



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Stundenplanungen zum Thema Schutzmechanismen
von Pflanzen“

verfasst von / submitted by

Victor Kumar

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

Wien, 2019/ Vienna, 2019

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

A 190 445 313

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

Lehramtsstudium UF Biologie und Umweltkunde,
UF Geschichte, Sozialkunde, Polit.Bildg.

Betreut von / Supervisor:

ao. Univ.-Prof. Dr. Michael Kiehn

Danksagung

Ich möchte mich sowohl bei meiner Familie und meinen Freunden als auch bei einer guten Freundin dafür bedanken, dass sie mich immer unterstützt haben. Ohne sie wäre ich in meinem Leben wahrscheinlich nicht so weit gekommen. Des Weiteren will ich mich bei meinen Großeltern für ihren Segen bedanken. Auch wenn wir uns selten sehen konnten, waren sie stets an meiner Seite.

Auch gilt mein Dank Herrn Professor Kiehn für seine zuvorkommende und kompetente Betreuung. Ich habe sein Feedback sehr geschätzt und es freute mich, dass er auch für kleinere Probleme immer ein Ohr und eine Lösung hatte.

INHALTSVERZEICHNIS

I Theoretischer Teil

1. Pflanzliche Abwehr	1
2. Abwehrmechanismen bei Pflanzen	2
2.1. Präformierte Abwehr	3
2.1.1. Mechanische Abwehr	3
2.1.2. Chemische Abwehr	3
2.1.2.1. Chemische Signale an die Umwelt	6
2.1.3. Resistenzmechanismen	7
2.2. Induzierbare Abwehr	7
2.2.1. Systemische Antwort	9
3. Konkrete Beispiele für Schutzmechanismen	11
3.1. Gallenbildung nach Insektenbefall	11
3.2. Akazien	12
3.3. Kannenpflanzen	13
3.3.1. <i>Nepenthes bicalcarata</i>	14
3.4. Schilf	16
3.4.1. Schilfeule	16
3.5. Mais	18
3.6. <i>Mimosa pudica</i>	19
3.7. Tabak: <i>Nicotiana attenuata</i>	21
3.8. Grauer Lärchenwickler	22
3.9. Wolfsmilchgewächse: Klebstoffe	23
3.10. Ampfer	23
4. „Conceptual change“ bzw. „Conceptual reconstruction“	24
4.1. Konzeptwechsel- „conceptual change“	24
4.2. Didaktische Rekonstruktion- „conceptual reconstruction“	24
4.3. Konfliktstrategie	26
4.4. Lernumgebung	26
5. Interesse	28
6. Neugier	29

II Umsetzung des Themas Abwehrmechanismen von Pflanzen im Unterricht

1. Lehrplanbezug und Einleitung	30
2. Film im Unterricht	32
2.1. Planungsmatrix zu Film im Unterricht	34
3. Lückentext	36
3.1. Planungsmatrix zu Lückentext	38
4. Gruppenarbeit	40
4.1. Planungsmatrix zu Gruppenarbeit	42
5. Klassischer Frontalunterricht	46
5.1. Planungsmatrix zu Klassischer Frontalunterricht	48
6. Digitaler Unterricht	50
6.1. Planungsmatrixes zu Digitaler Unterricht	53
7. Biologieunterricht als Fremdsprachenunterricht	57
7.1. Planungsmatrix zu Biologieunterricht als Fremdsprachenunterricht	60
8. Projekt: Mimosen	62
8.1. Planungsmatrix zu Projekt: Mimosen	64
9. Biologieunterricht im Freiland	66
9.1. Planungsmatrix zu Biologieunterricht im Freiland	69
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	73
LITERATURVERZEICHNIS	74
ANHANG	77
Zusammenfassung	77

I Theoretischer Teil

1. Pflanzliche Abwehr

Unter pflanzlicher Abwehr versteht man Mechanismen, die Pflanzen sowohl vor Pathogenen und Parasiten, wie zum Beispiel Fadenwürmern, Pilzen, Prokaryoten, als auch vor Fressfeinden wie beispielsweise Säugetieren und Insekten schützen.¹

Man findet eine Vielzahl an Abwehrmechanismen bei Pflanzen. Welche Mechanismen sich erfolgreich etablieren können, hängt auch von der Umgebung der Pflanzen ab.- Gibt es an ihren Standorten z. B. genügend Wasser und Licht? Auch andere Umweltfaktoren wie Boden und Wind sind bedeutsam. Weiters stellt sich z.B. die Frage, ob es Pflanzenteile gibt, deren Schutz von besonderer Bedeutung für das Überleben bzw. für den Reproduktionserfolg der Pflanzenart ist?²

Im „Spektrum Lexikon der Biologie“ werden Pflanzen mit mittelalterlichen Burgen verglichen, während diese belagert werden. Zu diesem Vergleich kommt man, wenn man versucht die Situation von Pflanzen zu verstehen. Aufgrund der Tatsache, dass Pflanzen die Orte, an denen sie wachsen, nicht verlassen können, müssen sie im Stande sein Angriffe auszuhalten. Wenn es zu Wunden kommen sollte, müssen diese vor Verlust von Nährstoffen und möglichen Infektionen geschützt werden. Hierbei kommt es u.a. zur Wundheilung beispielsweise durch Harze oder durch Oxidation von Phenolen zu Phenoloradikalen und Chinonen. Des Weiteren kann es auch dazu kommen, dass Pflanzen die Anwesenheit eines Pathogens aushalten müssen. Diese könnte dazu führen, dass eine Krankheit ausbricht. Es könnte aber auch, falls die Umweltbedingungen besser werden, der Erreger beseitigt werden. Interaktionen zwischen Pathogenen und Wirten führten im Verlauf der Evolution zur Entstehung zahlreicher spezieller Strukturen wie zum Beispiel Gallen, Mykorrhizae oder Rhizobien.³

¹ Vgl. auch Spektrum Lexikon der Biologie. Pflanzliche Abwehr, online unter: <<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/pflanzliche-abwehr/50728>> (14.10.2019).

² Vgl. auch Volker Arzt, Kluge Pflanzen. Wie sie locken und lügen, sich warnen und wehren und Hilfe holen bei Gefahr (München 2009) 79.

³ Vgl. auch Spektrum Lexikon der Biologie. Pflanzliche Abwehr, online unter: <<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/pflanzliche-abwehr/50728>> (14.10.2019).

2. Abwehrmechanismen bei Pflanzen

Man unterscheidet zwischen zwei Abwehrmöglichkeiten: Präformierte und induzierbare Abwehr. Unter präformierter Abwehr versteht man, dass es sich um biochemische und physikalische Bestandteile einer Pflanze handelt, die einen Befall durch Herbivoren bzw. durch andere Schädigungen verhindern. Bei der induzierbaren Abwehr handelt es sich um reaktive Vorgänge: sobald z.B. ein Pathogen präsent ist, kann es in den Zellen durch biochemische Vorgänge zur Produktion von giftigen oder wachstumshemmenden Stoffen kommen, die auf den Erreger einwirken.⁴

Man kann zudem zwischen ephemeren Pflanzen, deren Vorkommen hinsichtlich Raum und Zeit i.d.R. kurz und unberechenbar ist und die dadurch einen Schutz vor Herbivoren haben, und Arten, welche eine längere Zeit leben, unterscheiden. Bei kurzlebigen Arten ist die Produktion von Abwehrstoffen gering. Sie produzieren sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe wie etwa Gift erst dann, wenn diese benötigt werden (induzierbare Abwehr). Auf der anderen Seite müssen langlebige Pflanzen viel Energie für die konstitutive Abwehr aufbringen. Diese Form der Abwehr ist für die Pflanzen „teuer“, sorgt aber für eine umfangreiche Verteidigung.⁵ Begon, Howarth und Townsend (2017) betonen, dass in einer Pflanze oft die für den Organismus bedeutenden Teile durch eine konstitutive und die weniger bedeutenden Teile durch eine induzierbare Abwehr gesichert sind.⁶ Ein Beispiel ist *Raphanus sativus* (Gartenrettich). Da diese Pflanze von Bestäubern abhängig ist, ist die Konzentration an Senfölglycosiden in den Petalen fast zweifach so hoch wie in den Laubblättern (konstitutive Abwehr); dies dient dem Fraßschutz. Nachdem die Laubblätter der Pflanze in einem Experiment von Raupen der Art *Pieris rapae* (Kleiner Kohlweißling) beschädigt wurden, stieg auch in den Laubblättern die Konzentration an Senfölglycosiden an. Dies führte am Ende des Experimentes dazu, dass die Konzentration in den Laubblättern nun höher war als jene in den Petalen (induzierbare Abwehr).⁷

⁴ Vgl. auch Spektrum Lexikon der Biologie. Pflanzliche Abwehr, online unter:

<<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/pflanzliche-abwehr/50728>> (14.10.2019).

⁵ Vgl. auch Michael Begon, Robert W. Howarth, Colin R. Townsend, Ökologie (Heidelberg 2017) 105.

⁶ Vgl. Begon, Howarth, Townsend, Ökologie, 105.

⁷ Vgl. auch Begon, Howarth, Townsend, Ökologie, 105-106.

2.1. Präformierte Abwehr

2.1.1. Mechanische Abwehr

Viele Pflanzenarten besitzen an ihrer Oberfläche Ausbildungen wie Stacheln, Dornen oder Trichome (Härchen). Durch diese Strukturen werden Tiere daran gehindert bzw. es wird ihnen unmöglich, diese essbaren Teile der Pflanzen zu erreichen. Anhand der Größe der Strukturen kann man sogar oft Rückschlüsse darauf ziehen, gegen welche Gruppen von Tieren die jeweiligen Ausbildungen schützen. Gegen große Pflanzenfresser (wie etwa Säugetiere) z.B. sind Stacheln und Dornen effektiv und gegen kleine Herbivoren wie z. B. Insekten und Schnecken Trichome.⁸ Neben Stacheln, Dornen und Trichomen kann auch die Blattform von Pflanzen zum Schutz gegen Herbivoren effektiv sein. Pflanzen mit gezähnten Blättern können nicht von bestimmten Arten von Raupen befallen werden, welche nur in der Lage sind ganzrandige Blätter zu fressen.⁹

2.1.2. Chemische Abwehr

Pflanzen bilden auch chemische Stoffe, die für Fraßfeinde giftig sind und die damit der Abwehr dienen; man spricht hier von chemischer Abwehr. Hierbei handelt es sich jedoch nicht um primäre Pflanzeninhaltsstoffe (Stoffe, die Pflanzen zum Beispiel für Wachstum und Fortpflanzung benötigen), sondern um sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe.¹⁰ Diese sind Substanzen, die für den grundlegenden pflanzlichen Stoffwechsel nicht benötigt werden. Diese Stoffe bewirken u.a., dass Herbivoren Pflanzen schwerer verdauen können bzw., dass Pflanzen für Feinde übel-schmeckend werden.¹¹ Diese sekundären Pflanzenstoffe können nach ihrer Funktion in drei Klassen gegliedert werden: Toxine (Gifte), Repellents (abstoßende Stoffe) und verdauungshemmende Stoffe. Basierend auf dieser Differenzierung unterscheidet man zwischen qualitativer und quantitativer Verteidigung. Da Gifte schon in kleinen Dosen wirksam sind, spricht man hier von qualitativer Verteidigung, während bei der quantitativen Verteidigung der Effekt von verdauungshemmenden

⁸ Vgl. auch Wolfgang Nentwig, Sven Bacher, Roland Brandl, *Ökologie kompakt* (Berlin 2017) 150.

⁹ Vgl. auch Spektrum Lexikon der Biologie. Pflanzliche Abwehr, online unter: <<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/pflanzliche-abwehr/50728>> (14.10.2019).

¹⁰ Vgl. auch Nentwig, Bacher, Brandl, *Ökologie kompakt*, 150.

¹¹ Vgl. auch Thomas M. Smith, Robert L. Smith, *Ökologie* (München 2009) 412.

