoprene emission from plants. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol. Annual review of plant physiology and plant molecular biology* 52:407–436. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.52.1.407>

Sheldon KM, Filak V (2008) Manipulating autonomy, competence, and relatedness support in a game-learning context: New evidence that all three needs matter. *British Journal of Social Psychology* 47:267–283.
<https://doi.org/10.1348/014466607X238797>

Shroff R, Vergara F, Muck A, et al (2008) Nonuniform distribution of glucosinolates in *Arabidopsis thaliana* leaves has important consequences for plant defense. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105:6196–6201.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0711730105>

Siewert J, Fritz J (2018) Spielen im Unterricht. In: *Pädagogik*. <http://www.redaktion-paedagogik.de/2018/06/spielen-im-unterricht/>. Accessed 26 Dez 2019

Sjøberg S, Schreiner C (2010) The ROSE project An overview and key findings. University of Oslo, Oslo

Sturm H, Bogner FX (2008) Student-oriented versus Teacher-centred: The effect of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and motivation. *International Journal of Science Education* 30:941–959.
<https://doi.org/10.1080/09500690701313995>

Uitto A, Juuti K, Lavonen J, Meisalo V (2006) Students' interest in biology and their

out-of-school experiences. *Journal of Biological Education* 40:124–129.

<https://doi.org/10.1080/00219266.2006.9656029>

United Nations IS (2015) ZIELE FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG.

[http://www.unis.unvienna.org/unis/de/topics/sustainable_development_goals.html#](http://www.unis.unvienna.org/unis/de/topics/sustainable_development_goals.html#MoreInfo)

MoreInfo. Accessed 21 Jan 2020

Vallerand RJ, Pelletier LG, Blais MR, et al (1992) The Academic Motivation Scale: A Measure of Intrinsic, Extrinsic, and Amotivation in Education. *Educational and Psychological Measurement* 52:1003–1017.

<https://doi.org/10.1177/0013164492052004025>

Vogt H (2007) Theorie des Interesses und des Nicht-Interesses. In: Krüger D, Vogt H (Hrsg) *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Springer Berlin

Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S 9–20

Walters DR (2011) *Plant defense: warding off attack by pathogens, herbivores and parasitic plants*. Wiley-Blackwell, Chichester

Wandersee JH, Schussler EE (2001) Toward a Theory of Plant Blindness. *Plant Science Bulletin* 47:

Wandersee JH, Schussler EE (1999) Preventing Plant Blindness. *The American Biology Teacher* 61:82–86. <https://doi.org/10.2307/4450624>

Wang CKJ, Ang RP, Teo-Koh SM, Kahlid A (2004) Motivational predictors of young adolescents' participation in an outdoor adventure course: A self-determination theory approach. *Journal of Adventure Education & Outdoor Learning* 4:57–65.

<https://doi.org/10.1080/14729670485200421>

Ward H (2016) Science from games. In: Ward H, Roden J (Hrsg) *Teaching Science in the primary calssroom*. Sage Publications Ltd, London, S 161–173

Wilde M, Urhahne D (2008) Museum learning: a study of motivation and learning achievement. *Journal of Biological Education* 42:78–83.

<https://doi.org/10.1080/00219266.2008.9656115>

Zarrabi-Zadeh H (2018) Ramadan Prayer Times for 2018 / 1439 - Vienna, Austria. AlAdhan.com

12 Anhang

12.1 Unterrichtsmaterial

12.1.1 Leseauftrag

12.1.1.1 Aufgabenstellung

Aufgaben zum Text:

1) Lies dir den Text Abschnitt für Abschnitt durch und ordne folgende Überschriften den einzelnen Abschnitten zu:

Mechanische Abwehr, Schnelle Vermehrung und rasches Wachstum, Chemische Abwehr, Pflanzen sind die Ernährungsgrundlage für Tiere, Kombination von Abwehrmechanismen, Biologische Abwehr

2) Unterstreiche im Text!

Pflanzen = grün

Tiere = rot

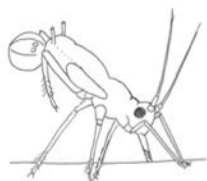
Abwehrorgane oder -substanzen (z.B.: Dornen, Gifte, schnelle Vermehrung) = blau

3) Ordne zu: Welche Abwehrmechanismen hindern welche Tiere am Fressen?

Schreibe die Nummern der Abwehrmechanismen, die gegen das Tier wirksam sind in die Kästchen unter dem Foto des Tieres.

Mehrfachzuordnungen sind möglich!

1		2		3		4		5	
	Stacheln der Brombeere		Brennhaare der Brennnessel		Milchsaft des Löwenzahns		Nektardrüsen am Blattstiel der Weichsel		Milchsaft von einem Wolfsmilchgewächs

				
Blattlaus saugt	Raupe beißt	Reh beißt	Mensch beißt	Nacktschnecke raspelt

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

4) Begründe mindestens drei Deiner Zuordnungen aus Aufgabe drei!

12.1.1.2 Text

Pflanzen ernähren sich mithilfe des Sonnenlichtes selbst und bauen Zucker auf. Tiere, Pilze und viele Bakterien sind dazu nicht in der Lage, benötigen aber Zucker um zu überleben. Deswegen werden Pflanzen gefressen oder ausgesaugt. Mehr noch, Pflanzen werden von Tieren auch zum Bau von Unterschlüpfen benutzt. Pflanzen können nicht weglaufen, oder -fliegen. Sind Pflanzen ihren Fraßfeinden schutzlos ausgeliefert? Nein! Pflanzen bestehen trotz ständigem Tierfraß bis heute. Sie können sich mit einer Vielfalt von Abwehrmechanismen wehren. Über die Jahrmillionen haben Tiere immer neue Wege gefunden an die Nährstoffe der Pflanzen zu kommen, und im Laufe der Evolution der Pflanzen sind immer neue Mechanismen entstanden um Tiere abzuwehren.

Als mechanische Abwehr werden Hindernisse gegen Gefressen werden, zusammengefasst. Beispiele sind hartes Holz, Stacheln, Dornen oder starke Behaarung. Die Wirkung der Hindernisse hängt oft von der Größe der Fraßfeinde ab. Dornen verletzen ein Reh im Maul, aber eine Laus klettert einfach darüber. Härchen hingegen stören das Reh beim Fressen nicht, aber für die Laus sind sie große Barrieren.

Pflanzen verteidigen sich auch mit chemischen Abwehrstoffen. Dazu gehören Duftstoffe, ätherische Öle, Bitterstoffe, Gifte oder Milchsäfte. Duftstoffe und ätherische Öle wie z.B. von Bärlauch und Knoblauchsrauke wirken auf einige Fraßfeinde abstoßend. Bitterstoffe sind wenig giftig, sie reagieren aber mit der Haut und wirken so austrocknend, blutstillend und entzündungshemmend. Das trockene Mundgefühl hält viele Fraßfeinde ab. Hopfen lagert diese Bitterstoffe in seine jungen Triebe ein, die Eiche in ihre Borke. Gifte führen je nach Wirkungsweise und Dosis von Durchfall bis zum Tode. Die Herbstzeitlose oder das Maiglöckchen haben starke Gifte entwickelt, die bei vielen Tierarten tödlich wirken. Es gibt aber auch Spezialisten unter Fraßfeinden, die durch Gift nicht beeinträchtigt werden, oder sogar davon profitieren. Ein Beispiel dafür ist die Maiglöckchenblattwespe, die durch das Gift nicht beeinträchtigt wird, aber durch Einlagerung des Giftes selbst für ihre Fraßfeinde giftig ist. Milchsäfte enthalten einerseits giftige und reizende Stoffe, andererseits härten sie an der Luft aus und können so die Mundwerkzeuge von Fraßfeinden verkleben. Von der verklebenden Wirkung sind vor allem kleine Tiere wie Läuse und Wanzen mit ihren dünnen saugenden Mundwerkzeugen oder Käfer betroffen. Manche Milchsäfte sind auch für große Tiere wie Menschen schädlich. Der Milchsaft von Wolfsmilchgewächsen führt zu Hautreizungen und Gewebszerstörung.

Bei der biologischen Abwehr lockt die Pflanze die natürlichen Feinde ihrer Fraßfeinde an. Zaun-Wicken, Kirschen oder Marillen bieten über Nektardrüsen am Blattstiel Nektar an. Dieser lockt Ameisen und Wespen an, die die Fraßfeinde der Pflanze fressen.

Süßgräser wie der Rasen vor der Schule oder Weizen zeigen einen weiteren Mechanismus, um der Ausrottung zu entgehen. Sie vermehren sich schnell und wachsen rasch, so gibt es mehr Nachwuchs als Fraßfeinde vertilgen können.

Die meisten Pflanzen kombinieren mehrere Abwehrmechanismen. So vereint die Brennnessel in ihren Brennhaaren mechanische mit chemischer Abwehr. Die feinen Härchen hindern kleine Tiere wie Läuse bei der Fortbewegung, große Tiere brechen die Härchen ab und eine hautreizende Flüssigkeit tritt aus.

Erstellt aus Abschnitt 4.2

12.1.1.3 Lösung Aufgaben



Stacheln der Brombeere



Brennhaare
der Brennnessel



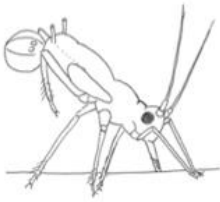
Milchsaft
des Löwenzahns



Nektardrüsen am
Blattstiel der Weichsel



Milchsaft von einem
Wolfsmilchgewächs



Blattlaus
saugt



Raupe
beißt



Reh
beißt



Mensch
beißt



Nacktschnecke
raspelt

	✓	✓	✓	✓
--	---	---	---	---

	✓	✓	✓	✓
--	---	---	---	---

✓	✓			✓
---	---	--	--	---

	✓			✓
--	---	--	--	---

	✓			✓
--	---	--	--	---

4) Begründe mindestens drei Deiner Zuordnungen aus Aufgabe drei!