Substanzen und Repellents konzentrationsabhängig ist.¹² Da hier in der Regel hohe Konzentrationen effektiv sind, werden sie daher als quantitative Wirkstoffe bezeichnet. Außerdem ist hier von einer konstitutiven Abwehr die Rede, da diese Stoffe auch hergestellt werden, ohne dass die Pflanzen angegriffen wurden.¹³

Weiters kann man die sekundären Pflanzeninhaltsstoffe chemisch in mehrere Kategorien einteilen; im Kontext „pflanzlicher Abwehr“ sind folgende drei Gruppen relevant: Terpenoide, Phenole und Stickstoffverbindungen. Zu den Terpenoiden (bzw. Isoprenoiden) zählt man Öle, Harze und Latex. Bei Phenolen handelt es sich um eine große Klasse von Verbindungen zwischen Aromaten wie zum Beispiel Lignine und Tannine. In die Gruppe der Stickstoffverbindungen gehören unterschiedliche Cyanide und Alkaloide wie etwa Atropin, Morphin und Nikotin.¹⁴

Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe wirken sowohl in kleinen als auch in großen Dosen.¹⁵ „So können Tannine und Harze bis zu 60 Prozent der Trockenmasse eines Blatts ausmachen.“¹⁶ (Weiters findet man Tannine auch in den Vakuolen von Eichen. Dort binden sie an Proteine und unterbinden somit, dass diese von Pflanzenfressern verdaut werden.) Ebenfalls unverdaulich sind Lignine (komplexe Verbindungen). Dadurch können Herbivoren wichtige Nährstoffe wie beispielsweise Stickstoff (in Lignin in gebundener Form vorkommend) nicht aufnehmen. Außerdem hemmt Lignin die Verdauung der Herbivoren.¹⁷

Im Gegensatz dazu gibt es, wie oben bereits erwähnt wurde, auch sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, die auch in geringen Dosen wirksam sind. Da diese Substanzen in den meisten Fällen giftig sind, führt dies dazu, dass sich Pflanzenfresser von Pflanzen, welche diese Stoffe aufweisen, fernhalten. Zu diesen Stoffen zählt man Cyanide und Alkaloide wie Koffein, Morphin und Kokain. Diese Substanzen wirken auf den Stoffwechsel oder auf anderen körperlichen Vorgängen von Pflanzenfressern.¹⁸ Weiters ist diese Art der Abwehr oft induzierbar, das heißt,

¹² Vgl. auch Nentwig, Bacher, Brandl, Ökologie kompakt, 150.

¹³ Vgl. auch Begon, Howarth, Townsend, Ökologie, 105.

¹⁴ Vgl. auch Smith, Smith, Ökologie, 412.

¹⁵ Vgl. auch Smith, Smith, Ökologie, 412.

¹⁶ Smith, Smith, Ökologie, 412.

¹⁷ Vgl. auch Smith, Smith, Ökologie, 412.

¹⁸ Vgl. auch Smith, Smith, Ökologie, 412.

dass die toxischen qualitativen Wirkstoffe von Pflanzen erst dann hergestellt werden, wenn sie beschädigt wurden.¹⁹ Man spricht hier auch von induzierbarer Abwehr.²⁰

Stoffe wie zum Beispiel Pyrethrin werden auf Grund ihrer Wirksamkeit gegen Herbivoren auch als Ausgangsmaterial für die Herstellung von Pflanzenschutzmittel verwendet.²¹

Wenn auch viele Gifte Pflanzen vor Feinden schützen, ist es einigen Herbivoren gelungen mit dem Vorhandensein von Giften umzugehen. Es gibt beispielsweise Insekten, die Toxine aufnehmen oder sie chemisch verändern können, sodass die Gifte für sie ungefährlich werden. Einige Arten von Käfern und Raupen verletzen, bevor sie die Blätter gewisser Pflanzenarten fressen, die Blattadern und verhindern, so das Einströmen von Abwehrsubstanzen in die Blätter.²² Andere Insekten wie zum Beispiel Raupen des *Danaus plexippus* (Monarchfalter) nehmen diese Stoffe auf, wodurch sie für die eigene Abwehr nutzbar werden. Sie fressen die Blätter von *Asclepias sp.* (Seidenpflanzen), die sowohl für Vögel als auch für Säugetiere toxisch sind, da in ihnen Herzglykoside vorkommen. Selbst nach der Entwicklung der Raupe zum Adult-Organismus bleiben die Giftstoffe im Körper des Falters erhalten, wodurch er weiterhin vor Fressfeinden geschützt ist.²³

Als weiteren Punkt ist zu erwähnen, dass bei der chemischen Abwehr nicht nur eine Differenzierung von Pflanzenart zu Pflanzenart zu beobachten ist, sondern eine solche oft auch von Pflanzengewebe zu Pflanzengewebe innerhalb einer Pflanze festgestellt werden kann.²⁴

¹⁹ Vgl. auch *Begon, Howarth, Townsend*, Ökologie, 105.

²⁰ Siehe auch Kapitel „2.2. Induzierbare Abwehr“, 7.

²¹ Vgl. auch *Smith, Smith*, Ökologie, 412.

²² Vgl. auch *Smith, Smith*, Ökologie, 412.

²³ Vgl. auch *Begon, Howarth, Townsend*, Ökologie, 106.

²⁴ Vgl. auch *Begon, Howarth, Townsend*, Ökologie, 105.

2.1.2.1. Chemische Signale an die Umwelt

Forschungsprojekte haben gezeigt, dass verschiedene Arten von Pflanzen, wenn sie von Schädlingen befallen sind, die Fähigkeit besitzen chemische Stoffe an ihre Umgebung abzugeben²⁵, „*die natürliche Feinde der Pflanzenschädlinge anlocken.*“²⁶

Es ist Tatsache, dass solche chemischen „Signale“ zum Schutz der Pflanzen beitragen, aber man kann nicht davon ausgehen, dass Pflanzen diese „beabsichtigt“ herstellen um die Gegenspieler der Schädlinge anzulocken.²⁷ „*In einer kontrollierten Versuchsreihe konnten Ted Turling und James Tumlinson [...] nachweisen, dass junge Maispflanzen (Zea mays)*“²⁸, wenn sie von Raupen angegriffen werden, flüchtige Terpene an die Umwelt abgeben.²⁹

Damit wird der natürliche Feind dieser Schädlinge, *Cotesia marginiventris* (eine Schlupfwespenart) angelockt.³⁰

Wenn dies während des Tages geschieht, wenn mehr Wespen im Freien vorkommen, geben die Pflanzen mehr Signalmoleküle in die Luft ab.³¹ Dabei werden diese Substanzen nicht an jenen Stellen abgegeben, wo der Mais befallen wurde, sondern entlang der ganzen Pflanze.³²

²⁵ Vgl. auch *Smith, Smith*, Ökologie, 413.

²⁶ *Smith, Smith*, Ökologie, 413.

²⁷ Vgl. auch *Smith, Smith*, Ökologie, 413.

²⁸ *Smith, Smith*, Ökologie, 413.

²⁹ Vgl. auch *Smith, Smith*, Ökologie, 413.

³⁰ Vgl. auch *Smith, Smith*, Ökologie, 413.

³¹ Vgl. auch Spektrum Lexikon der Biologie. Pflanzliche Abwehr, online unter: <<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/pflanzliche-abwehr/50728>> (14.10.2019).

³² Vgl. auch *Smith, Smith*, Ökologie, 413.

2.1.3. Resistenzmechanismen³³

Auch bei Resistenzmechanismen, die Pflanzen vor Herbivoren schützen, unterscheidet man zwischen direkten und indirekten Mechanismen.³⁴

Zu den Resistenzmechanismen, die direkt gegen Fressfeinde wirken, zählt man sowohl Dornen, Stacheln und Trichome (mechanische Abwehr, s. oben), als auch Gifte, abstoßende und verdauungshemmende Substanzen (chemische Abwehr, s. oben).³⁵

Des Weiteren gibt es auch Resistenzmechanismen, die indirekt gegen Herbivoren wirksam sind. Hierbei kommt es dazu, dass andere Lebewesen zum Schutz von Pflanzen beitragen. Als Gegenleistung bekommen diese Tiere z.B. Nektar und einen Lebensraum. Diese Form der Abwehr wird auch als konstitutiver indirekter Schutz bezeichnet.³⁶ - Dazu später.

2.2. Induzierbare Abwehr

Neben der Produktion von Kallose, die eine Invasion des Pathogens an der Zellwand unterbindet, gehört hierher auch die Herstellung von Ozon, welches Krankheitserreger abtötet. Weiters wird zur induzierbaren Abwehr Folgendes gezählt: Apoptose (durch den programmierten Zelltod wird verhindert, dass sich Krankheiten auf andere Zellen ausbreiten), die Synthese von Pathogenese Proteinen bzw. PR Proteinen, wie beispielsweise Glucanase und Chitinase, welche Zellwände von pathogenen Pilzen beschädigen, oder die Produktion von giftigen Stoffen, den Phytoalexinen.³⁷ Unter Phytoalexinen versteht man chemische Abwehrsubstanzen, die erst dann von Pflanzen hergestellt werden, wenn diese von Pathogenen befallen werden. Mittlerweile konnte man feststellen, dass es auch Phytoalexine gibt, die

³³ Bei der mechanischen und chemischen Abwehr handelt es sich sozusagen um eine genauere Beschreibung von Resistenzmechanismen, die direkt bzw. indirekt gegen Herbivoren wirken. In der Literatur werden die Begriffe Resistenzmechanismen und Abwehr als Synonym verwendet.

³⁴ Vgl. auch *Nentwig, Bacher, Brandl*, Ökologie kompakt, 151.

³⁵ Vgl. auch *Nentwig, Bacher, Brandl*, Ökologie kompakt, 150-151.

³⁶ Vgl. auch *Nentwig, Bacher, Brandl*, Ökologie kompakt, 151.

³⁷ Vgl. auch Spektrum Lexikon der Biologie. Pflanzliche Abwehr, online unter: <<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/pflanzliche-abwehr/50728>> (14.10.2019).

typisch für einige Pflanzenfamilien sind, z.B. bestimmte Flavonoide bei Doldengewächsen.³⁸

Des Weiteren stellen manche Pflanzen im Vorhinein geringe Dosen an Enzymen her (Peptidasen und Glucanasen), welche, sobald die Pflanze von einem Pathogen befallen wird, Peptide und Glucane aus der Zellwand des Krankheitserregers lösen. Auf diese Weise wird die Pflanze vor einem Angriff „gewarnt“. Diese Stoffe, die Abwehrmechanismen in Pflanzen auslösen, werden als Elicitoren bezeichnet. Auch Cutin-Monomere gehören zu diesen Elicitoren. Sobald diese reichlich vorhanden sind, ist die Pflanze ebenfalls vor einem Feind „gewarnt“. Deswegen kommt es bei einem Befall durch Pilze vor, dass vom Pilz nur wenige Cutinasen (extrazellulär) eingesetzt werden. So werden nur wenige Cutin-Monomere freigesetzt, die den Abwehrmechanismus der befallenen Pflanze in Gang setzen würden. Pilze brechen die Zellwand nur soweit auf, bis eine Hyphale in die Zelle eintreten kann.³⁹

Es wird zwischen exogenen und endogenen Elicitoren unterschieden. Endogene Elicitoren sind Bestandteile der Pflanze. Dabei handelt es sich um einzelne Stücke der Zellwand wie etwa Monomere und Oligomere, die entweder nach einer Verwundung durch pflanzeneigene Enzyme oder bei einem Pilzbefall durch pilzliche Enzyme aus der Zellwand gelöst werden. Bei exogenen Elicitoren handelt es sich um Substanzen von Pathogenen, wie etwa um Enzyme, welche die Zellwand der befallenen Pflanze auflösen, oder um molekulare Abbauprodukte von Beta-Glucane oder Polyglucosamin, die durch pflanzliche Enzyme aus den Zellwänden von Pilzen gelöst werden.⁴⁰

„Abhängig von der Kombination von Pathogen- und Wirtsart [...] kommt es dann zur Erkennung und Abtötung des Pathogens. Nach dem Gen-für-Gen-Konzept wurden während der Coevolution zwischen Wirt und Pathogen korrespondierende Gene entwickelt, die für den erfolgreichen Befall bzw. dessen Abwehr notwendig sind.“⁴¹

³⁸ Vgl. auch Spektrum Lexikon der Biologie. Phytoalexine, online unter: <<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/phytoalexine/51632>> (14.10.2019).