Laus klettert über Stacheln, Brennhaare hindern und reizende Flk stört, Milchsaft verpickt
dünnen Saugrüssel, Wespen und Ameisen vertreiben Laus

Raupe kriecht über Stacheln, Brennhaare hindern und reizende Flk stört, Milchsaft verpickt kleine Mundwerkzeuge, Wespen und Ameisen vertreiben Raupe oder legen Eier in Raupe

Reh hat Schmerzen durch Stacheln und Brennhaare, Milchsaft des Löwenzahnes nicht giftig also egal, von Ameisen und Wespen nicht vertrieben, Wolfsmilchsaft ist giftig für Reh

Mensch kann Handschuhe gegen Stacheln oder Brennhaare anziehen, wenn keine dabei wirkt
Abwehr gegen Mensch, von Ameisen und Wespen nicht vertrieben, Wolfsmilchsaft ist giftig für Mensch

Nacktschnecke kann dank Schleim über Stacheln und Dornen klettern, Brennhaare stören
Schnecken, Milchsaft des Löwenzahnes stört Schnecke nicht, Gift im Wolfsmilchsaft aber schon,
Schnecken von Ameisen und Wespen nicht vertrieben aber fressen nicht an Bäumen.

12.1.1.4 Lösung Textbearbeitung

Pflanzen sind die Ernährungsgrundlage für Tiere

Pflanzen ernähren sich mithilfe des Sonnenlichtes selbst und bauen Zucker auf. Tiere, Pilze und viele Bakterien sind dazu nicht in der Lage, benötigen aber Zucker um zu überleben. Deswegen werden Pflanzen gefressen oder ausgesaugt. Mehr noch, Pflanzen werden von Tieren auch zum Bau von Unterschlüpfen benutzt. Pflanzen können nicht weglaufen, oder -fliegen. Sind Pflanzen ihren Fraßfeinden schutzlos ausgeliefert? Nein! Pflanzen bestehen trotz ständigem Tierfraß bis heute. Sie können sich mit einer Vielfalt von Abwehrmechanismen wehren. Über die Jahrtausende haben Tiere immer neue Wege gefunden an die Nährstoffe der Pflanzen zu kommen, und im Laufe der Evolution der Pflanzen sind immer neue Mechanismen entstanden um Tiere abzuwehren.

Mechanische Abwehr

Als mechanische Abwehr werden Hindernisse gegen Gefressen werden, zusammengefasst. Beispiele sind hartes Holz, Stacheln, Dornen oder starke Behaarung. Die Wirkung der Hindernisse hängt oft von der Größe der Fraßfeinde ab. Dornen verletzen ein Reh im Maul, aber eine Laus klettert einfach darüber. Härchen hingegen stören das Reh beim Fressen nicht, aber für die Laus sind sie große Barrieren.

Chemische Abwehr

Pflanzen verteidigen sich auch mit chemischen Abwehrstoffen. Dazu gehören Duftstoffe, ätherische Öle, Bitterstoffe, Gifte oder Milchsäfte. Duftstoffe und ätherische Öle wie z.B. von Bärlauch und Knoblauchsrauke wirken auf einige Fraßfeinde abstoßend. Bitterstoffe sind wenig giftig, sie reagieren aber mit der Haut und wirken so austrocknend, blutstillend und entzündungshemmend. Das trockene Mundgefühl hält viele Fraßfeinde ab. Hopfen lagert diese Bitterstoffe in seine jungen Triebe ein, die Eiche in ihre Borke. Gifte führen je nach Wirkungsweise und Dosis von Durchfall bis zum Tode. Die Herbstzeitlose oder das Maiglöckchen haben starke Gifte entwickelt, die bei vielen Tierarten tödlich wirken. Es gibt aber auch Spezialisten unter Fraßfeinden, die durch Gift nicht beeinträchtigt werden, oder sogar davon profitieren. Ein Beispiel dafür ist die Maiglöckchenblattwespe, die durch das Gift nicht beeinträchtigt wird, aber durch Einlagerung des Giftes selbst für ihre Fraßfeinde giftig ist. Milchsäfte enthalten einerseits giftige und reizende Stoffe, andererseits härten sie an der Luft aus und können so die Mundwerkzeuge von Fraßfeinden verkleben. Von der verklebenden Wirkung sind vor allem kleine Tiere wie Läuse und Wanzen mit ihren dünnen saugenden Mundwerkzeugen oder Käfer betroffen. Manche Milchsäfte sind auch für große Tiere wie Menschen schädlich. Der Milchsaft von Wolfsmilchgewächsen führt zu Hautreizungen und Gewebszerstörung.

Biologische Abwehr

Bei der biologischen Abwehr lockt die Pflanze die natürlichen Feinde ihrer Fraßfeinde an. Zaun-Wicken, Kirschen oder Marillen bieten über Nektardrüsen am Blattstiel Nektar an. Dieser lockt Ameisen und Wespen an, die die Fraßfeinde der Pflanze fressen.

Schnelle Vermehrung und rasches Wachstum

Süßgräser wie der Rasen vor der Schule oder Weizen zeigen einen weiteren Mechanismus, um der Ausrottung zu entgehen. Sie vermehren sich schnell und wachsen rasch, so gibt es mehr Nachwuchs als Fraßfeinde vertilgen können.

Kombination von Abwehrmechanismen

Die meisten Pflanzen kombinieren mehrere Abwehrmechanismen. So vereint die Brennnessel in ihren Brennhaaren mechanische mit chemischer Abwehr. Die feinen Härchen hindern kleine Tiere wie Läuse bei der Fortbewegung, große Tiere brechen die Härchen ab und eine hautreizende Flüssigkeit tritt aus.

12.1.2 Karten

12.1.2.1 Karten Pflanzen

Taraxacum officinale (gew. Löwenzahn)  




Krautig, Wuchshöhe 10cm bis 30cm

ABWEHRMECHANISMUS	wenig	mittel	stark
Härte:	☐	☐	☐
Stacheln, Dornen:	☐	☐	☐
Härchen:	☐	☐	☐
intensiver Geruch, Geschmack: 	☐	☐	☐
Gift:	☐	☐	☐
Vermehrung:	☐	☐	☐
Milchsaft:	ja ☐	nein ☐	
Nektardrüsen am Blatt:	ja ☐	nein ☐	

Urtica dioica (Große Brennnessel)   




Krautig, Wuchshöhe 30cm bis 3m

ABWEHRMECHANISMUS	wenig	mittel	stark
Härte:	☐	☐	☐
Stacheln, Dornen:	☐	☐	☐
Härchen:	☐	☐	☐
intensiver Geruch, Geschmack: 	☐	☐	☐
Gift:	☐	☐	☐
Vermehrung:	☐	☐	☐
Milchsaft:	ja ☐	nein ☐	
Nektardrüsen am Blatt:	ja ☐	nein ☐	

Chelidonium majus (Schöllkraut)  




Krautig, Wuchshöhe bis zu 70cm.

ABWEHRMECHANISMUS	wenig	mittel	stark
Härte:	☐	☐	☐
Stacheln, Dornen:	☐	☐	☐
Härchen:	☐	☐	☐
intensiver Geruch, Geschmack: 	☐	☐	☐
Gift:	☐	☐	☐
Vermehrung:	☐	☐	☐
Milchsaft:	ja ☐	nein ☐	
Nektardrüsen am Blatt:	ja ☐	nein ☐	

Rubus spp. (Brombeere)  




„krautig“, kletternd, Wuchshöhe bis 3m

ABWEHRMECHANISMUS	wenig	mittel	stark
Härte:	☐	☐	☐
Stacheln, Dornen:	☐	☐	☐
Härchen:	☐	☐	☐
intensiver Geruch, Geschmack: 	☐	☐	☐
Gift:	☐	☐	☐
Vermehrung:	☐	☐	☐
Milchsaft:	ja ☐	nein ☐	
Nektardrüsen am Blatt:	ja ☐	nein ☐	

Poa sp. (Süßgräser) z.T. 



CC 0/Doll's Blumen pixnio.com

krautig, niederwüchsig

ABWEHRMECHANISMUS	wenig	mittel	stark
Härte:	☐	☐	☐
Stacheln, Dornen:	☐	☐	☐
Härchen:	☐	☐	☐
intensiver Geruch, Geschmack: 	☐	☐	☐
Gift:	☐	☐	☐
Vermehrung:	☐	☐	☐
Milchsaft:	ja ☐	nein ☐	
Nektardrüsen am Blatt:	ja ☐	nein ☐	

Vicia sepium (Zaun-Wicke)



krautig, z.T. kletternd, Wuchshöhe 30 bis 50cm

ABWEHRMECHANISMUS	wenig	mittel	stark
Härte:	☐	☐	☐
Stacheln, Dornen:	☐	☐	☐
Härchen:	☐	☐	☐
intensiver Geruch, Geschmack: 	☐	☐	☐
Gift:	☐	☐	☐
Vermehrung:	☐	☐	☐
Milchsaft:	ja ☐	nein ☐	
Nektardrüsen am Blatt:	ja ☐	nein ☐	

Prunus spinosa (Schlehdorn)  



Strauch, Wuchshöhe bis 3m

ABWEHRMECHANISMUS	wenig	mittel	stark
Härte:	☐	☐	☐
Stacheln, Dornen:	☐	☐	☐
Härchen:	☐	☐	☐
intensiver Geruch, Geschmack: 	☐	☐	☐
Gift:	☐	☐	☐
Vermehrung:	☐	☐	☐
Milchsaft:	ja ☐	nein ☐	
Nektardrüsen am Blatt:	ja ☐	nein ☐	

Cynareae („Disteln“) z.T.  