³⁹ Vgl. auch Spektrum Lexikon der Biologie. Pflanzliche Abwehr, online unter: <<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/pflanzliche-abwehr/50728>> (14.10.2019).

⁴⁰ Vgl. auch Astrid Lux-Endrich, Effekte von biotischen Elicitoren auf den Phenolstoffwechsel von Zellsuspensionskulturen des Apfels (*Malus domestica*) (München 1998) 2.

⁴¹ Spektrum Lexikon der Biologie. Pflanzliche Abwehr, online unter: <<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/pflanzliche-abwehr/50728>> (14.10.2019).

Hier betrachtet man sowohl die Virulenzgene des Pathogens, als auch die Resistenzgene der befallenen Pflanze. Normalerweise sind die Allele der Resistenzgene bei Pflanzen (Bildung von Rezeptoren) und jene der Avirulenzgene beim Pathogen dominant. Bei den Genprodukten der Avirulenzgene handelt sich um Elicitoren.⁴²

Man kann sich dies als ein Schlüssel Schloss-Prinzip vorstellen. Falls jedoch die Virulenzgene dominant sind, dann verhindern die Genprodukte dieser Gene, dass es zur Bildung von Elicitoren kommt. Somit werden in der Pflanze keine Abwehrmechanismen gegen das Pathogen ausgelöst. Mit anderen Worten kann so die Resistenz der Pflanzen überwunden werden.⁴³

2.2.1. Systemische Antwort

Von Blättern mancher Arten, die von Schädlingen befallen wurden, werden chemische Substanzen produziert, die quasi als Warnung für nicht angegriffene Blätter derselben Pflanze fungieren. Diese Signale im Inneren der Pflanze sorgen dafür, dass in gesunden Blättern Schutzmechanismen wie beispielsweise die Synthese von PR Proteinen gestartet werden. Dieser Vorgang wird als systemische Antwort bezeichnet und verhindert, dass sich das Pathogen auf bzw. in der Pflanze verbreiten kann.⁴⁴

Früher nahm man an, dass es sich bei Salicylsäure um einen solchen Stoff handelte. Um dies herauszufinden pflanzte man genetisch veränderte Pflanzen, die Salicylsäure abbauen konnten, auf idente, aber genetisch unveränderte Pflanzen. Nun wurde ein Blatt der Unterlage des Wildtyps infiziert. Da man nun davon ausging, dass es sich bei Salicylsäure um einen solchen Warnstoff handelte, rechnete man damit, dass es in den Blättern des Wildtyps zu keinen Abwehrmechanismen kam. Doch dies war nicht der Fall.⁴⁵

⁴² Vgl. auch Spektrum Lexikon der Biologie. Gen-für-Gen-Konzept, online unter: <<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/gen-fuer-gen-konzept/27313>> (15.10.2019).

⁴³ Vgl. auch Spektrum Lexikon der Biologie. Gen-für-Gen-Konzept, online unter: <<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/gen-fuer-gen-konzept/27313>> (15.10.2019).

⁴⁴ Vgl. auch Spektrum Lexikon der Biologie. Pflanzliche Abwehr, online unter: <<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/pflanzliche-abwehr/50728>> (15.10.2019).

⁴⁵ Vgl. auch Spektrum Lexikon der Biologie. Pflanzliche Abwehr, online unter: <<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/pflanzliche-abwehr/50728>> (15.10.2019).

Es kam zu einer systemischen Antwort. Somit war nachgewiesen, dass ein anderer Signalstoff in Pflanzen zur systemischen Antwort führt. Heutzutage geht man davon aus, dass es sich beim Phytohormon Jasmonsäure um einen solchen Signalstoff handelt.⁴⁶

Ebenfalls hat man herausgefunden, dass ein Angriff von Pathogenen auch Pflanzen in der Umgebung vermittelt werden kann.⁴⁷ Die benachbarten Pflanzen kommunizieren miteinander, indem sie verschiedenste Moleküle an Wasser oder Luft abgeben. Auf diesem Weg können verschiedenste Informationen an andere Individuen weitergegeben werden. Des Weiteren sind Pflanzen in der Lage nahe verwandte Arten zu erkennen. Sobald die Nachbarspflanzen aus der „Verwandtschaft“ stammen, kommt es zwischen ihnen zu keiner Konkurrenz. Dies führt dazu, dass Pflanzen mehr ins Wachstum der oberirdischen Pflanzenteile investieren als in ihre Wurzeln.⁴⁸

⁴⁶ Vgl. auch Spektrum Lexikon der Biologie. Pflanzliche Abwehr, online unter: <<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/pflanzliche-abwehr/50728>> (15.10.2019).

⁴⁷ Vgl. auch Spektrum Lexikon der Biologie. Pflanzliche Abwehr, online unter: <<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/pflanzliche-abwehr/50728>> (15.10.2019).

⁴⁸ Vgl. auch Stefano *Mancuso*, Alessandra *Viola*, Die Intelligenz der Pflanzen (München 2015) 90-93.

3. Konkrete Beispiele für Schutzmechanismen

3.1. Gallenbildung nach Insektenbefall

Sobald einzelne Insekten gewisse Pflanzen befallen, kommt es zur Bildung von Gallen. Bei Gallen handelt es sich um eine Anomalie des Pflanzenwachstums, sodass sich in einem begrenzten Raum Pflanzengewebe stärker ausbildet, als dies normal der Fall ist, und so charakteristische Strukturen entstehen. Auf diese Art bilden sich für die Herbivoren nicht nur einen Lebensraum, sondern auch eine Nahrungsquelle. Die galleninduzierenden Insekten sind oft zudem in den Gallen vor Fraßfeinden geschützt. Gleichzeitig wird verhindert, dass sich die Herbivoren auf andere Pflanzenteile ausbreiten. Zu den gallenbildenden Insekten gehören beispielsweise Gallmücken (*Cecidomyiidae*), Gallwespen (*Cynipidae*), Blattläuse (*Aphidina*) und Blattflöhe (*Psyllina*). Die induzierten Gallen sind, abhängig von befallender und befallener Art, im Aussehen unterschiedlich. Bei der Eiche (*Quercus*) führen Gallwespen (*Macrodiplosis volvens*) zur Bildung von Holzkugelgallen. Bei der Rose (*Rosa*) kommt es durch die Rosengallwespe (*Diplolepis rosae*) zur Bildung von Schlafäpfel.⁴⁹



Abbildung 1: Schlafapfel, Quelle: <https://pixabay.com/de/photos/pflanzengalle-rosenschlafapfel-693919/> (15.10.2019)

⁴⁹ Vgl. auch *Smith, Smith*, Ökologie, 413-414.

3.2. Akazien

Manche Akazienarten stellen Beispiele für indirekte Resistenzmechanismen dar.⁵⁰ Auf dem ersten Blick fallen bei Akazien Dornen auf. Nun könnte man davon ausgehen, dass diese Pflanze mechanische Abwehr besitzt; aber dies ist, zumindest in Bezug auf viele potentielle Fraßfeinde, nicht der Fall. Wenn man mit einem Stock oder mit den Fingern gegen manche Akazienarten⁵¹ z.B. *Acacia melanoceras* aus Mittelamerika⁵², klopft, dann kommt es dazu, dass eine Vielzahl an Ameisen an die Oberfläche strömen.⁵³ Bei diesen Ameisen handelt es sich um sogenannte Satansameisen (*Pseudomyrmex satanicus*). Sobald die Tiere die Quelle der Störung für die Pflanze (diese kann sowohl an der Berührung, als auch am Atem erkannt werden) bemerkt und lokalisiert haben, greifen sie diese an.⁵⁴

Man kann hier sagen, dass die Ameisen alles angreifen, was der Pflanze zu nahekommt. Dazu verwenden sie ihre Mandibeln und setzen auch ihren toxischen Stachel ein. So kommt es zur Abwehr nicht nur gegen Herbivore, sondern auch gegen andere Pflanzen. Denn auch sobald eine andere Pflanze der Akazie zu nahekommt, strömen Ameisen aus, beißen sich bis ins Phloem durch und zerstören dieses. Nun kommt es dazu, dass die attackierte Pflanze Flüssigkeit verliert und zugrunde geht.⁵⁵

Wie kommt es dazu, dass Ameisen diese Akazienart bewohnen können?

Die Ameisenkönigin bohrt ein kleines Loch in die feuchten und hohlen Dornen und legt dort ihre Eier ab. Anschließend dienen die jungen Dornen den Larven als Lebensraum. Schließlich dient die ganze Pflanze als Lebensraum. Neben Nistplätzen (die Dornen wachsen mit der Pflanze mit) stellt die Akazie ihren Bewohnern auch Wasser und Nährstoffe zur Verfügung. An den Blattstielen befinden sich sogenannte extraflorale Nektarien. Da Ameisen von Nektarien zu Nektarien wandern, können sie auch die Umgebung der Pflanze im Auge behalten. Die Ameisen könnten ohne die

⁵⁰ Vgl. auch Nentwig, Bacher, Brandl, Ökologie kompakt, 151.

⁵¹ Vgl. auch Arzt, Kluge Pflanzen, 83.

⁵² Vgl. auch Pseudomyrmecine ants associated with specialized ant-plants, online unter: <<https://wardlab.wordpress.com/research/pseudomyrmecinae/ant-plants/>> (15.10.2019).

⁵³ Vgl. auch Arzt, Kluge Pflanzen, 83.

⁵⁴ Vgl. auch Arzt, Kluge Pflanzen, 83.

⁵⁵ Vgl. auch Arzt, Kluge Pflanzen, 83-84.

Pflanze nicht überleben und verteidigen ihre Brut, ihren Wohnraum und ihre Quelle für Flüssigkeit und Nahrung.⁵⁶

3.3. Kannenpflanzen

Die Gattung *Nepenthes* gehört zur Familie der *Nepenthaceae*. Sie kommt auf der Erde nicht weltweit vor, sondern ihr Vorkommen beschränkt sich auf die Gebiete⁵⁷ „von Madagaskar bis Neukaledonien und von China bis Nord-Australien.“⁵⁸

Vorwiegend findet man *Nepenthes* auf den Inseln Sumatra und Borneo in Südostasien.⁵⁹ „Die Blätter der Gattung *Nepenthes* setzen sich aus drei Abschnitten zusammen.“⁶⁰

Beim ersten Abschnitt handelt es sich um ein Teil der Blattbasis, welches in einer Form eines Blattes ausgebildet ist; beim Zweiten um den Blattstiel und beim Dritten um die Blattspreite, welche als „Fangorgan“, als Kanne, dient.⁶¹

Des Weiteren lassen sich auch die Kannen wiederum in drei Abschnitte einteilen. Man spricht hier von der Anlockungs-, Gleit-, und Verdauungszone. Die Anlockungszone besteht i.d.R. aus einem bunten Teil, dem Kannendeckel, und einem bunten Peristom-Teil, diese Bereiche locken Tiere an. Außerdem sind in dieser Zone auch Nektarien zu finden. Die Gleitzzone besteht aus dem weiteren Peristom-Abschnitt und der oberen Hälfte der Kanne. Die Verdauungszone besteht aus der unteren Hälfte der Kanne, welche mit der Kannenflüssigkeit gefüllt ist. Hier geben Drüsen in der Kanneninnenseite Enzyme in die Flüssigkeit ab und nehmen Nährstoffe von verdauten Organismen auf.⁶²

⁵⁶ Vgl. auch Arzt, Kluge Pflanzen, 85-86.

⁵⁷ Vgl. auch Botanische Gärten der Universität Bonn. Karnivore Pflanzen, online unter: <http://www.botgart.uni-bonn.de/o_samm/karni/nepenthes.php> (16.10.2019).

⁵⁸ Botanische Gärten der Universität Bonn. Karnivore Pflanzen, online unter: <http://www.botgart.uni-bonn.de/o_samm/karni/nepenthes.php> (16.10.2019).

⁵⁹ Vgl. auch Botanische Gärten der Universität Bonn. Karnivore Pflanzen, online unter: <http://www.botgart.uni-bonn.de/o_samm/karni/nepenthes.php> (16.10.2019).

⁶⁰ Botanische Gärten der Universität Bonn. Karnivore Pflanzen, online unter: <http://www.botgart.uni-bonn.de/o_samm/karni/nepenthes.php> (16.10.2019).

⁶¹ Vgl. auch Ulrich Maschwitz, Georg Zizka, Brigitte Fiala, Marlis Merbach, Warum eine Baumameise das Tauschen lernte. Eine außergewöhnliche Partnerschaft zwischen Tier und Fleisch fressender Pflanze. In: Seckenberg-natur.forschung.museum 143, H.11/12 (2013) 357.

⁶² Vgl. auch Botanische Gärten der Universität Bonn. Karnivore Pflanzen, online unter: <http://www.botgart.uni-bonn.de/o_samm/karni/nepenthes.php> (16.10.2019).

3.3.1. *Nepenthes bicalcarata*

Die Art aus Borneo ist dadurch charakterisiert, dass unter dem Deckel zwei lange und spitze Zähne in die Tiefe ragen und, dass der hohle Stiel der Pflanze einmal geschlungen ist. Auf ihr lebt eine Art von Ameisen (*Camponotus schmitzi*), die man nirgendwo anders auf der Welt findet. Man findet die Ameisen unter dem Deckel der Kanne und stellt sich die Frage, wie sie in der Pflanze überleben können. Falls die Tiere in die Kannenflüssigkeit fallen, sind sie in der Lage zu schwimmen und zu tauchen (bis zu einer Minute). Die Ameisen tauchen bis zum Boden der Pflanze und klettern anschließend den Stiel bis zur Schlinge hoch, wo sie ihre Nachkommen versorgen. Des Weiteren produziert die Pflanze Nektar (in Form eines dünnen Filmes) entlang der Kanne und sobald sich ein Insekt, wie etwa eine Fliege, der Pflanze nähert um den Nektar aufzunehmen, kommt es zu einer untypischen Reaktion der Ameisen, und zwar zu keiner. Auch wenn die Ameisen entlang der Pflanze wandern (sie ernähren sich nicht von diesem Nektar) und eine andere Insektenart wahrnehmen, lassen sie diese in Frieden.⁶³

Früher konnten Biologen nicht verstehen, ob die zwei Zähne eigentlich eine Funktion besäßen. Man ging davon aus, dass sich die Pflanze mechanisch gegen Affen, Nagetiere und Vögel schützen würde, welche sich von den Insekten in der Pflanze ernähren wollten. Doch mittlerweile konnte man feststellen, dass es sich hierbei um Nektarien für die Ameisen handelt. Dies erklärt auch, warum die Ameisen sich nicht vom Nektar, der entlang der Kanne gebildet wird, ernähren. Aufgrund der Tatsache, dass es eigene Nektarien für diese Ameisenart gibt, geht man davon aus, dass die Ameisen die Pflanzen verteidigen. Doch dies ist nicht der Fall. Die Ameisen können dieser Pflanze sogar schaden. Wenn ein anderes Insekt, wie etwa eine Schwebfliege, in die Kanne fällt, dann ernähren sich die Ameisen auch von diesem. Dies führt dazu, dass die Pflanze nicht alle Nährstoffe der „Beute“ aufnehmen kann.⁶⁴ Nun stellt sich die Frage, warum es dennoch eine Symbiose zwischen dieser Pflanze und den Ameisen gibt. Wenn es keine Vorteile für die Pflanze gäbe, könnte es ohne Nachteil zu einem Stopp der Produktion von Nektar kommen. Volker Arzt konnte mit seinen Kollegen und einem Forschungsteam auf Borneo das Rätsel der *Nepenthes bicalcarata* lüften. Bisher ging man davon aus, dass die Ameisen für die Pflanze ihre Nahrung innerhalb der Kanne zerkleinerten, damit es anschließend zu einer

⁶³ Vgl. auch Arzt, Kluge Pflanzen, 91-94.

⁶⁴ Vgl. auch Arzt, Kluge Pflanzen, 95-97.

besseren Verdauung der Nahrung durch die Pflanze kam. Dieser These wurde jedoch keine Beachtung geschenkt. In weiterer Folge der Beobachtung fand man einen Rüsselkäfer auf einer Knospe der Kannenpflanze, der mit seinen Mundwerkzeugen Löcher in diese bohrte. Dies konnte dazu führen, dass die Pflanze abstirbt. Als man diesen Käfer einfing und ihn anschließend auf eine *Nepenthes bicalcarata* setzte, konnte man Folgendes beobachten. Die Ameisen nahmen den Käfer wahr und verteidigten sich und somit auch die Pflanze gegen dieses Insekt. Sie bissen mit ihren Mandibeln in die Beine des Käfers. In einem anderen Fall konnte man beobachten, dass die Ameisen einen Rüsselkäfer in die Kanne stießen.-Es ist davon auszugehen, dass auch die Ameisen sich von diesem Käfer ernährten. Dies lässt den Schluss zu, dass die Ameisen so die Pflanze vor diesen Feinden schützen.⁶⁵



Abbildung 2: *Nepenthes bicalcarata*, Quelle: <https://pixabay.com/de/photos/kannenpflanze-nepenthes-bicalcarata-3362417/> (16.10.2019)

⁶⁵ Vgl. auch Arzt, Kluge Pflanzen, 97-101.

3.4. Schilf

Schilfstandorte sind Monokulturen, in denen neben dem Schilf („*Phragmites australis*“⁶⁶) kaum andere Pflanzen wachsen. Die Art kann sich auch asexuell durch Ausläufer vermehren. Ohne Abwehrmechanismen der Schilfpflanze könnten die Bestände als „Monokulturen“ von Herbivoren potentiell rasch vernichtet werden. Außerdem wären Pflanzenfresser in der Lage sich schnell zu vermehren.⁶⁷

3.4.1. Schilfeule

Die Raupe der Schilfeule („*Archanara geminipuncta*“⁶⁸) frisst sich in die Halme der Pflanze. Sobald der Stängel der nun wachsenden Raupe zu klein wird, befällt sie einen breiteren Stängel. Ob dieser nun einen passenden Durchmesser für das Tier hat, findet die Raupe durch Pendeln ihres Körpers heraus.⁶⁹

An der Nahtstelle zwischen Blattscheiden und Halm pendelt die Raupe mit ihrem Körper in beiden Richtungen.⁷⁰ „*Entspricht die Tierlänge: Kopf, Brustbeine + 2 Segmente, also bis zum ersten Abdominalbeinpaar dem Durchmesser des Halmes*“⁷¹, beginnt sich die Raupe in die Pflanze hineinzufressen.⁷² Zuerst frisst sich die Raupe bis zum nächsten Knoten durch, der sich unterhalb jener Stelle befindet, wo sich das Tier in die Pflanze hineingefressen hat. Anschließend verändert das Tier die Richtung und beginnt nach oben hin den Schilf zu durchfressen, wo es nicht nur alle Knoten, sondern auch den Vegetationspunkt der Pflanze vernichtet, sodass sie sich von innen nach außen bohrt.⁷³

Dies führt dazu, dass die Stängel bis zu 40 Prozent kürzer sind als jene, die nicht von den Raupen der Schilfeule befallen sind. Weiters kommt es unterhalb der Nodien zur Bildung von Seitenästen, deren Anzahl pro Quadratmeter durch die Anzahl abgestorbener Pflanzenhalme bis zu 99 Prozent vorhersagbar ist. Das Austreiben

⁶⁶ Manfred A. Fischer, Karl Oswald, Wolfgang Adler, Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol (Linz 2008) 1201.

⁶⁷ Vgl. auch Arzt, Kluge Pflanzen, 102.

⁶⁸ Michael Vogel, Ökologische Untersuchungen in einem Phragmites-Bestand. In: Berichte der ANL 8 (1984) 139.

⁶⁹ Vgl. auch Arzt, Kluge Pflanzen, 102-103.

⁷⁰ Vgl. auch Vogel, Ökologische Untersuchungen in einem Phragmites-Bestand, 140.

⁷¹ Vogel, Ökologische Untersuchungen in einem Phragmites-Bestand, 140.

⁷² Vgl. auch Vogel, Ökologische Untersuchungen in einem Phragmites-Bestand, 140.

⁷³ Vgl. auch Vogel, Ökologische Untersuchungen in einem Phragmites-Bestand, 140.

der Seitenäste ist nicht spezifisch mit diesem Herbivor verbunden. Dies geschieht auch, wenn die Pflanze beispielsweise mechanisch beschädigt wurde. Die Seitenäste sind wiederum in der Lage Photosynthese zu betreiben und konkurrieren nun mit den benachbarten Halmen um Licht. Die Besonderheit ist, dass diese Äste wesentlich toxischer und verdauungshemmend für Pflanzenfresser sind.⁷⁴

Insgesamt befällt die Raupe bis zu sieben Pflanzen, indem sie sechs Mal die Stängel wechselt. In der letzten Pflanze mit einem Radius von dreieinhalb Millimetern kommt es dann zur Metamorphose.⁷⁵ Die Larven schlüpfen um die April Mai-Wende⁷⁶ und zur Verpuppung kommt es um die Juli August-Wende; diese dauert zwei bis vier Wochen.⁷⁷ In einem Schilfbestand entstehen nicht sofort Abwehrmechanismen gegen diese Herbivoren, sondern erst nach bis zu drei Jahren. Wenn die Pflanzen durch die Raupen einer großen Bedrohung ausgesetzt wurden, ist zu beobachten, dass die Stängel an jenen Standorten, die von diesen Pflanzenfressern befallen wurden, keinen Radius von dreieinhalb Millimetern erreichen. Das führt dazu, dass die Tiere vor dem Puppenstadium beispielsweise keinen passenden Halm mehr finden. Dadurch bleibt die Metamorphose zum Schmetterling aus.⁷⁸



Abbildung 3: Schilffeule (*Archanara geminipuncta*), Quelle: Ben Sale, [CC BY 2.0](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/%282370%29_Twin-spotted_Wainscot_%28Archanara_geminipuncta%29_%286009039511%29.jpg), https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/%282370%29_Twin-spotted_Wainscot_%28Archanara_geminipuncta%29_%286009039511%29.jpg (27.10.2019)

⁷⁴ Vgl. auch Teja *Tschamtk*e, Die Auswirkungen der Herbivore auf Wachstum und Konkurrenzfähigkeit von Pflanzen. In: Bernhard *Schmid*, Jürg *Stöcklin* (Hg.), *Populationsbiologie der Pflanzen* (Basel/Boston/Berlin 1991) 263.

⁷⁵ Vgl. auch *Arzt*, *Kluge Pflanzen*, 103.

⁷⁶ Vgl. auch *Vogel*, *Ökologische Untersuchungen in einem Phragmites-Bestand*, 139.

⁷⁷ Vgl. auch *Vogel*, *Ökologische Untersuchungen in einem Phragmites-Bestand*, 141.

⁷⁸ Vgl. auch *Arzt*, *Kluge Pflanzen*, 104.

3.5. Mais⁷⁹

Beim Kulturmais (*Zea mays*) selbst handelt es sich um eine einjährige Pflanze.⁸⁰ In den Vereinigten Staaten sorgte ein Käfer, und zwar der Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera*), dafür, dass die Population an gezüchteter Maispflanzen über die Jahre weniger wurde.⁸¹ Dieses Tier legt seine Eier in unmittelbarer Nähe der Wurzeln ab. Der Wildmais und die alten europäischen Maissorten produzieren Caryophylle, sobald der Maiswurzelbohrer seine Eier ablegt. Diese chemischen Stoffe locken Fadenwürmer an, die sich von den Larven⁸² ernähren. Bei den modernen Maissorten heutzutage, die durch Zucht entstanden sind, ist diese Fähigkeit verloren gegangen.⁸³



Abbildung 4: Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera*), Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/Western_corn_rootworm.jpg?uselang=de (27.10.2019)

⁷⁹ Welche Abwehrmechanismen Mais besitzt, wenn seine Blätter angegriffen werden, wurde oben schon erläutert.