Krautig, Wuchshöhe 30cm bis 2m

ABWEHRMECHANISMUS	wenig	mittel	stark
Härte:	☐	☐	☐
Stacheln, Dornen:	☐	☐	☐
Härchen:	☐	☐	☐
intensiver Geruch, Geschmack: 	☐	☐	☐
Gift:	☐	☐	☐
Vermehrung:	☐	☐	☐
Milchsaft:	ja ☐	nein ☐	
Nektardrüsen am Blatt:	ja ☐	nein ☐	

Symphytum officinale (Echter Beinwell)



krautig, Wuchshöhe 30cm bis 60cm

ABWEHRMECHANISMUS	wenig	mittel	stark
Härte:	☐	☐	☐
Stacheln, Dornen:	☐	☐	☐
Härchen:	☐	☐	☐
intensiver Geruch, Geschmack:	☒	☐	☐
Gift:	☐	☐	☐
Vermehrung:	☐	☐	☐
Milchsaft:	ja ☐	nein ☐	
Nektardrüsen am Blatt:	ja ☐	nein ☐	

Anthriscus cerefolium (Echter Kerbel)



krautig, Wuchshöhe 20 bis 70cm

ABWEHRMECHANISMUS	wenig	mittel	stark
Härte:	☐	☐	☐
Stacheln, Dornen:	☐	☐	☐
Härchen:	☐	☐	☐
intensiver Geruch, Geschmack:	☒	☐	☐
Gift:	☐	☐	☐
Vermehrung:	☐	☐	☐
Milchsaft:	ja ☐	nein ☐	
Nektardrüsen am Blatt:	ja ☐	nein ☐	

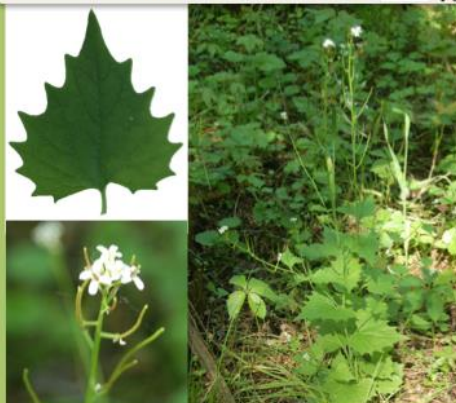
Prunus padus (Gewöhnliche Traubenkirsche)



Strauch od. Baum, Wuchshöhe bis 15m

ABWEHRMECHANISMUS	wenig	mittel	stark
Härte:	☐	☐	☐
Stacheln, Dornen:	☐	☐	☐
Härchen:	☐	☐	☐
intensiver Geruch, Geschmack:	☒	☐	☐
Gift:	☐	☐	☐
Vermehrung:	☐	☐	☐
Milchsaft:	ja ☐	nein ☐	
Nektardrüsen am Blatt:	ja ☐	nein ☐	

Alliaria petiolata (Knoblauchrauke)



krautig, Wuchshöhe 5cm bis 1m

ABWEHRMECHANISMUS	wenig	mittel	stark
Härte:	☐	☐	☐
Stacheln, Dornen:	☐	☐	☐
Härchen:	☐	☐	☐
intensiver Geruch, Geschmack:	☒	☐	☐
Gift:	☐	☐	☐
Vermehrung:	☐	☐	☐
Milchsaft:	ja ☐	nein ☐	
Nektardrüsen am Blatt:	ja ☐	nein ☐	

12.1.2.2 Bildquellen Pflanzenkarten

Gewöhnlicher Löwenzahn

Links: eigenes Bild

Rechts: CC 0 by W. O. Müller <http://www.medizinalpflanzen.de/allgemei/koehler/koeh-135.jpg> [22.05.2018]

Große Brennnessel

Links und mitte: eigenes Bild

Rechts: CC 4.0 by Roland Gromes

https://de.wikipedia.org/wiki/Große_Brennnessel#/media/File:Urtica_dioica,_stinging_hair.jpg [22.05.2018]

Schöllkraut

Links: eigenes Bild

Rechts oben: freigestellt und zugeschnitten aus CC 3.0 by Aiwok

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7a/Chelidonium_majus_flores.jpg/798px-Chelidonium_majus_flores.jpg [22.05.2018]

Rechts unten: eigenes Bild

Brombeere

Links: eigenes Bild

Frucht: freigestellt von CC 2.0 Theo Crazzolaro

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brombeere_\(29011428851\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brombeere_(29011428851).jpg) [22.05.2018]

Blüte: freigestellt von CC 3.0 Tony Wills https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Blackberry_flower_02.jpg [22.05.2018]

Rechts unten: eigenes Bild

Süßgräser

Links: CC 0 Doll's Blumen <https://pixnio.com/de/landschaften/gras/rasen-feld-natur-flora-getreide-rasen-pflanzen-wiese> [22.05.2018]

Rechts oben und unten: eigene Bilder

Zaun-Wicke

Alle Abbildungen eigene Bilder

Schlehdorn

Alle Abbildungen eigene Bilder

„Disteln“

Links oben: eigenes Bild

Links unten: zugeschnitten von CC 3.0 Rita Erfurt <https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Distel.JPG> [12.05.2018]

rechts: CC 0 Prof. Dr. Otto Wilhelm Thomé

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Illustration_Onopordum_acanthium0.jpg [12.05.2018]

Echter Beinwell

Alle Abbildungen eigene Bilder

Echter Kerbel

Links: CC 0 Prof. Dr. Otto Wilhelm Thomé

https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Illustration_Anthriscus_cerefolium0_clean.jpg [12.05.2018]

Rechts oben und unten: eigene Bilder

Gewöhnliche Traubenkirsche

Links: CC 0 Prof. Dr. Otto Wilhelm Thomé

https://de.wikipedia.org/wiki/Gew%C3%B6hnliche_Traubenkirsche#/media/Datei:Illustration_Prunus_avium0.jpg [12.05.2018]

Rechts: eigenes Bild

Knoblauchsrauke

Alle Abbildungen eigene Bilder

12.1.2.3 Karten Tiere

Castor fiber (Eurasischer Biber)



Körperlänge bis 1m

EMPFINDLICH GEGEN	wenig	mittel	stark
Härte:	☐	☐	☐
Stacheln, Dornen:	☐	☐	☐
Härchen:	☐	☐	☐
intensiver Geruch, Geschmack:	☐	☐	☐
Gift:	☐	☐	☐
Milchsaft:	☐	☐	☐
Nektardrüsen am Blatt:	☐	☐	☐

Hyles euphorbiae (Wolfsmilchschwärmer)



Körperlänge Raupen 70–80mm, Flügelspannweite Falter 70–85mm

EMPFINDLICH GEGEN	wenig	mittel	stark
Härte:	☐	☐	☐
Stacheln, Dornen:	☐	☐	☐
Härchen:	☐	☐	☐
intensiver Geruch, Geschmack:	☐	☐	☐
Gift:	☐	☐	☐
Milchsaft:	☐	☐	☐
Nektardrüsen am Blatt:	☐	☐	☐

Pentatomidae (Baumwanzen)



Ordnung Schnabelkerfen, Körperlänge um die 2cm

EMPFINDLICH GEGEN	wenig	mittel	stark
Härte:	☐	☐	☐
Stacheln, Dornen:	☐	☐	☐
Härchen:	☐	☐	☐
intensiver Geruch, Geschmack:	☐	☐	☐
Gift:	☐	☐	☐
Milchsaft:	☐	☐	☐
Nektardrüsen am Blatt:	☐	☐	☐

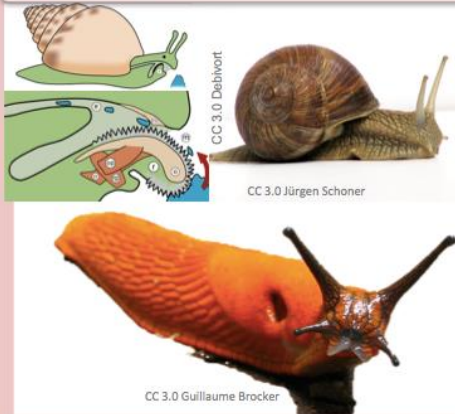
Coleoptera (Käfer)



Ordnung Käfer, Körperlänge von bis

EMPFINDLICH GEGEN	wenig	mittel	stark
Härte:	☐	☐	☐
Stacheln, Dornen:	☐	☐	☐
Härchen:	☐	☐	☐
intensiver Geruch, Geschmack:	☐	☐	☐
Gift:	☐	☐	☐
Milchsaft:	☐	☐	☐
Nektardrüsen am Blatt:	☐	☐	☐

Gastropoda (Schnecken)



Stamm Weichtiere, Körperlänge 0,5cm bis 75cm

EMPFINDLICH GEGEN	wenig	mittel	stark
Härte:	☐	☐	☐
Stacheln, Dornen:	☐	☐	☐
Härchen:	☐	☐	☐
intensiver Geruch, Geschmack:	☐	☐	☐
Gift:	☐	☐	☐
Milchsaft:	☐	☐	☐
Nektardrüsen am Blatt:	☐	☐	☐

Homo sapiens (Mensch)



Familie Menschenaffen, Körperhöhe bis 2m

EMPFINDLICH GEGEN	wenig	mittel	stark
Härte:	☐	☐	☐
Stacheln, Dornen:	☐	☐	☐
Härchen:	☐	☐	☐
intensiver Geruch, Geschmack:	☐	☐	☐
Gift:	☐	☐	☐
Milchsaft:	☐	☐	☐
Nektardrüsen am Blatt:	☐	☐	☐

12.1.2.4 Bildquellen Tierkarten

Eurasischer Biber

Links: Ausschnitt von CC 0 cocoparisienne <https://pixabay.com/de/biber-biberschäden-biberbaum-334518/> [12.05.2018]

Rechts oben: Ausschnitt von CC 3.0 Harald Olsen
https://de.wikipedia.org/wiki/Europäischer_Biber#/media/File:Beaver_pho34.jpg [12.05.2018]

Rechts unten: freigestellt von CC 3.0 Sylvain Haye https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Castor_dents-haye.jpg [12.05.2018]

Wolfsmilchschwärmer

Oben: eigenes Bild

Unten: dorsal und ventral CC 4.0 Didier Descouens
https://de.wikipedia.org/wiki/Wolfsmilchschwärmer#/media/File:Hyles_euphorbiae_MHNT_female_dos.jpg [12.05.2018]

Baumwanzen

Links: eigene Zeichnung

Rechts oben: freigestellt nach CC 2.5 by Aka
[https://de.wikipedia.org/wiki/Feuerwanzen#/media/Datei:Pyrrhocoris_apterus_\(aka\).jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Feuerwanzen#/media/Datei:Pyrrhocoris_apterus_(aka).jpg) (eigentlich eine Feuerwanze) [12.05.2018]

Rechts unten: freigestellt nach CC 2.0 Mick Talbot <https://www.flickr.com/photos/micks-wildlife-macros/2953397076/> [12.05.2018]

Käfer

Links oben: Ausschnitt von CC 3.0 Haeferl wikipedia.org,
https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Schwarzer_Rüsselkäfer_-_Otiorhynchus_coecus.jpg [12.05.2018]

Links unten: zugeschnitten von CC 2.0 Magnus Hagdorn flickr.com [12.05.2018]
<https://www.flickr.com/photos/hagdorned/6061720592/> [12.05.2018]

Rechts oben: freigestellt und zugeschnitten von CC 2.0 Mika Andrianoelison wikimedia.org,
[https://commons.wikimedia.org/wiki/\[12.05.2018\]](https://commons.wikimedia.org/wiki/[12.05.2018])

Rechts unten: Ausschnitt von CC 0 Scott Bauer wikipedia.org,
https://de.wikipedia.org/wiki/Kartoffelkäfer#/media/File:Colorado_potato_beetle.jpg [12.05.2018]

Schnecken

Links oben: zugeschnitten aus CC 3.0 by OGRE
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/45/Radula_diagram3.png/362px-Radula_diagram3.png [06.05.2018]

Rechts oben: CC 3.0 by Jürgen Schöner
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/64/Grapevinesnail_01a.jpg [06.05.2018]

Unten: freigestellt von CC 3.0 by Guillaume Bocker
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6c/Orange_slug.jpg/1024px-Orange_slug.jpg [06.05.2018]

Mensch

Oben: freigestellt aus CC 3.0 by 089 photoshootings: <https://pixabay.com/de/frau-küche-mann-alltag-blond-1979272/> [06.05.2018]

Links unten: CC 4.0 by Matthew Ferguson
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4e/Dental_fluorosis_%28mild%29.png/1280px-Dental_fluorosis_%28mild%29.png [06.05.2018]

Rechts unten: freigestellt und zugeschnitten von CC 2.0 by Magnus Mertens https://de.wikipedia.org/wiki/PSA-Forst#/media/File:Stihl_kettensaäge.jpg [06.05.2018]

12.1.3 Spielanleitung

HerbiWars

1) Vorbereitung der Karten:

a) Suche die Pflanzen und untersuche sie Punkt für Punkt nach Abwehrmechanismen.