⁸⁰ Vgl. auch Mais. *Zea mays*, online unter: <<http://www.pflanzenforschung.de/de/themen/pflanzen-im-fokus/mais/>> (17.10.2019).

⁸¹ Vgl. auch Mancuso, Viola, Die Intelligenz der Pflanzen, 102.

⁸² Vgl. auch Maiswurzelbohrer, online unter: <<https://www.e-nema.de/service/lexikon/maiswurzelbohrer>> (17.10.2019).

⁸³ Vgl. auch Mancuso, Viola, Die Intelligenz der Pflanzen, 102-103.

3.6. *Mimosa pudica*

Mimosa pudica auch „Schamhafte Sinnpflanze“ genannt, klappt bei Berührung (mechanischer Reiz) in wenigen Sekunden ihre Blätter ein. Es handelt sich hierbei um keinen konditionierten Reflex der Pflanze. Bei Wind oder jeglicher Art von Nässe bleiben die Blätter im geöffneten Zustand.⁸⁴ Des Weiteren klappt die Pflanze auch bei Dämmerung ihre Blätter ein.⁸⁵

„Ein konditionierter Reflex entsteht unter gewissen Bedingungen, wenn ein sogenannter indifferenten (oder irrelevanter) Reiz mit einem bestimmten Reiz kombiniert wird, der gewöhnlich eine spezifische Reaktion auslöst. Nachdem dieser Vorgang eine Weile wiederholt worden ist, kann der indifferente Reiz allein diese spezifische Reaktion hervorrufen.“⁸⁶

Sobald die Pflanze berührt wird, klappen die einzelnen Blättchen nach oben und das ganze Blatt senkt sich nach unten. Wenn man die Pflanze weiterhin betrachtet, so stellt man fest, dass sich nach kurzer Zeit auch die unteren Blätter auf diese Art absenken. Es hat den Anschein, als ob es ein Signal in der Pflanze gäbe, das dazu führt, dass sich nach einer Berührung eines Blattes auch die unteren Blätter einklappen. Es wurde nachgewiesen, dass es in der *Mimosa pudica* elektrische Impulse, ähnlich wie die unseres Nervensystems, gibt.⁸⁷

Es gibt hier drei Arten von Gelenken. Das Primärgelenk ist an der Basis des Blattstiels; das Sekundärgelenk an der Basis jedes einzelnen Fiederstrahls und das Tertiärgelenk an der Basis jedes einzelnen Blättchens zu finden. Durch das Primärgelenk klappt das Blatt hin zur Sprossachse ein; durch das Sekundärgelenk nähern sich die Fiederstrahlen einander und durch die Tertiärgelenke klappen die einzelnen Blättchen nach oben ein.⁸⁸

Gesteuert wird dies durch den Turgor. Das Gewebe der Gelenke besteht aus einem Stützgewebe, welches von einem weichen Gewebe umgeben ist. Durch den Turgor kommt es dazu, dass entweder eine Hälfte dieses Gewebes mit Wasser gefüllt ist,

⁸⁴ Vgl. auch Mancuso, Viola, Die Intelligenz der Pflanzen, 68-69.

⁸⁵ Vgl. auch Blattbewegungen der Mimose, online unter:

<<https://www.bg.uzh.ch/de/fundgrube/pflanzenvonnah/mimose.html>> (17.10.2019).

⁸⁶ Adrian Furnham, 50 Schlüsselideen Psychologie (Heidelberg 2010) 169.

⁸⁷ Vgl. auch Ewald Weber, Das kleine Buch der botanischen Wunder (München 2012) 65-66.

⁸⁸ Vgl. auch Blattbewegungen der Mimose, online unter:

<<https://www.bg.uzh.ch/de/fundgrube/pflanzenvonnah/mimose.html>> (17.10.2019).

oder andersherum.⁸⁹ „Das ist das pflanzliche Gegenstück zu Beuger- und Streckermuskeln.“⁹⁰

Man geht davon aus, dass der Mechanismus zum Schutz der Pflanze beiträgt. Die Frage, die sich hier stellt, ist: Wie soll das Einklappen der Blätter dem Schutz der Pflanze dienen? Manche Botaniker vermuten, dass durch das schnelle Zusammenfallen der Blätter beispielsweise Insekten davon abgehalten werden die Pflanze zu befallen, indem die Tiere vor dem Einklappen der Blätter flüchten. Andere sind der Meinung, dass die Mimose mit herabhängenden Blättern weniger attraktiv auf Fressfeinde wirkt. Des Weiteren wurde bereits im 18. Jahrhundert festgestellt, dass diese Pflanze bei öfterem Auftreten eines Reizes (siehe unten) weniger schnell bis gar nicht mehr reagiert. Baptiste Lamarck ließ seinen Mitarbeiter Augustin-Pyrame de Candolle mehrere Töpfe mit *Mimosa pudica* in eine Kutsche laden. Bei der nachfolgenden Fahrt durch Paris bemerkte De Candolle, dass die Pflanzen durch die Vibrationen der Kutsche ihre Blätter schlossen. Nach einiger Zeit öffneten die Pflanzen ihre Blätter (während der Fahrt) wieder. Daraus ergibt sich der Schluss, dass Mimosen sozusagen „lernten“, dass die vom Kopfsteinpflaster ausgelösten Vibrationen harmlos waren. De facto wurde sie „desensibilisiert“.⁹¹



Abbildung 5: *Mimosa pudica*, Quelle: <https://pixabay.com/de/photos/mimose-pflanze-pfl%C3%A4nzchen-1381958/> (27.10.2019)

⁸⁹ Vgl. auch Weber, Das kleine Buch der botanischen Wunder, 66.

⁹⁰ Weber, Das kleine Buch der botanischen Wunder, 66.

⁹¹ Vgl. auch Mancuso, Viola, Die Intelligenz der Pflanzen, 68-70.

3.7. Tabak: *Nicotiana attenuata*

Sobald Pflanzen von *Nicotiana attenuata* durch Herbivoren mechanisch verwundet werden, geben sie verstärkt Duftstoffe an ihre Umgebung ab. Die Blattduftstoffe bestehen aus C6-Aldehyde, C6-Alkohole, Methylsalicylat und Terpenoide. Kurz nachdem eine Pflanze mechanisch beschädigt wurde, werden C6-Aldehyde und C6-Alkohole an die Umgebung abgegeben. Handelte es sich beim Herbivor um die Raupen der Tabakswärmer und kam die Pflanze in Kontakt mit dem Speichel der Raupe, so kommt es Stunden später zur Abgabe von Methylsalicylat und Terpenoide.- Dies lässt sich auch im Labor nachweisen, wenn man auf eine Wunde der Pflanze den Speichel des Tieres aufbringt.⁹²

Diese Mischung der Düfte führt nun dazu, dass der natürliche Feind der Raupen, die Raubwanze *Geocoris pallens* angelockt wird. Die Anwesenheit dieser Wanze führt auch dazu, dass andere Schädlinge auf der Pflanze, wie etwa Blattkäfer („*Chrysomelidae*“⁹³), beseitigt werden. Forscher in Jena konnten zeigen, dass *Nicotiana attenuata* Pflanzen je nach Art des Herbivors ein spezifisches Duftgemisch produzieren. Falls man das Mengenverhältnis der einzelnen Bestandteile des Speichels der Raupe verändert, so führt dies dazu, dass die Raubwanzen nicht angelockt werden.⁹⁴



Abbildung 6: Raupe des Tabakswärmers, Quelle:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2e/Tobacco_hornworm_1.jpg (27.10.2019)

⁹² Vgl. auch Max-Planck-Gesellschaft, Kontrollierter Vielfraß. Wie Pflanzen ihre Schädlinge austricksen. In: Biomax H.17 (2005) 3, online unter:
<https://www.ice.mpg.de/ext/fileadmin/extranet/common/documents/Biomax_17.pdf> (17.10.2019).

⁹³ Joachim Reisch, Waldschutz und Umwelt (Berlin/Heidelberg 1974) 232.

⁹⁴ Vgl. auch Max-Planck-Gesellschaft, Kontrollierter Vielfraß. Wie Pflanzen ihre Schädlinge austricksen. In: Biomax H.17 (2005) 3, online unter:
<https://www.ice.mpg.de/ext/fileadmin/extranet/common/documents/Biomax_17.pdf> (17.10.2019).

3.8. Grauer Lärchenwickler

Im Schweizerischen Engadin konnte man feststellen, dass es dort an den Lärchen zu einer dichten Raupenpopulation an Grauen Lärchenwickler (*Zeiraphera diniana* aus der Familie der *Tortricidae*) kam, wodurch die Bäume nach acht bis zehn Jahren völlig kahlgefressen waren und die Schmetterlingspopulation vor Ort sich stark reduzierte. Man beobachtete jedoch auch, dass sich die Pflanzen ohne Probleme wieder erholten. Sobald es alle acht bis zehn Jahre zum Kahlfraß kommt, das heißt, sobald die kritische Schadensschwelle von ca. 1000 Larven je Ast überschritten wird, werden die nächsten Nadeln der Bäume erst nach um die zwei Wochen ausgetrieben. Dadurch verhungern die während dieser rund 14 Tage ausschlüpfenden Raupen. Die Nadeln, welche nun verspätet ausgetrieben werden, sind zudem weniger proteinhaltig und besitzen sowohl einen höheren Gehalt an Harz als auch einen höheren Anteil an Rohfasern. Dies führt dazu, dass in den zwei Folgejahren, nachdem die Bäume kahlgefressen worden sind, es zu einer Raupensterblichkeit zwischen 80 bis 90 Prozent kommt. Zusätzlich konnte man herausfinden, dass die Dichte der Feinde der Raupe in unmittelbarer Zeit nach dem Kahlfraß am ein Maximum erreicht. Nach rund fünf Jahren verliert die Lärche ihre Mechanismen der Abwehr wieder, was dazu führt, dass die Dichte an *Zeiraphera diniana* wieder zunimmt.⁹⁵



Abbildung 7: Grauer Lärchenwickler (*Zeiraphera diniana*), Quelle: Hectonichus, [CC BY-SA 3.0](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/81/00_20130811_la_thuille-108.jpg), https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/81/00_20130811_la_thuille-108.jpg (27.10.2019)

⁹⁵ Vgl. auch Wolfgang Nentwig, Insektenbefall. In: Christian Brunold, Adrian Rüegseser, Roland Brändle (Hg.), Stress bei Pflanzen. Ökologie, Physiologie, Biochemie, Molekularbiologie (Bern/Stuttgart/Wien 1996) 320-321.

3.9. Wolfsmilchgewächse: Klebstoffe

Die Milchsäfte der Wolfsmilchgewächse (*Euphorbiaceae*) werden, sobald sie in Kontakt mit Luft kommen, polymerisiert. Dies führt dazu, dass aus diesen Säften eine Art Klebstoff wird, der die Mundwerkzeuge von Fressfeinden verklebt. Rund 12.000 Arten der Wolfsmilchgewächse sind in der Lage einen solchen Klebstoff herzustellen. Nichtsdestotrotz gelingt es einigen Arten von Blattkäfern („*Chrysomelidae*“⁹⁶), die Blätter dennoch zu fressen. Bevor die Tiere beginnen die Blätter zu fressen, verletzen sie mit Hilfe ihrer Mundwerkzeuge die Pflanze an den Blattadern. Dadurch tritt der Milchsaft an diesen Stellen aus, sodass die Käfer die Blätter anschließend problemlos fressen können.⁹⁷

3.10. Ampfer

Viele höhere Pflanzenarten produzieren, wenn sie längerer Zeit UV-B Strahlung ausgesetzt sind, UV-absorbierende Pigmente in der Epidermis. Diese Pigmente sind entweder Zimtsäureester oder Flavonoide. Obwohl diese Pigmente das UV-Licht absorbieren, kann die für die Photosynthese wichtige Strahlung diese Pigmente durchdringen. Als Beispiel für das Vorhandensein solcher Mechanismen können Ampferarten angegeben werden. Im Vergleich zum Gartenampfer (*Rumex patientia*) absorbiert der Stumpfampfer (*Rumex obtusifolius*) mehr UV-B Strahlung.⁹⁸

⁹⁶ Reisch, Waldschutz und Umwelt, 232.