Ist eine Eigenschaft nicht vorhanden → auf der Karte nichts ankreuzen.

Versuche, so viele verschiedene Abwehrmechanismen wie möglich zu entdecken.

- Ist die Pflanze verholzt?
- Kannst Du spitze, harte Auswüchse erkennen?
- Nimm die Lupe zur Hand. Untersuche Stängel sowie Blätter nach Härchen!
- Knicke ein Blatt und rieche an der Bruchstelle.
- Kosten von Pflanzenteilen nur nach Absprache mit der Lehrkraft! Pflanzen mit einem  Symbol sind giftig!
- Wie viele Vertreter dieser Pflanze kannst du in 1 m² zählen/ schätzen?
- Reiße ein Blatt ab. Tritt eine weiße oder färbige, klebrige Substanz aus?
- Suche kleine Hügel am Blattstiel und klebrige Stellen.

Dein Team kann später aus den Karten, deren Pflanzen ihr untersucht habt, wählen.

b) Du hast die Pflanzen untersucht und die Karten ausgefüllt? Vergleiche nun mit der Lösung!

c) Hole Dir die Karten mit den Fraßfeinden und mache Dich mit ihnen vertraut.

Diskutiere zunächst in der Gruppe, welche Abwehrmechanismen der Pflanzen gegen dieses Tier wirken und fülle die Karten aus.

d) Vergleiche mit der Lösung.

2) Spielanleitung

Es treten je zwei Teams gegeneinander an.

a) Wähle fünf Pflanzenkarten und fünf Tierkarten.

b) *Jedes Team stellt eine Schiedsperson*

c) Das Team mit der jüngsten Spielerin spielt zuerst aus. Es spielt einen Fraßfeind.

d) Das andere Team spielt eine Pflanzenkarte und argumentiert, wieso dieser Fraßfeind nicht schadet. Beginne den Satz mit

„Du schadest mir nicht, weil ich“

e) Das angreifende Team kann dagegen argumentieren.

f) Das Team, das die besseren naturwissenschaftlichen Argumente hat, gewinnt beide Karten.

g) Kommt es zu keiner Einigung, werden die Karten zur Seite gelegt und kein Team erhält die Karten.

h) Das Team, das den letzten Zug gewonnen hat, spielt wieder einen Fraßfeind aus.

i) Wenn der letzte Zug unentschieden war, greift das Team an, das sich zuvor verteidigt hat.

k) Gewonnen hat das Team, das die meisten Karten erobert hat.

l) Sollten beide Teams gleich viele Karten gewonnen haben, so werden von jedem Team alle vor dem Spiel weggelegten Pflanzenkarten gemischt und verdeckt auf einen Stapel gelegt. Alle Tierkarten eines Teams werden ebenso gemischt und verdeckt auf einen zweiten Stapel gelegt.

m) Beide Teams spielen gleichzeitig je eine Tier und eine Pflanzenkarte aus. Wer zuerst beide Karten gewinnt, hat gewonnen.

Anmerkung: Das Ausfüllen der Karten wurde im Plenum verglichen

12.1.4 Arbeitsblatt für Gruppe Freiland

Name:

Datum:

Übersichtszeichnung ganze oberirdische Pflanze:

Bei Holz Detailzeichnung der Borke:

geschätzte Wuchshöhe:

Detailzeichnung von Stacheln, Dornen:

Verwende die Lupe!
Detailzeichnung von Härchen:

Reiße ein Blatt ab, beschreibe die
austretende Substanz:

Farbe:

Konsistenz:

Skizze:

Suche kleine Hügel am Blattstiel und
klebrige Stellen.
Skizze:

Wo an Pflanze gefunden:

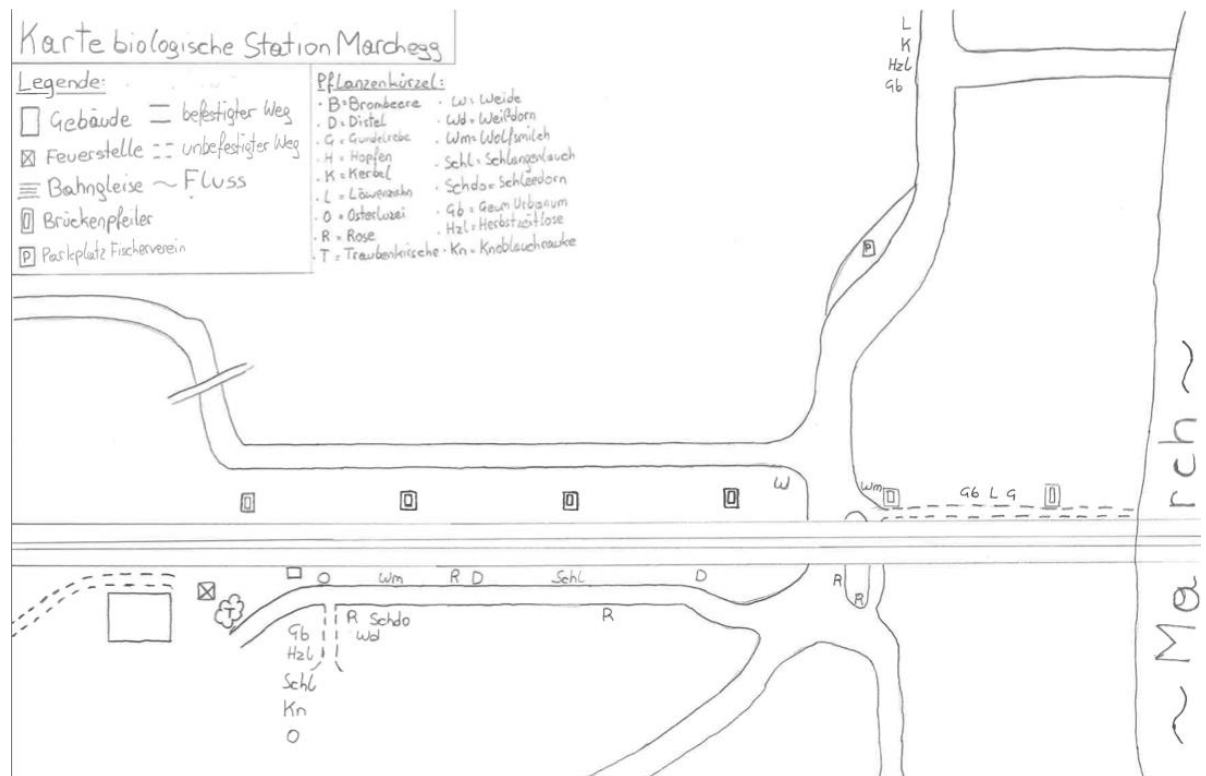
Knicke ein Blatt, beschreibe den Geruch:

Intensität des Geruches:

Zähle/ schätze, wie viele Vertreter dieser Pflanzenart in einem Quadratmeter zu finden sind:

Dieser Arbeitsauftrag wurde in Anlehnung an das Kartenspiel selbst erstellt.

12.1.5 Plan für das beforschte Areal



12.2 Fragebögen

12.2.1 Motivation

Datum:

Klasse:
1. Buchstabe des Vornamens:
Tag der Geburt:
Hausnummer:

Beispiel: Anna wurde am 07.06.1983 geboren und wohnt in der Salbeigasse 17/5/4 in Wien →

1. Buchstabe des Vornamens: A
Tag der Geburt: 07
Hausnummer: 17

Ich arbeitete und lernte bei dieser Lerngelegenheit, ...	Stimmt völlig	Stimmt eher	Stimmt teils/ teils	Stimmt eher nicht	Stimmt über- haupt nicht
1 ... weil es mir Spaß machte.	☐	☐	☐	☐	☐
2 ... weil ich möchte, dass meine Lehrerin denkt, ich bin ein_e gute_r Schüler_in.	☐	☐	☐	☐	☐
3 ... um später eine bestimmte Ausbildung machen zu können (z.B. Schule, Lehre oder Studium).	☐	☐	☐	☐	☐
4 ... weil ich sonst von zu Hause Druck bekomme.	☐	☐	☐	☐	☐
5 ... weil ich neue Dinge lernen möchte.	☐	☐	☐	☐	☐
6 ... weil ich ein schlechtes Gewissen hätte, wenn ich wenig tun würde.	☐	☐	☐	☐	☐
7 ... weil ich damit mehr Möglichkeiten bei der späteren Berufswahl habe.	☐	☐	☐	☐	☐
8 ... weil ich sonst Ärger mit meiner Lehrerin bekomme.	☐	☐	☐	☐	☐
9 ... weil ich es genoss, mich mit diesem Thema auseinanderzusetzen.	☐	☐	☐	☐	☐
10 ... weil ich wollte, dass die anderen Schüler_innen von mir denken, dass ich ziemlich gut bin.	☐	☐	☐	☐	☐
11 ... weil ich mit diesem Wissen später einen besseren Job bekommen kann.	☐	☐	☐	☐	☐
12 ... weil ich sonst schlechte Noten bekomme.	☐	☐	☐	☐	☐
13 ... weil ich diese Aufgaben gerne gelöst habe.	☐	☐	☐	☐	☐
14 ... weil ich mich vor mir selbst schämen würde, wenn ich es nicht getan hätte.	☐	☐	☐	☐	☐
15 ... weil ich die Sachen, die ich hier lernte, später gut gebrauchen kann.	☐	☐	☐	☐	☐
16 ... weil ich es einfach lernen musste.	☐	☐	☐	☐	☐
17 ... weil ich gerne über diese Dinge nachgedacht habe.	☐	☐	☐	☐	☐

Adaptiert aus den „Skalen zur motivationalen Regulation“^[11] beim Lernen von Schülerinnen und Schülern“
(Müller et al. 2007, S. 16). Fragen 1, 5, 9, 13 und 17 erheben intrinsische, Fragen 3, 7, 11 und 15 identifizierte,
Fragen 2, 6, 10 und 14 introjizierte, Fragen 4, 8, 12 und 16 extrinsische Regulation der Motivation.

12.2.2 Interesse an Pflanzen

Zutreffendes bitte ankreuzen	Stimmt völlig	Stimmt eher	Stimmt teils/ teils	Stimmt eher nicht	Stimmt über- haupt nicht
1 Ich lese gerne Bücher über Pflanzen.	☐	☐	☐	☐	☐
2 Ich möchte Pflanzen anbauen und pflegen.	☐	☐	☐	☐	☐
3 Ich besuche gerne Pflanzenausstellungen.	☐	☐	☐	☐	☐
4 Ich habe Freude an Zimmerpflanzen.	☐	☐	☐	☐	☐
5 Ich verbringe meine Freizeit gerne in der Natur.	☐	☐	☐	☐	☐
6 Ich hätte in der Zukunft gerne einen kleinen Garten.	☐	☐	☐	☐	☐
7 Ich bin entspannt, wenn ich von Pflanzen umgeben bin.	☐	☐	☐	☐	☐
8 Wir sollten in der Schule mehr über die Wichtigkeit von Pflanzen lernen.	☐	☐	☐	☐	☐
9 Ich sehe mir gerne Filme über Pflanzen an.	☐	☐	☐	☐	☐
10 ich gehe gerne im Wald spazieren.	☐	☐	☐	☐	☐

Diese Skala wurde gemeinsam mit den Fragen zur Erhebung der motivationalen Regulation auf einen A3-Bogen gedruckt. Datum und Angaben über die Person werden auf der anderen Seite erfasst. Diese Skala wurde dem „Plant Attitude Questionnaire“ von Fančovičová und Prokop entnommen und übersetzt (Fančovičová und Prokop 2010, S. 418).

12.2.3 Pflanzenwissen dichotom

Datum:

Klasse:

1. Buchstabe des Vornamens:

Tag der Geburt:

Hausnummer:

Beispiel: Anna wurde am 07.06.1983 geboren und wohnt in der Salbeigasse 17/5/4 in Wien →

1. Buchstabe des Vornamens: A

Tag der Geburt: 07

Hausnummer: 17

1) Kreise alle Lebewesen ein:



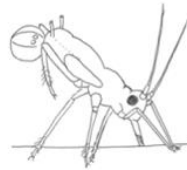
Ahorn

CC 0 by Gellinger pixabay.com



Mensch

CC 0 by Stern_in_nudelsuppe pixabay.com



Blattlaus

CC 3.0 by Arch wikipedia.org



Löwenzahn



Herbstzeitlose

CC 0 by Kurt Stueber wikipedia.org



Granit

CC 3.0 by der Messer wikipedia.org



Maiglöckchen

CC 0 by domeckopol pixabay.com



Wanze

CC 3.0 by Ito wikipedia.org



Raupe

CC 0 by OpenClipart pixabay.com



Distel

CC 0 by Johann Georg Sturm wikipedia.org



Reh

CC 0 by Mysticartdesign pixabay.com



Brombeere

CC 0 by Clier-Free-Vector-Images pixabay.com



Schnecke

CC 3.0 Jürgen Schöner



Gras

CC 0 by Capri23auto pixabay.com



Gneis



Schmetterling

CC 0 by 422737 pixabay.com



Wassertropfen

CC 0 by ChristopherPluta pixabay.com

12.2.4 Pflanzenwissen offen

2) Wie versuchen die gezeigten Lebewesen zu verhindern, dass sie gefressen werden?

Beschreibe in Stichworten!

Streiche Nicht-Lebewesen durch.

Name	Überlebens- bzw. Abwehrmechanismen (Stichworte)
 CC 0 by Cocoparisienne, pixabay.com z.B.: Fliegenpilz	wird nicht gefressen weil für viele Fraßfeinde giftig, kräftige Farbe, auffälliges Muster
Kirschbaum	
Mensch	Läuft weg, sprüht sich mit Insektenschutzmittel ein, verwendet Gelsenstecker, diverse Sprays und andere Waffen, kann kochen.
Blattlaus	
Löwenzahn	
Herbstzeitlose	
Granit	
Maiglöckchen	
Wanze	
Maiglöckchen-Blattwespe	
Distel	
Reh	
Brombeere	
Weinbergschnecke	
Gräser	
Gneis	
Osterluzeifalter	
Wassertropfen	

12.2.4.1 Bildquellen Fragebogen offen

Ahorn: <https://pixabay.com/de/natur-baum-herbst-laub-herbstlaub-2871653/> [11.04.18]

Blattlaus gezeichnet nach: <http://www.haukeharder.net/internet/netzpflege/ullmann/wyss/ggbl.html> [13.08.17]

Mensch: <https://pixabay.com/de/männchen-körper-männlich-mensch-1859518/> [11.04.18]

Löwenzahn: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hondepollen.jpg> [11.04.18]

Herbstzeitlose: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colchicum_autumnale_-_Flora_Batava_-_Volume_v10.jpg [11.04.18]

Granit: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Granitstück.JPG> [11.04.18]

Maiglöckchen: <https://pixabay.com/de/maiglöckchen-convallaria-majalis-761136/> [11.04.18]

Wanze: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rote_wanze_P1410214ra.jpg [11.04.18]

Raupe: <https://pixabay.com/de/tier-raupe-insekt-larve-larven-1297960/> [11.04.18]

Distel: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carduus_acanthoides_Sturm9.jpg [11.04.18]

Reh: <https://pixabay.com/de/reh-bambi-kitz-junges-reh-wald-1966959/> [11.04.18]

Brombeere: <https://pixabay.com/de/brombeeren-rebe-bush-obst-frisch-37582/> [11.04.18]

Schnecke: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/64/Grapevinesnail_01a.jpg [06.05.2018]

Gras: <https://pixabay.com/de/gras-grashalme-gräser-wiese-2551342/> [11.04.18]

Gneis: gezeichnet nach <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gneis2.jpg> [11.04.18]

Schmetterling: <https://pixabay.com/de/schmetterling-schwarz-weiss-konturen-658047/> [11.04.18]

Wassertropfen: <https://pixabay.com/de/regen-nach-dem-regen-einen-tropfen-455124/> [11.04.18]

12.3 Signifikanztests

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests ausgewählter Ergebnisse präsentiert.

12.3.1 Motivation

12.3.1.1 Signifikanz der Unterschiede der einzelnen Regulationsstile

Statistik für Test^a

Methode Methode		intr_w - intr_v	ident_w - ident_v	introj_w - introj_v
1 Freiland	Z	-1,583 ^b	-2,673 ^b	-,946 ^b
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,114	,008	,344
2 Karten	Z	-2,829 ^b	-2,482 ^b	-2,001 ^b
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,005	,013	,045
3 Freiland + Karten	Z	-,986 ^c	-1,912 ^b	-,717 ^b
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,324	,056	,473

Statistik für Test^a

Methode Methode		extrin_w - extrin_v
1 Freiland	Z	-,770 ^c
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,441
2 Karten	Z	-,858 ^b
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,391
3 Freiland + Karten	Z	-1,309 ^b
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,191

a. Wilcoxon-Test

b. Basiert auf positiven Rängen.

c. Basiert auf negativen Rängen.

Tabelle 8: Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests für einzelne Regulationsstile der Gruppe Freiland

Freiland

Intrinsisch

Übersicht über Hypothesentest

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Medianwert der Unterschiede zwischen intr_v und intr_w ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	,114	Nullhypothese behalten.

Asymptotische Signifikanz werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

Identifiziert

Übersicht über Hypothesentest

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Medianwert der Unterschiede zwischen ident_v und ident_w ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	,008	Nullhypothese ablehnen.

Asymptotische Signifikanz werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

Introjiert

Übersicht über Hypothesentest

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Medianwert der Unterschiede zwischen introj_v und introj_w ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	,344	Nullhypothese behalten.

Asymptotische Signifikanz werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

External

Übersicht über Hypothesentest

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Medianwert der Unterschiede zwischen extrin_v und extrin_w ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	,441	Nullhypothese behalten.

Asymptotische Signifikanz werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

Ränge

Methode	Methode		N	Mittlerer Rang
1 Freiland	intr_w - intr_v	Negative Ränge	9 ^a	7,56
		Positive Ränge	4 ^b	5,75
		Bindungen	0 ^c	
		Gesamt	13	
	ident_w - ident_v	Negative Ränge	9 ^d	5,00
		Positive Ränge	0 ^e	,00
		Bindungen	4 ^f	
		Gesamt	13	
	introj_w - introj_v	Negative Ränge	7 ^g	7,29
		Positive Ränge	5 ^h	5,40
		Bindungen	1 ⁱ	
		Gesamt	13	
	extrin_w - extrin_v	Negative Ränge	5 ^j	4,00
		Positive Ränge	5 ^k	7,00
		Bindungen	3 ^l	
		Gesamt	13	

Tabelle 9: Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests für einzelne Regulationsstile der Gruppe Karten

Karten

Intrinsisch

Übersicht über Hypothesentest

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Medianwert der Unterschiede zwischen intr_v und intr_w ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	,005	Nullhypothese ablehnen.

Asymptotische Signifikanz werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

Identifiziert

Übersicht über Hypothesentest

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Medianwert der Unterschiede zwischen ident_v und ident_w ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	,013	Nullhypothese ablehnen.

Asymptotische Signifikanz werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

Introjiert

Übersicht über Hypothesentest

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Medianwert der Unterschiede zwischen introj_v und introj_w ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	,045	Nullhypothese ablehnen.

Asymptotische Signifikanz werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

External

Übersicht über Hypothesentest

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Medianwert der Unterschiede zwischen extrin_v und extrin_w ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	,391	Nullhypothese behalten.