⁹⁷ Vgl. auch Max-Planck-Gesellschaft, Aufregende Chemie. Verteidigungsstrategien im Pflanzenreich. In: Biomax H.7 (1999) 2, online unter:

<https://www.ice.mpg.de/ext/fileadmin/extranet/common/documents/Biomax_7.pdf> (17.10.2019).

⁹⁸ Vgl. auch Adrian Rügesser, UV-B Strahlung. In: Christian Brunold, Adrian Rügesser, Roland Brändle (Hg.), Stress bei Pflanzen. Ökologie, Physiologie, Biochemie, Molekularbiologie (Bern/Stuttgart/Wien 1996) 109.

4. „Conceptual change“ bzw. „Conceptual reconstruction“

4.1. Konzeptwechsel- „conceptual change“

Das ältere Modell des Konzeptwechsels „conceptual change“ sieht vor, dass Schüler und Schülerinnen dazu gebracht werden sollten Vorstellungen abzulegen und neue Strukturen aufzubauen. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die bereits vorunterrichtlichen Vorstellungen zwanghaft durch neue Sichtweisen ersetzt werden sollen. In weiterer Folge stellt es kein Problem dar, wenn die Lernenden über einen oder mehrere naturwissenschaftlichen Aspekte eine Vielzahl von Vorstellungen verfügen. Wichtig hierbei ist, dass diese Sichtweisen je nach Situation wieder ins Bewusstsein der Schüler und Schülerinnen aufgerufen werden können oder, dass den unterschiedlichen Vorstellungen nun ein jeweils anderer Status beigemessen wird.⁹⁹

4.2. Didaktische Rekonstruktion- „conceptual reconstruction“

Die bereits vorhandenen Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen können sich beispielsweise unter folgenden Bedingungen verändern¹⁰⁰:

- „1. Die Lernenden müssen mit den bereits vorhandenen Vorstellungen unzufrieden sein.
2. Die neue Vorstellung muss logisch verständlich sein.
3. Sie muss einleuchtend, also intuitiv plausibel, sein.
4. Sie muss fruchtbar, d.h. sich in neuen Situationen erfolgreich sein.“¹⁰¹

Neben diesen Punkten muss man den sozialen und emotionalen Aspekten des Konzeptwechsels Beachtung schenken. So spielt es eine zentrale Rolle wer die Person ist, die ein für die Schüler und Schülerinnen neues Konzept erklärt. Zusätzlich sind Interesse und Motivation der Lernenden hier von großer Bedeutung. Des Weiteren muss auch die Praxis im naturwissenschaftlichen Unterricht berücksichtigt

⁹⁹ Vgl. auch Angela Jonen, Kornelia Möller, Ilonca Hardy, Lernen als Veränderung von Konzepten. Am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In: Diethard Cech, Hans-Joachim Schwier (Hg.), Lernwege und Aneignungen im Sachunterricht (Bad Heilbrunn 2003) 94-95.

¹⁰⁰ Vgl. auch Jonen, Möller, Hardy, Lernen als Veränderung von Konzepten, 95.

¹⁰¹ Reinders Duit, Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In: Ernst Kircher, Werner B. Schneider (Hg.), Physikdidaktik in der Praxis (Berlin/Heidelberg/New York/Barcelona/Hongkong/London/Mailand/Paris/Tokio 2002) 11.

werden. Diese unterstützt in verschiedenen Situationen ausgeführt den Prozess der „conceptual reconstruction“.¹⁰²

Bei der didaktischen Rekonstruktion sind die bereits vorhandenen Vorstellungen und Sichtweisen von Schüler und Schülerinnen ein wesentliches Element.¹⁰³

Das Modell der didaktischen Rekonstruktion sieht an der Spitze des Dreiecks die didaktische Strukturierung. Die zwei weiteren Eckpunkte bilden sowohl die fachliche Erklärung auf der einen und das Erfassen von Schülerperspektiven auf der anderen Seite. Für die didaktische Strukturierung ist es wichtig die Zusammenhänge zwischen diesen beiden Eckpunkten herauszufinden und daraus zu erarbeiten, welche optimalen Wege sich für das Lehren und Lernen ableiten lassen.¹⁰⁴

*„Lernen wird nicht als Ersetzen der vorunterrichtlichen Vorstellungen durch wissenschaftliche Vorstellungen verstanden, sondern als Conceptual Reconstruction im Sinne von Modifizierung, Bereicherung und Differenzierung der vorunterrichtlichen Vorstellungen [...]“*¹⁰⁵, bei denen die SchülerInnen aktiv beteiligt sind.¹⁰⁶ Die „conceptual reconstruction“ sieht lebensweltliche Vorstellungen als Lernhilfen und Lernvoraussetzungen und nicht als eine Barriere für das fachliche Lernen. Es wird betont, dass die Vorstellungen der Lernenden und die wissenschaftlichen Konzepte als gleichrangig angesehen werden¹⁰⁷; das heißt, dass durch die Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen die wissenschaftlichen Inhalte bzw. Konzepte nicht begrenzt werden.¹⁰⁸

*„Dabei ist es das Ziel, die wissenschaftlich geklärten Vorstellungen lern- und lehrbar zu machen.“*¹⁰⁹ Damit man für den Unterricht die vorunterrichtlichen Vorstellungen

¹⁰² Vgl. auch *Jonen, Möller, Hardy*, Lernen als Veränderung von Konzepten, 95.

¹⁰³ Vgl. auch *Sibylle Reinfried, Christian Mathis, Ulrich Kattmann*, Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung von Unterricht. In: Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung 27, H.3 (2009) 405.

¹⁰⁴ Vgl. auch *Ulrich Kattmann, Harald Gropengießer*, Aufgabe der Fachdidaktik Biologie. In: Harald Gropengießer, Ulrich Kattmann (Hg.), Fachdidaktik Biologie. Begründet von Dieter Eschenhagen, Ulrich Kattmann und Dieter Rodi (Köln 2008) 6.

¹⁰⁵ *Reinfried, Mathis, Kattmann*, Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion, 405.

¹⁰⁶ Vgl. auch *Reinfried, Mathis, Kattmann*, Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion, 405.

¹⁰⁷ Die SchülerInnen sollen möglichst ihre ursprünglichen Vorstellungen in die neuen, korrekten Vorstellungen miteinbeziehen und selbst die Vorteile der neuen Überlegungen feststellen.

¹⁰⁸ Vgl. auch *Reinfried, Mathis, Kattmann*, Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion, 405.

¹⁰⁹ *Reinfried, Mathis, Kattmann*, Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion, 405.

der Lernenden verwenden kann, ist es wichtig Schülervorstellungen und wissenschaftliche Inhalte aufeinander zu beziehen.¹¹⁰

4.3. Konfliktstrategie

Auf der einen Seite kann man neue Konzepte neben bereits vorhandenen Vorstellungen bilden und auf der anderen Seite sollen die Vorstellungen der Lernenden als sogenannte Brücken dienen. Eine andere Möglichkeit wäre geistige Konflikte innerhalb jedes/ jeder Schülers/ Schülerin auszulösen. Alle diese Methoden haben eines gemeinsam: Die Lernumgebung sollte so geschaffen werden, dass die Lernenden selbst, unter Einbeziehung ihrer „alten“ Vorstellungen, neue Konzepte erarbeiten und diese in weiterer Folge gebrauchen können. Die am öftesten im naturwissenschaftlichen Unterricht verwendete Methode ist die „Konfliktstrategie“. Hier geht es darum, dass sich Schüler und Schülerinnen den Grenzen ihrer bisherigen Vorstellungen bewusst werden sollen. Die Lernenden sollen dazu gebracht werden eine Situation auf Basis der bereits vorhandenen Sichtweisen nicht erläutern zu können. Durch diese Art der Strategie können die unterschiedlichsten Konzepte der Lernenden für die Lehrenden sichtbar gemacht werden. Wenn in diesem Zusammenhang auftauchende Fehler negativ konnotiert werden, wirkt sich dies kontraproduktiv aus. Im Unterricht soll es daher Schülern und Schülerinnen erlaubt werden Fehler zu machen, wenn die so entstehenden Konfliktsituationen anschließend geklärt werden.¹¹¹

4.4. Lernumgebung

„Ein Unterricht [...] sollte erfahrungsorientiert sein und die Vorerfahrungen, Vorkenntnisse und Erklärungen der Lernenden aufgreifen.“¹¹²

Des Weiteren sollen die Lernenden lernen selbst zu forschen, d.h. lernen mit verschiedenen Materialien beschäftigen um Experimente auszuführen. Außerdem ist es ratsam, dass es zu festgelegten Zeiten zu einer Diskussion kommt, durch welche die Lernenden dazu gebracht werden selbst das Erforschte zu erklären. Die

¹¹⁰ Vgl. auch *Reinfried, Mathis, Kattmann*, Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion, 405.

¹¹¹ Vgl. auch *Jonen, Möller, Hardy*, Lernen als Veränderung von Konzepten, 95-96.

¹¹² *Jonen, Möller, Hardy*, Lernen als Veränderung von Konzepten, 96.

Lehrpersonen sollten darauf achten, dass die Materialien, mit denen die Schüler und Schülerinnen arbeiten, so ausgesucht werden, dass die Lernenden im besten Fall mit Konflikten konfrontiert werden. Diese bedingen neue Erklärungen, die anschließend für die Schüler und Schülerinnen wiederum in anderen Zusammenhängen zum Einsatz kommen sollten. All dies führt dazu, dass Schüler und Schülerinnen dazu animiert werden, stetig zu vergleichen, zu begründen, weiterzudenken und zusammenzufassen.¹¹³

Vorunterrichtliche und lebensweltliche Sichtweisen der Schüler und Schülerinnen sind somit keine Barrieren für das fachliche Lernen, sondern im Gegenteil Voraussetzungen. Daraus ergibt sich der Schluss, dass, wenn Lehrende ihren Unterricht mit klar formulierten Unterrichtszielen planen, aber auf die Vorstellungen der Lernenden vergessen, sie Folgendes riskieren und zwar die Erwartungen der Lernenden nicht zu erfüllen. So können die gesetzten Ziele nicht erreicht werden.¹¹⁴

„Wenn die von der Lehrperson vorgegebene Sachstruktur die Funktionen und Beschränkungen der Schülerperspektiven nicht mit berücksichtigt, wenn der Lernweg von den vorunterrichtlichen Vorstellungen zu den wissenschaftlichen Begriffen und Prinzipien nicht effektiv zu beschreiten ist, kann keine Vorstellungsänderung erfolgen.“¹¹⁵

Ein Unterricht, in dem auf didaktische Rekonstruktion besonderen Wert gelegt wird, versucht ein Gleichgewicht zwischen dem Vermitteln von Fachwissen und den damit einhergehenden pädagogischen Anforderungen zu finden. Dies führt beispielsweise dazu, dass die fachlichen Aussagen von Forscher und Forscherinnen nicht eins zu eins in den Unterricht aufgenommen werden können.¹¹⁶ *„Es sind vielmehr häufig solche fachlichen und fächerübergreifenden Bezüge sowie umweltliche, soziale und individuelle Zusammenhänge zu berücksichtigen [...]“¹¹⁷* Dadurch nimmt die Komplexität des auf didaktischer Rekonstruktion basierenden Unterrichts zu. Die Schüler und Schülerinnen sollen somit sukzessive in Richtung wissenschaftlich korrekter Vorstellungen geleitet werden.¹¹⁸

¹¹³ Vgl. auch Jonen, Möller, Hardy, Lernen als Veränderung von Konzepten, 96-97.

¹¹⁴ Vgl. auch Reinfried, Mathis, Kattmann, Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion, 406.

¹¹⁵ Reinfried, Mathis, Kattmann, Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion, 406.

¹¹⁶ Vgl. auch Reinfried, Mathis, Kattmann, Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion, 407.

¹¹⁷ Reinfried, Mathis, Kattmann, Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion, 407.

¹¹⁸ Vgl. auch Reinfried, Mathis, Kattmann, Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion, 407.