Asymptotische Signifikanz werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

Ränge

Methode	Methode		N	Mittlerer Rang
2 Karten	intr_w - intr_v	Negative Ränge	15 ^a	8,17
		Positive Ränge	1 ^b	13,50
		Bindungen	0 ^c	
		Gesamt	16	
	ident_w - ident_v	Negative Ränge	12 ^d	8,63
		Positive Ränge	3 ^e	5,50
		Bindungen	1 ^f	
		Gesamt	16	
	introj_w - introj_v	Negative Ränge	10 ^g	7,40
		Positive Ränge	3 ^h	5,67
	extrin_w - extrin_v	Bindungen	3 ⁱ	
		Gesamt	16	
		Negative Ränge	8 ^j	9,38
		Positive Ränge	7 ^k	6,43
		Bindungen	1 ^l	
		Gesamt	16	

Tabelle 10: Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests für einzelne Regulationsstile der Gruppe Freiland + Karten

Freiland + Karten

Intrinsisch

Übersicht über Hypothesentest

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Medianwert der Unterschiede zwischen intr_v und intr_w ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	,324	Nullhypothese behalten.

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

Identifiziert

Übersicht über Hypothesentest

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Medianwert der Unterschiede zwischen ident_v und ident_w ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	,056	Nullhypothese behalten.

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

Introjiert

Übersicht über Hypothesentest

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Medianwert der Unterschiede zwischen introj_v und introj_w ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	,473	Nullhypothese behalten.

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

External

Übersicht über Hypothesentest

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Medianwert der Unterschiede zwischen extrin_v und extrin_w ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	,191	Nullhypothese behalten.

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

Ränge

Methode	Methode		N	Mittlerer Rang
3 Freiland + Karten	intr_w - intr_v	Negative Ränge	5 ^a	5,30
		Positive Ränge	7 ^b	7,36
		Bindungen	3 ^c	
		Gesamt	15	
	ident_w - ident_v	Negative Ränge	10 ^d	9,35
		Positive Ränge	5 ^e	5,30
		Bindungen	0 ^f	
		Gesamt	15	
	introj_w - introj_v	Negative Ränge	7 ^g	6,86
		Positive Ränge	5 ^h	6,00
		Bindungen	3 ⁱ	
		Gesamt	15	
	extrin_w - extrin_v	Negative Ränge	9 ^j	7,11
		Positive Ränge	4 ^k	6,75
		Bindungen	2 ^l	
		Gesamt	15	
	interesse_w - interesse_v	Negative Ränge	5 ^m	6,10
		Positive Ränge	8 ⁿ	7,56
		Bindungen	2 ^o	
		Gesamt	15	

12.3.1.2 Signifikanz der Unterschiede im Selbstbestimmungsindex

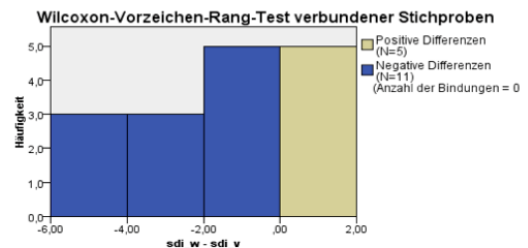
Tabelle 11: Ergebnis des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests für den SDI der Gruppe Freiland

Der Unterschied zwischen dem Selbstbestimmungsindex vor und nach der Intervention wurde auf Signifikanz getestet.

Freiland

Übersicht über Hypothesentest			
	Nullhypothese	Test	Sig.
1	Der Medianwert der Unterschiede zwischen sdi_v und sdi_w ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	,020
			Entscheidung: Nullhypothese ablehnen.

Asymptotische Signifikanz werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.



Gesamtanzahl	16
Teststatistik	23,000
Standardfehler	19,333
Standardisierte Teststatistik	-2,328
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,020

In der Gruppe Freiland gaben direkt nach der Intervention 5 Schüler_innen ein höheres Maß an Selbstbestimmung an, während 11 Schüler_innen einen Rückgang an Selbstbestimmung mitteilten. Im Median nahm der SDI in dieser Gruppe ab ($\tilde{x}_{\text{vorher}} \sim 2$; $\tilde{x}_{\text{nachher}} \sim 0,4$). Die Unterschiede der Mediane des SDI-Index zwischen vor und nach der Aktivität sind innerhalb der Gruppe Freiland laut dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test zu über 95% statistisch signifikant (Wilcoxon-VZ-RT = -2,328, $p = 0,020$, $n=16$).

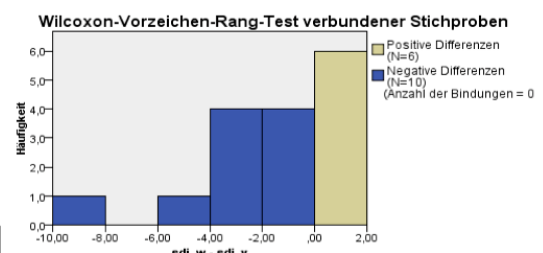
Tabelle 12: Ergebnis des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests für den SDI der Gruppe Karten

Der Unterschied zwischen dem Selbstbestimmungsindex vor und nach der Aktivität wurde auf Signifikanz getestet

Karten

Übersicht über Hypothesentest			
	Nullhypothese	Test	Sig.
1	Der Medianwert der Unterschiede zwischen sdi_v und sdi_w ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	,052
			Entscheidung: Nullhypothese behalten.

Asymptotische Signifikanz werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.



Gesamtanzahl	16
Teststatistik	30,500
Standardfehler	19,333
Standardisierte Teststatistik	-1,940
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,052

Sechs Schüler_innen der Gruppe Karten gaben nach dem Kartenspiel ein höheres Empfinden von Selbstbestimmung an, bei 10 Schüler_innen sank der SDI im Vergleich zu

einer Stunde vor der Unterrichtsreihe. Im Median sank der SDI in dieser Gruppe ($\tilde{x}_{\text{vorher}} \sim 2,9$; $\tilde{x}_{\text{nachher}} \sim 1,2$).

Die Unterschiede der Mediane des SDI-Index zwischen vor und nach der Intervention sind innerhalb der Gruppe Karten laut dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test zu 94,8% signifikant. Da das Programm SPSS ab einer Grenze von 95% Unterschiede als statistisch signifikant einstuft, wird empfohlen den hier ermittelten Unterschied im SDI vor- und nach der Intervention als „nicht signifikant“ zu beurteilen (Wilcoxon-VZ-RT = -1,940, $p = 0,052$, $n=16$).

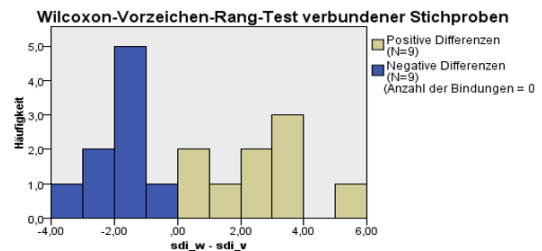
Tabelle 13: Ergebnis des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests für den SDI der Gruppe Karten + Freiland

Der Unterschied zwischen dem Selbstbestimmungsindex vor- und nach der Aktivität wurde auf Signifikanz getestet

Karten + Freiland

Übersicht über Hypothesentest				
	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Medianwert der Unterschiede zwischen sdi_v und sdi_w ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	,711	Nullhypothese behalten.

Asymptotische Signifikanz werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.



Gesamtanzahl	18
Teststatistik	94,000
Standardfehler	22,959
Standardisierte Teststatistik	,370
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,711

In der Gruppe, die Karten im Freiland spielte, gaben neun Schüler_innen nach der Intervention einen höheren Grad an Selbstbestimmung im Vergleich zu einer Stunde vor der Unterrichtsreihe an, neun Schüler_innen einen niedrigeren SDI. Im Median überwiegen jedoch die positiven Abweichungen ($\tilde{x}_{\text{vorher}} \sim 2,2$; $\tilde{x}_{\text{nachher}} \sim 2,6$). Die Unterschiede der Mediane des SDI-Index zwischen vor und nach der Aktivität sind jedoch laut dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test nicht signifikant (Wilcoxon-VZ-RT = 0,370; $p = 0,711$, $n=18$).

12.3.2 Interesse

Statistik für Test ^a			interesse_w - interesse_v
Methode	Methode		
1 Freiland	Z		-,589 ^b
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,556
2 Karten	Z		-2,160 ^b
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,031
3 Freiland + Karten	Z		-1,058 ^c
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,290

a. Wilcoxon-Test

b. Basiert auf positiven Rängen.

c. Basiert auf negativen Rängen.

12.3.3 Pflanzenwissen offen

12.3.3.1 Zutreffende Aussagen

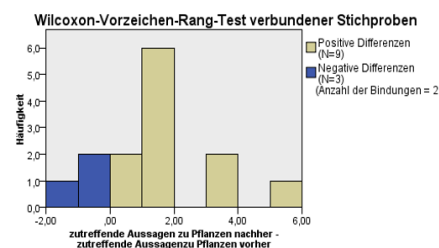
Tabelle 14: Ergebnis des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests für den Zuwachs an zutreffendem Pflanzenwissen der Gruppe nur Leseauftrag

Der Unterschied zwischen der Anzahl an genannten Abwehrmechanismen vor- und nach der Unterrichtsreihe wurde auf Signifikanz getestet.

Leseauftrag

Übersicht über Hypothesentest				
	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Medianwert der Unterschiede zwischen zutreffende Aussagen zu Pflanzen vorher und zutreffende Aussagen zu Pflanzen nachher ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	,088	Nullhypothese behalten.

Asymptotische Signifikanz werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.



Gesamtanzahl	14
Teststatistik	60,000
Standardfehler	12,324
Standardisierte Teststatistik	1,704
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,088

Von den Schüler_innen, die zwar den Leseauftrag bearbeiteten, aber bei keiner der Aktivitäten anwesend waren, konnten neun Personen nach der Unterrichtsreihe mehr zutreffende Abwehrmechanismen nennen. Drei Lernende nannten zum zweiten Befragungszeitpunkt weniger richtige Überlebensmechanismen. Der Zuwachs an korrekten

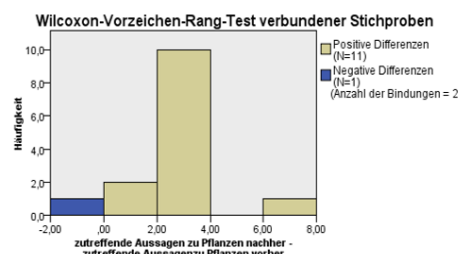
Nennungen zwischen vor und nach der Unterrichtsreihe sind jedoch laut dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test nicht signifikant (Wilcoxon-VZ-RT = 1,704; $p = 0,088$, $n=14$).

Tabelle 15: Ergebnis des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests für den Zuwachs an zutreffendem Pflanzenwissen der Gruppe Freiland

Freiland

Übersicht über Hypothesentest				
	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Medianwert der Unterschiede zwischen zutreffende Aussagen zu Pflanzen vorher und zutreffende Aussagen zu Pflanzen nachher ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	,004	Nullhypothese ablehnen.

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.



Gesamtanzahl	14
Teststatistik	75,000
Standardfehler	12,475
Standardisierte Teststatistik	2,886
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,004

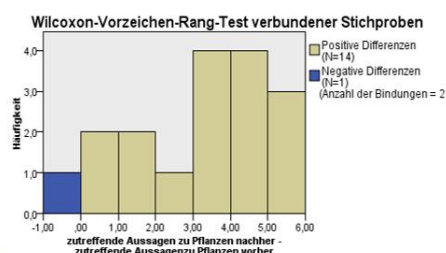
In der Gruppe Freiland zeigen 11 Lernende einen Zuwachs an korrekt zugewiesenen Aussagen über Abwehrmechanismen. Ein_e Schüler_in kann nach der Unterrichtsreihe weniger Überlebensmechanismen nennen. Die Unterschiede der Mediane des Zuwachses an korrektem Pflanzenwissen zwischen vor und nach der Aktivität sind innerhalb der Gruppe Freiland laut dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test zu über 95% statistisch signifikant (Wilcoxon-VZ-RT = 2,886, $p = 0,004$, $n=14$).

Tabelle 16: Ergebnis des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests für den Zuwachs an zutreffendem Pflanzenwissen der Gruppe Karten

Karten

Übersicht über Hypothesentest				
	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Der Medianwert der Unterschiede zwischen zutreffende Aussagen zu Pflanzen vorher und zutreffende Aussagen zu Pflanzen nachher ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	,001	Nullhypothese ablehnen.

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.



Gesamtanzahl	17
Teststatistik	118,000
Standardfehler	17,507
Standardisierte Teststatistik	3,313
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,001

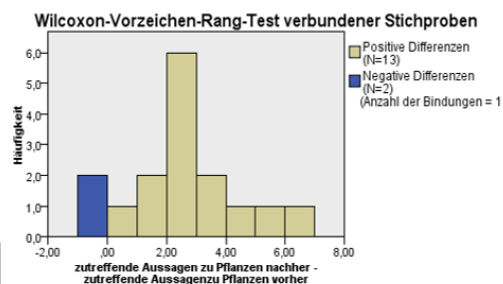
14 Schüler_innen, die im Klassenraum Karten spielten, konnten nach der Intervention mehr korrekte Abwehrmechanismen niederschreiben, ein_e Schüler_in schrieb nach der Unterrichtsreihe weniger zutreffende Überlebensmechanismen auf. Die Abweichungen der Mediane des Zuwachses an korrektem Pflanzenwissen zwischen vor und nach der Aktivität sind innerhalb der Gruppe Karten laut dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test zu über 95% statistisch signifikant (Wilcoxon-VZ-RT = 3,313, $p = 0,001$, $n=17$).

Tabelle 17: Ergebnis des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests für den Zuwachs an zutreffendem Pflanzenwissen der Gruppe Karten + Freiland

Karten + Freiland

Übersicht über Hypothesentest			
Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Der Medianwert der Unterschiede zwischen zutreffende Aussagen zu Pflanzen vorher und zutreffende Aussagen zu Pflanzen nachher ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	,002	Nullhypothese ablehnen.

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.



Gesamtanzahl	16
Teststatistik	115,000
Standardfehler	17,443
Standardisierte Teststatistik	3,153
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,002

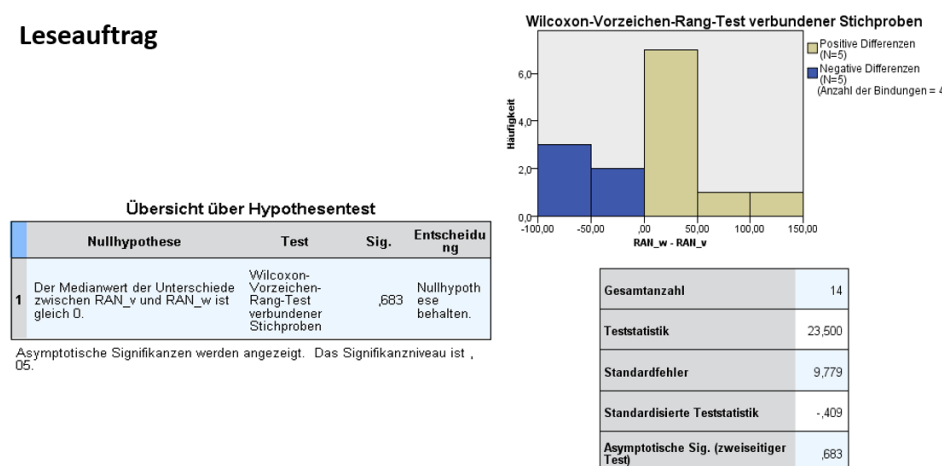
Nach der Aktivität schreiben 13 Schüler_innen mehr zutreffende Aussagen nieder, zwei Lernende weniger. Die Unterschiede der Mediane des Zuwachses an korrektem Pflanzenwissen zwischen vor und nach der Aktivität sind innerhalb der Gruppe Karten + Freiland laut dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test zu über 95% statistisch signifikant (Wilcoxon-VZ-RT = 3,153, $p = 0,002$, $n=16$).

12.3.3.2 Signifikanz des relativen Anteils zutreffender Aussagen

Der Unterschied des relativen Anteils von zutreffenden Aussagen pro Gesamtzahl an Aussagen wurde für jede Gruppe auf Signifikanz getestet.

Tabelle 18: Ergebnis des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests für den Zuwachs an relativem Anteil zutreffenden Pflanzenwissens der Gruppe nur Leseauftrag

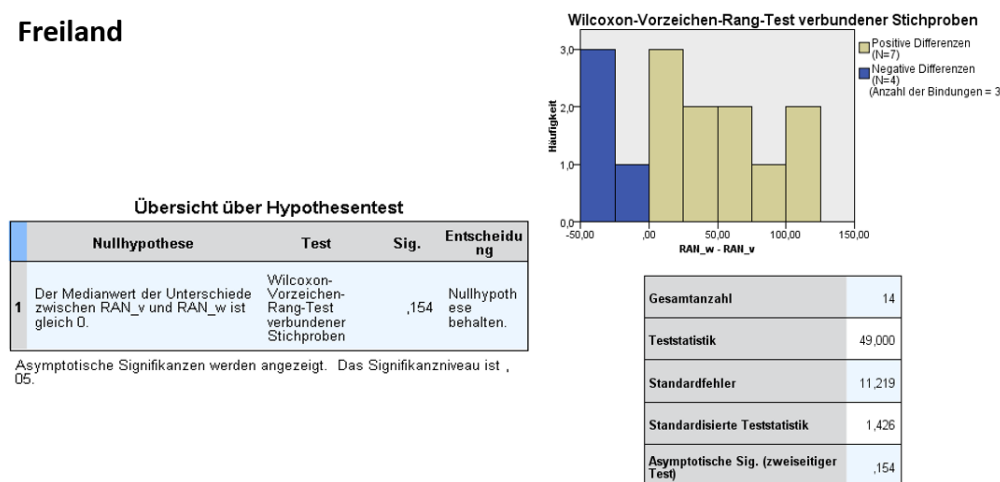
Leseauftrag



Bei fünf Schüler_innen, die ausschließlich den Leseauftrag bearbeiteten, stieg der relative Anteil an richtigen Aussagen, bei genau so vielen sank er. Insgesamt sinkt bei dieser Gruppe der relative Anteil an zutreffenden Aussagen ($\bar{x}_{\text{RAN}} \sim 61\% \rightarrow \bar{x}_{\text{RAN}} \sim 53\%$; $\tilde{x}_{\text{RAN}} \sim 75\% \rightarrow \tilde{x}_{\text{RAN}} \sim 68\%$). Dieser Rückgang ist aber nach dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test nicht signifikant (Wilcoxon-VZ-RT = -0,409; $p = 0,683$, $n=14$).

Tabelle 19: Ergebnis des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests für den Zuwachs an relativem Anteil zutreffenden Pflanzenwissens der Gruppe Freiland

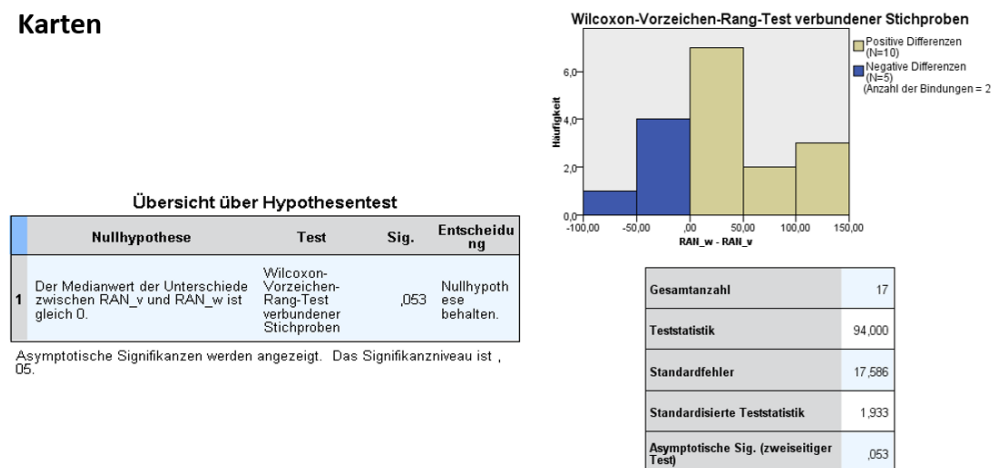
Freiland



Bei Sieben Schüler_innen, die Pflanzen im Freiland untersuchten, stieg der relative Anteil an richtig zugeordneten Aussagen, vier Lernende zeigten negative Differenzen. Obwohl der relative Anteil an korrekten Aussagen im Schnitt bei dieser Gruppe steigt ($\bar{x}_{\text{RAN}} \sim 53 \% \rightarrow \bar{x}_{\text{RAN}} \sim 74 \%$; $\tilde{x}_{\text{RAN}} \sim 55 \% \rightarrow \tilde{x}_{\text{RAN}} \sim 78 \%$), ist diese Zunahme aber laut dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test nicht signifikant (Wilcoxon-VZ-RT = 1,426; $p = 0,154$, $n=14$).