5. Interesse

Das Interesse gilt als eine Form der Motivation, die durch folgende drei Aspekte beschrieben wird: Erstens nimmt der jeweilige Gegenstand des Interesses bei den interessierten Lernenden einen höheren Stellenwert ein, was dazu führt, dass es für die Schüler und Schülerinnen von Bedeutung ist sich mit der Sache auseinanderzusetzen. Des Weiteren erfolgt die Auseinandersetzung mit dem Gegenstand freiwillig. Man spricht hier vom Werteaspekt. Zweitens korreliert die Auseinandersetzung mit einem für die Lernenden interessanten Thema auch mit positiven Emotionen bzw. Gefühlen. Hier spricht man vom emotionalen Aspekt. Drittens wollen interessierte Schüler und Schülerinnen von einem Gegenstand, der sie interessiert mehr erfahren, sodass die Auseinandersetzung mit diesem Gegenstand erkenntnisorientiert ist. Des Weiteren verfügen Heranwachsende i.d.R. bereits über ein großes Wissen darüber, was sie interessiert. Hier ist vom kognitiven Aspekt die Rede.¹¹⁹

Außerdem sollte zwischen individuellem und situationalem Interesse differenziert werden. Da das individuelle Interesse jeden Menschen für eine lange Dauer im Leben beeinflusst, spricht man hier von einem anhaltenden Interesse. Das situationale Interesse beruft sich dagegen auf eine bestimmte Situation.- Ein bedeutender Bereich des situationalen Interesses betrifft die Frage wie Lernende den Schulunterricht erleben.¹²⁰ „[...] dabei kann man das Interesse an einer Unterrichtseinheit auch als stabilisiertes situationales Interesse interpretieren.“¹²¹ Zusätzlich nimmt man an¹²², dass oft erst durch situationales Interesse individuelles Interesse entwickelt werden kann. Des Weiteren konnte man anhand Untersuchungen feststellen, dass Lernerfolg und Interesse in einem Gegenstand in direkter Verbindung stehen. Es wäre demnach erstrebenswert, dass Lernende mit Interesse, d.h. mit Zufriedenheit und auf freiwilliger Basis, lernen sollten.¹²³

¹¹⁹ Vgl. auch Andreas *Hartinger*, Interesse entwickeln. In Joachim *Kahlert*, Maria *Fölling-Albers*, Margarete *Götz*, Andreas *Hartinger*, Susanne *Miller*, Steffen *Wittkowske* (Hg.), Handbuch Didaktik des Sachunterrichts (Bad Heilbrunn 2015) 113-114.

¹²⁰ Vgl. auch *Hartinger*, Interesse entwickeln, 114.

¹²¹ *Hartinger*, Interesse entwickeln, 114.

¹²² hier bezieht sich *Hartinger* auf A. *Krapp*, Die Bedeutung von Interesse für den Grundschulunterricht. In: Grundschulunterricht 52, H.10 (2005) 4-8.

¹²³ Vgl. auch *Hartinger*, Interesse entwickeln, 114.

6. Neugier

Natürliche Phänomene können als Ausgangsposition des naturwissenschaftlichen Lernens angesehen werden. Phänomene machen neugierig aber erregen noch kein Interesse am Lernen von Naturwissenschaften.- Die Neugier ist vorhanden, aber noch kein Erkenntnisinteresse. Des Weiteren spielt Neugier sowohl für Menschen als auch Tiere eine zentrale Rolle.¹²⁴ „*Neugier kann als elementare Orientierungsreaktion gedeutet werden, die hoch entwickelten Lebewesen das Überleben in einer sich ständig wandelnden Umwelt ermöglicht.*“¹²⁵ Giest (2009) schreibt, dass Neugier dazu führt, dass wir unsere Aufmerksamkeit auf ein Ziel richten um uns anschließend zu fragen, ob beispielsweise ein Ereignis für uns wichtig ist oder nicht.¹²⁶

*„Neugier ist [...] prinzipiell thematisch offen. Interessen sind dagegen oft thematisch eingegrenzt, basieren auf domänenspezifischem Vorwissen und willkürlicher Aufmerksamkeit.“*¹²⁷

Weitere Unterschiede zwischen Interesse und Neugier liegen darin, dass Interesse einen höheren geistigen Aufwand erfordert als Neugier. Außerdem wird dieser Aufwand nur geleistet, wenn z.B. wir etwas als besonders wichtig erachten. Des Weiteren können Interessen im Vergleich mit Neugier vielschichtig sein. Hier spricht man auch von sogenannten Lerninteressen bzw. von epistemischen, kognitiven Interessen. Lerninteressen sind wiederum Kennzeichen für die Lust am Lernen.¹²⁸

¹²⁴ Vgl. auch Hartmut Giest, Zur Didaktik des Sachunterrichts. Aktuelle Probleme, Fragen und Antworten, (Potsdam 2009) 31.

¹²⁵ Giest, Zur Didaktik des Sachunterrichts, 31.

¹²⁶ Vgl. Giest, Zur Didaktik des Sachunterrichts, 31.

¹²⁷ Giest, Zur Didaktik des Sachunterrichts, 32.

¹²⁸ Vgl. auch Giest, Zur Didaktik des Sachunterrichts, 32.

II Umsetzung des Themas Abwehrmechanismen von Pflanzen im Unterricht

1. Lehrplanbezug und Einleitung

Die didaktischen Grundsätze im Lehrplan für Biologie und Umweltkunde der AHS-Unterstufe sehen im Zusammenhang mit den Themen der vorliegenden Arbeit Folgendes vor: „[...] *projektorientiertes Arbeiten ist zu fördern. Naturbegegnung ist anzustreben. [...] Beim Themenkreis ‚Ökologie und Umwelt‘ sind das Kennenlernen von Organismen und ihr Zusammenwirken [...] im Mittelpunkt.*“¹²⁹

In der AHS- Oberstufe stellt in der 6. Klasse bzw. „3. Semester – Kompetenzmodul 3“¹³⁰ laut dem neuen Lehrplan „*Vernetzte Systeme: Ökologie, Ökonomie und Nachhaltigkeit*“¹³¹ einen Themenschwerpunkt dar.

In Bezug auf „conceptual reconstruction“ sollten in der letzten Einheit, bevor man mit dem Thema „Abwehrmechanismen“ von Pflanzen im Unterricht beginnt, die SchülerInnen dazu aufgefordert werden, ungefähr eine viertel bis halbe A4 Seite darüber zu schreiben, was sie sich unter diesem Thema vorstellen.¹³² Man könnte dies noch konkretisieren und ihnen sagen, aufzuschreiben wie sie denken, wie sich Pflanzen wehren.¹³³

Auf diese Art und Weise kann man als Lehrender die Vorstellungen der Lernenden über das zu unterrichtende Thema sammeln und auf dessen Basis (indem man Bezug zu den Vorstellungen nimmt) versuchen SchülerInnen im Sinne der didaktischen Rekonstruktion bzw. der „conceptual reconstruction“ die naturwissenschaftlichen Fakten verständlicher zu erklären.

¹²⁹ Lehrpläne, online unter:

<<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568&FassungVom=2018-09-01>> (20.10.2019).

¹³⁰ Lehrpläne, online unter:

<<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568&FassungVom=2018-09-01>> (20.10.2019).

¹³¹ Lehrpläne, online unter:

<<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568&FassungVom=2018-09-01>> (20.10.2019).

¹³² Siehe auch Kapitel „4.2. Didaktische Rekonstruktion- ‚conceptual reconstruction‘“, 24.

¹³³ Achtung: diese Formulierung ist bewusst anthropomorph gewählt. Im Rahmen des Biologieunterrichtes kann den SchülerInnen bewusst gemacht werden zukünftig solche Formulierungen zu vermeiden.

Am Ende dieses Unterrichtsthemas kann man als Lehrender mit der gesamten Klasse (sowohl Unterstufe, als auch Oberstufe) versuchen fallweise verwendete anthropomorphe bzw. deterministische/finale Formulierungen und Vorstellungen richtig zu stellen und in Zukunft genauer auf solche Formulierungen zu achten. In der Oberstufe, wo man annehmen kann, dass die SchülerInnen bereits über einen großen Wortschatz verfügen, könnte man für die vorwissenschaftliche Arbeit über deterministische Formulierungen zu vermeiden bzw. umzuformulieren.

2. Film im Unterricht

Bevor man Filme im Unterricht zeigt, erfolgt eine intensive Beschäftigung mit dem Material. Dazu gehört, dass man sich die Passagen des Filmes nacheinander ansieht, die Wiedergabe stoppt und kontrolliert, ob das Gezeigte und Gesagte auch den naturwissenschaftlichen Fakten entsprechen. Es ist davon auszugehen, dass bei Lehrfilmen dieser Schritt schon während der Produktion geschehen ist; dennoch besteht die Möglichkeit, dass ein oder mehrere Unachtsamkeiten im Film zu finden sind. Außerdem besteht die Möglichkeit anthropomorphe Formulierungen in Filmen zu finden, da solche Formulierungen oft sogar in der naturwissenschaftlichen Fachliteratur zu finden sind. Des Weiteren könnte es auch inhaltliche Fehler geben. Falls man in der Vorbereitung auf problematische Stellen im Film stoßen sollte, dann sollte diese Tatsache im Unterricht auch besprochen werden. Es wäre von Vorteil, einen Film, indem etwaige Ungenauigkeiten vorhanden sind, am Ende einer Unterrichtseinheit oder am Ende des durchgenommenen Themas zu zeigen. Hier können SchülerInnen, bevor man ihnen den Film zeigt, darauf aufmerksam gemacht werden, die problematischen Stellen zu finden. Falls einzelne solche Passagen in einem Film weit auseinander liegen, könnte man den Film nach einer problematischen Sequenz durchaus stoppen, ggf. die Szene erneut abspielen und mit den SchülerInnen versuchen die fehlerhafte Stelle richtig zu stellen. Nach den Erfahrungen von LehrerInnen¹³⁴, ist davon auszugehen, dass die Lernenden sich die Sequenzen konzentriert ansehen werden und sich die Fehlersuche positiv auf ihre Motivation auswirken würde. Aufgrund der gestiegenen Konzentration, Motivation und ggf. des Interesses hätte man eine Wiederholung und einen höheren Merkeffekt erzielt. Außerdem sollte man, wie oben besprochen, auch dem im Film Gesagten Aufmerksamkeit schenken. Neben etwaige deterministische Formulierungen sollte man auch der Tatsache Beachtung schenken, dass man als Lehrende nicht davon ausgehen kann, dass SchülerInnen jedes Wort im Film verstehen werden. Deswegen sollten sich LehrerInnen ebenfalls Gedanken darüber machen, welche Wörter ggf. nicht verstanden werden können bzw. ob das Sprachniveau für die jeweilige Schulstufe nicht zu hoch ist. Hier liegt es klar auf der Hand, dass diese Abschätzung für Lehrende, die schon einige Zeit unterrichten, weniger ein gravierendes Problem darstellt, als für jemanden mit wenig Unterrichtserfahrung. Denn bei Lehrern und

¹³⁴ Diese These findet ihren Ursprung in Gesprächen mit AHS-LehrerInnen.

Lehrerinnen, die schon länger unterrichten, ist davon auszugehen, dass sie aufgrund ihrer Unterrichtserfahrung wissen, welche Wörter bzw. Aussagen SchülerInnen möglicherweise (noch) nicht verstehen werden. Zusätzlich soll bei der Wahl von Filmen darauf geachtet werden, dass der gezeigte Inhalt dem momentanen Stand der Wissenschaft entspricht. Es könnte durchaus sein, dass in einem schon etwas älteren Film Hypothesen angesprochen werden, die heute als überholt gelten. Nichtsdestotrotz können auch Filme, deren Inhalt nicht mehr dem heutigen Stand der Wissenschaft entspricht, im Unterricht diskutiert werden. Durch ältere Filme können Lehrende SchülerInnen darauf aufmerksam machen, nicht den damaligen wissenschaftlichen Stand der Dinge negativ zu bewerten, sondern sich selbst in die damalige Situation der Wissenschaftler hineinzudenken. Wenn man den Lernenden zusätzlich erklärt welche Mittel damals nicht zur Verfügung standen, können die Lernenden besser verstehen, warum Wissenschaftler jene (heute überholten) Thesen annahmen.