Tabelle 20: Ergebnis des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests für den Zuwachs an relativem Anteil zutreffenden Pflanzenwissens der Gruppe Karten

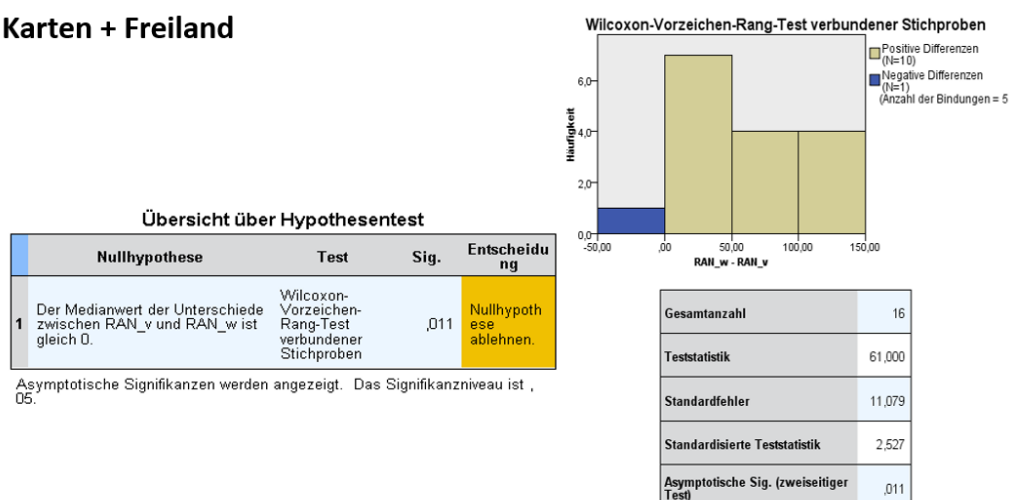
Karten



Der relative Anteil an zutreffenden Aussagen steigt bei 10 Schüler_innen, die Karten im Schulhaus gespielt haben, während er bei 5 Lernenden sinkt. Obwohl diese Gruppe beim Wissenstest die besten Ergebnisse erzielt (siehe Abbildung 24), ist der Zuwachs des relativen Anteils an korrekten Aussagen laut dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test nicht signifikant (Wilcoxon-VZ-RT = 1,933; $p = 0,053$, $n=17$).

Tabelle 21: Ergebnis des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests für den Zuwachs an relativem Anteil zutreffenden Pflanzenwissens der Gruppe Karten + Freiland

Karten + Freiland



Von den Schüler_innen, die im Freiland Karten spielten, verzeichnen 10 Schüler_innen einen Anstieg des relativen Anteils an richtig zugeordneten Aussagen an Gesamtaussagen. Nur bei einer Person lässt sich ein Rückgang beobachten. Obwohl diese Gruppe bei der Anzahl der richtigen Nennungen hinter der Gruppe Karten liegt (siehe Abbildung 24), ist der relative Zuwachs nur bei dieser Gruppe laut Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test zu über 95% statistisch signifikant (Wilcoxon-VZ-RT = 2,527, $p = 0,011$, $n=16$).

12.4 Zusätzliche Ergebnisse

12.4.1.1 Aussagen nach Kategorien

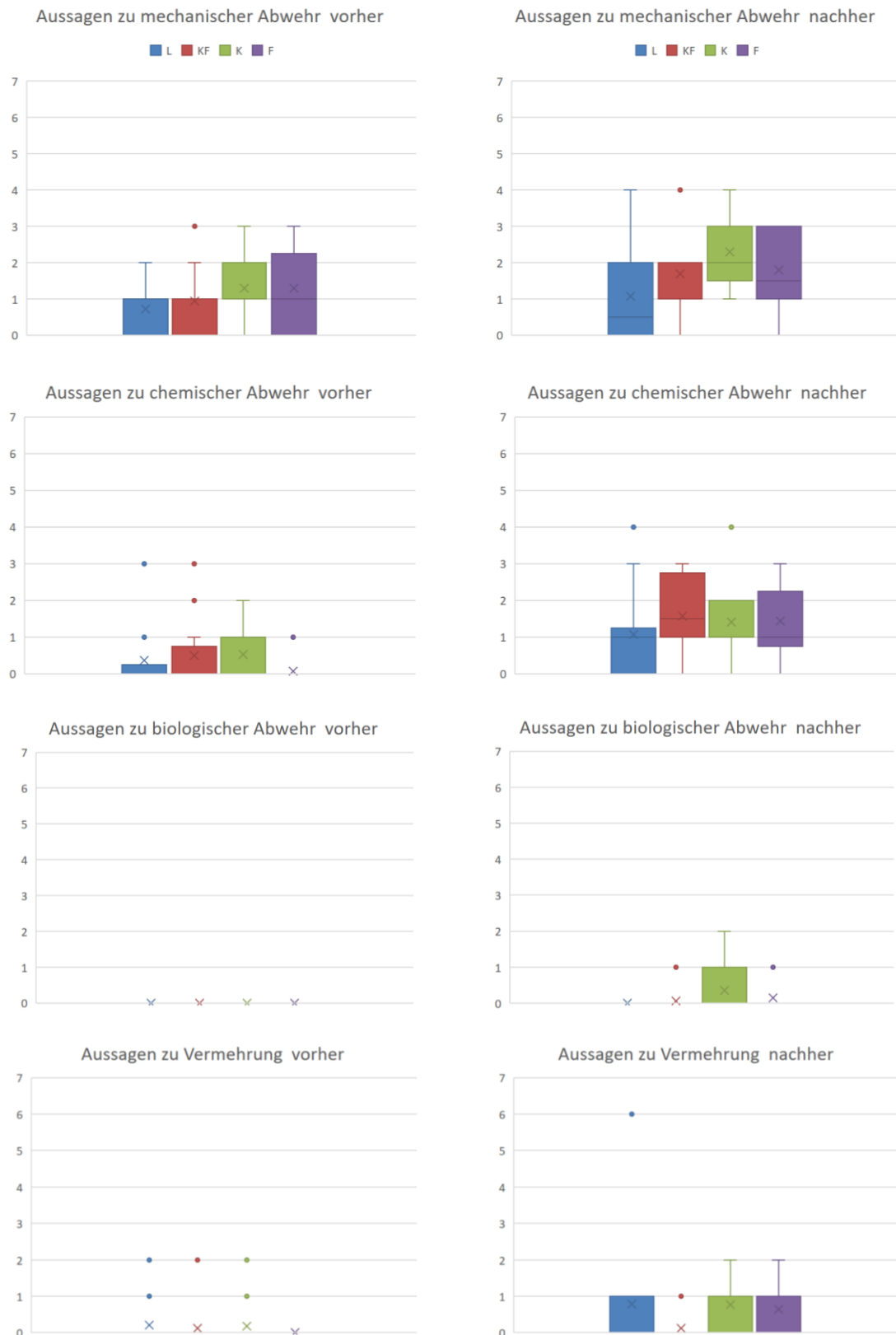


Abbildung 26: Anzahl der zutreffenden Aussagen zu pflanzlichen Abwehrmechanismen geordnet nach Kategorien vor (links) und drei Wochen nach der Unterrichtsreihe (rechts).

L = nur Leseauftrag, KF = Karten + Freiland, K = Karten, F = Freiland

Aussagen zu mechanischer Abwehr steigen von im Median einer Aussage (alle Gruppen) zu ca. 1,5 (Gruppe F) bis zwei Aussagen (K). In der Gruppe L sinkt die Anzahl der Aussagen im Schnitt. Die maximale Anzahl an genannten mechanischen Abwehrmechanismen steigt von zwei (Gruppe L) bzw. 3 (KF, K, F) auf drei (F) oder vier (Gruppen L, KF und K) Nennungen. Nach der Intervention können 75 % der Schüler_innen der Gruppen KF und F sowie 100 % der Gruppe K mindestens einen mechanischen Abwehrmechanismus einer Pflanze zuordnen.

Vor der Unterrichtsreihe nennen die Schüler_innen im Schnitt zwischen keiner (Gruppe F) und einer (Gruppe K) Aussage, die sich der Kategorie „chemische Abwehr“ zuordnen lässt. Vereinzelte Schüler_innen notieren bis zu drei Aussagen dieser Abwehrkategorie. Nach den Aktivitäten können 75 % der Lernenden der Gruppen KF und K mindestens eine Art der chemischen Abwehr niederschreiben. Die 25 % der Schüler_innen der Gruppen L, KF und F können bis zu drei Aussagen zu chemischen Abwehrmechanismen tätigen. Vereinzelte Schüler_innen notieren sogar vier Begriffe dieser Kategorie.

Ausdrücke, die in die Kategorie „biologische Abwehr fallen“, kommen vor der Intervention bei keiner der Gruppen vor. Nach der Unterrichtsreihe können einzelne Schüler_innen der Gruppen KF und F einen biologischen Abwehrmechanismus notieren. Lernende der Gruppe K vermerken nach der Intervention im Median eine Aussage, das obere Quartil sogar zwei Begriffe im Kontext biologischer Abwehr. Bei der Gruppe L kommt es in dieser Rubrik zu keiner Verbesserung.

Vermehrung, als pflanzliche Überlebensstrategie, wird vor der Unterrichtsreihe von vereinzelt Schüler_innen vorgebracht, im Median jedoch treffen die Lernenden aller Gruppen keine Aussagen, die in diese Kategorie fallen. Nach der Einflussnahme führen die Schüler_innen der Gruppen L, K und F im Schnitt einmal Vermehrung als Überlebensmechanismus an, bei der Gruppe L gibt es sogar eine_n Schüler_in, die sechs Bemerkungen dieser Rubrik notiert.

Die bemerkenswertesten Verbesserungen sind bei den Kategorien „chemische Abwehr“ und „Vermehrung“ zu beobachten, biologische Abwehr wurde durch diese Unterrichtsreihe am wenigsten vermittelt.