Im Unterricht obliegt es den Lehrenden, wann sie einen Film abspielen. Auf der einen Seite können sie Filme zum Beginn einer Unterrichtseinheit als einen Einstieg in ein neues Thema zeigen. Auf der anderen Seite können Filme im Sinne der „conceptual reconstruction“ am Ende eines in der Klasse durchgenommenen Themas gezeigt werden. Schon bevor man ein Thema in der jeweiligen Klasse behandelt, sollte den Lehrenden bewusst sein, dass SchülerInnen bereits mit einer Vorstellung über den zu besprechenden Inhalt in den Unterricht kommen. Wenn man über Wochen hinweg das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ im Biologieunterricht ohne filmisches Material behandelt, kann dies dazu führen, dass SchülerInnen mit ihren Vorstellungen an Grenzen stoßen und mithilfe des Unterrichtsmaterials neue Vorstellungen, die möglicherweise noch nicht den naturwissenschaftlichen Erklärungen entsprechen, kreieren. Ein begleitender Film über die im Unterricht besprochenen Beispiele der Abwehrmechanismen von Pflanzen, kann einen größeren Aha-Effekt seitens der SchülerInnen erzielen.

In der Nachbereitung sollte man die in der Planungsmatrix vorhandenen Fragen der (Selbst-) Reflexion nochmals durchgehen um seinen Unterricht in der Zukunft optimieren zu können.

2.1. Planungsmatrix¹³⁵ zu Film im Unterricht

Schulstufe: Unter-/ Oberstufe, Anzahl der SchülerInnen: ca.25; Zeit: 50 Minuten

Zeit/ Aufbau d. Stunde	Zielgruppe	Lehr- u. Lernziele	Thema/ Inhalt	Methoden	Medien	Anwendungen/ Aktivitäten d. Lehrenden	Rückkopplung/ Aktivitäten d. Lernenden	(Selbst-) Reflexion	Sonstiges
10:00- 10:05	gesamte Klasse		Vorstellen der Einheit	Vortrag	Tafel	Begrüßung, Erklärungen	aufmerksames Zuhören	Hat die Begrüßung funktioniert? Wurde das Vorhaben der Stunde für jede/n SchülerIn verständlich erklärt?	ggf. Klasse beruhigen
10:05- 10:20	Lernende	Stoff Wiederholen und anschließend vertiefen; die SchülerInnen verstehen die Zusammenfassung des Stoffes; sie können Zusammenhänge herstellen	zusammenfassen des Themas „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (pflanzliche Abwehr, Abwehrmechanismen, präformierte Abwehr, induzierbare Abwehr, konkrete Beispiele für Schutzmechanismen)	Diskussion, Gespräch und anschließend Zusammenfassung ins Heft schreiben	Tafel, Powerpoint, Vortrag oder Diktat	beantwortet etwaige Fragen und erklärt nochmals Begriffe; führt Diskussion	hohe Anteilnahme der SchülerInnen; SchülerInnen zeigen auf; SchülerInnen wiederholen Stoff in Diskussion	Werden die SchülerInnen beim Zusammenfassen des Stoffes teilnehmen? An welchen Stellen werden die SchülerInnen Probleme haben den Stoff zu wiederholen?	

¹³⁵ Als Vorlage dieser und der folgenden Planungsmatrizes diente die Planungsmatrix zur prozessorientierten Unterrichtsplanung, online unter:
<https://static.uni-graz.at/fileadmin/gewi-arbeitsbereiche/fachdidaktik/Broschuere/Unterrichtsplanung_-Matrix_NEU_101018__1_.pdf> (26.10.2019).

10:20-10:40	Lernende	SchülerInnen können das Gelernte als Video sehen; SchülerInnen können etwaige problematische Stellen im Film Erkennen	Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“, (konkrete Beispiele für Schutzmechanismen-Beispiele aus dem Unterricht)	Notizen ins Heft schreiben, falls den SchülerInnen etwas auffällt	Video	erklärt vor dem Zeigen des Videos etwaige Begriffe und Wörter, die im Film vorkommen und die Lernenden mgl.weise nicht kennen; beobachtet SchülerInnen	Lernende schauen sich den Film an	Kommt es zur „conceptual reconstruction“? Lassen sich Aha-Momente beobachten? Verstehen die SchülerInnen das Gesagte? Gestik und Mimik der SchülerInnen analysieren	Werden im Film auch die im Unterricht besprochenen Beispiele erwähnt?
10:40-10:50	gesamte Klasse	Die SchülerInnen können MitschülerInnen auf problematische Stellen im Film aufmerksam machen	Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“, (konkrete Beispiele für Schutzmechanismen-Beispiele aus dem Unterricht)	Diskussion	Tafel	Der Lehrende führt Diskussion und schreibt ggf. Schlagwörter an die Tafel; Verabschiedung	SchülerInnen zeigen Aha-Effekt.	War der Film für die Klasse geeignet?	

3. Lückentext

Um Lernenden das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ näher zu bringen oder bereits Besprochenes zu vertiefen, biete sich die selbstständige oder gemeinsame Ausarbeitung von Lückentexten an.

Lückentexte haben u.a. den Vorteil, dass Schüler und Schülerinnen beim gemeinsamen Bearbeiten des Textes konzentriert mitarbeiten. Auch können Lückentexte das Sprachgefühl der Lernenden verbessern. Hierzu können Lückentexte so erstellt werden, dass die Lücken abwechselnd mit Nomen, Verben und Adjektiven zu füllen sind. Des Weiteren können Schüler und SchülerInnen mit Hilfe von Lückentexten ihren Wortschatz erweitern.¹³⁶ Je nach Schulstufe sollte man beim Lückentext auf Folgendes achten. Jüngere SchülerInnen benötigen in der Regel mehr Zeit zum Schreiben¹³⁷, sodass für die Unterstufe die Lückentexte sowohl ihrem Sprachniveau angepasst als auch kürzer gehalten werden müssen. Falls man Lückentexte in der Oberstufe nutzen will, sollten die Texte auch dem Sprachniveau angepasst werden. Zusätzlich können hier die Lückentexte länger gestaltet werden als in der Unterstufe, da man davon ausgehen kann, dass SchülerInnen in den höheren Schulstufen schneller schreiben. Außerdem sollte für Fragen seitens der Lernenden, Erklärungen von Begriffen und Wörter genügend Zeit eingeplant werden. Die Lehrenden könnten den SchülerInnen in einer Box über dem Text die Wörter vorgeben, die sie in den Text einsetzen. Es könnte aber auch auf diese Spalte verzichtet werden um den Schwierigkeitsgrad zu erhöhen. Des Weiteren können Lehrende auf bereits vorhandene Vorlagen, falls sie welche finden sollten, zurückgreifen.¹³⁸ Wer sich für diesen Weg entscheidet, sollte kontrollieren, ob der Inhalt den aktuellen naturwissenschaftlichen Hypothesen entspricht bzw. ob die Formulierungen des Textes keine anthropomorphen Passagen aufweisen.

Nun gibt es mehrere Möglichkeiten wie Lückentexte im Unterricht eingesetzt werden können. Die SchülerInnen können selbstständig die Aufgabe in der Gruppe, einzeln oder zu zweit, mit Hilfe ihnen zur Verfügung gestellten Materialien, lösen. Bei der

¹³⁶ Vgl. auch Vera F. *Birkenbihl*, *Trotzdem lernen* (München 2015) 77-78.

¹³⁷ Siehe auch Norbert *Sommer-Stumpenhorst*, *Rechtschreiben*. In: Ulrich *Heimlich*, Franz B. *Wember* (Hg.), *Didaktik des Unterrichts im Förderschwerpunkt Lernen*. Ein Handbuch für Studium und Praxis (Stuttgart 2007) 206-228.

¹³⁸ Es ist durchaus möglich, dass LehrerInnen bereits einen eigenen Lückentext zu diesem Thema verfasst haben und ihn den KollegInnen zur Verfügung stellen.

Auswahl des Materials sollte man ebenfalls darauf achten, dass dieses der jeweiligen Schulstufe entspricht. Falls man sich dafür entscheidet den Lückentext zu zweit lösen zu lassen, sollte man den Lückentext eher kurzhalten, da am Ende der Stunde die Ergebnisse im Plenum besprochen werden sollen. Hier kann durch Fragen an die SchülerInnen festgestellt werden, ob es zur „conceptual reconstruction“ gekommen ist; welche Vorstellungen die SchülerInnen vor dem Ausarbeiten des Lückentextes hatten. Falls man eine Doppelstunde zur Verfügung hat, könnte man den Lückentext wie folgt vergleichen. Die Lernenden lesen abwechselnd den Text laut vor und teilen ihren MitschülerInnen mit, welche Wörter in die jeweiligen Lücken gehören. Die Lehrkraft achtet darauf, dass es sich um die richtigen Lösungen handelt. Eine andere Möglichkeit wäre, den Lückentext gemeinsam unter der Leitung des Lehrenden auszufüllen. Dabei bittet der Lehrer bzw. die Lehrerin einen Lernenden den Text laut vorzulesen. Sobald eine Lücke kommt, ist es nun die Aufgabe des Lehrenden zu sagen, welches Wort bzw. welche Wörter in die Lücke gehören. Anschließend wird weitergelesen. Nach jedem Absatz wiederholt der Lehrende das zuvor Gelesene bzw. lässt es die SchülerInnen wiederholen. Am Ende des Lückentextes können Lehrende durch Gegenfragen feststellen ob es zur „conceptual reconstruction“ gekommen ist. Die bereits gesammelte Erfahrung¹³⁹ zeigt, dass diese Methode in Klassen gut funktioniert; sei es in einer Biologiestunde vor einer Schularbeit oder in der sechsten Stunde des Tages. SchülerInnen konzentrieren sich beim Lesen des Textes und erzeugen so eine angenehme Lernumgebung. Da SchülerInnen hier konzentriert mitlesen führt dies dazu, dass sie sich den Stoff auch über einen längeren Zeitraum merken.

In der Nachbereitung sollte man die in der Planungsmatrix vorhandenen Fragen der (Selbst-) Reflexion nochmals durchgehen um seinen Unterricht in der Zukunft optimieren zu können. Man könnte während der Unterrichtseinheit festgestellt haben, dass der Lückentext beispielsweise sprachlich zu anspruchsvoll war. Des Weiteren könnte man analysiert haben, wie schnell die Lernenden schreiben; mit dieser Erkenntnis ist man als Lehrender in der Lage die Länge der Lückentexte an die jeweilige Klasse anzupassen.

¹³⁹ Im Rahmen mehrerer Kurse, wie etwa dem Fachbezogenen Praktikum im Fach Biologie und Umweltkunde, konnten diese Erfahrungen gesammelt werden.

3.1. Planungsmatrix zu Lückentext

Schulstufe: Unter-/ Oberstufe, Anzahl der SchülerInnen: ca.25; Zeit: 50 Minuten

Zeit/ Aufbau d. Stunde	Zielgruppe	Lehr- u. Lernziele	Thema/ Inhalt	Methoden	Medien	Anwendungen/ Aktivitäten d. Lehrenden	Rückkopplung/ Aktivitäten d. Lernenden	(Selbst-) Reflexion	Sonstiges
10:00- 10:05	gesamte Klasse		Vorstellen der Einheit	Vortrag	Tafel	Begrüßung, Erklärungen	aufmerksames Zuhören	Hat die Begrüßung funktioniert? Wurde das Vorhaben der Stunde für jede/n SchülerIn verständlich erklärt?	ggf. Klasse beruhigen
10:05- 10:35	Lernende	Die Lernenden können selbstständig Informationen aus den zur Verfügung gestellten Materialien ziehen.	Einführung in das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (pflanzliche Abwehr, Abwehrmechanismen, präformierte Abwehr)	Lückentext	Tafel	Wörter, die SchülerInnen nicht verstehen, an die Tafel schreiben und erklären; durch die Klasse wandern und Fortschritt beobachten; Hilfestellung - für etwaige Fragen der SchülerInnen bereit sein	SchülerInnen arbeiten mit ihrem Tischnachbarn den Lückentext aus.	Verstehen die SchülerInnen den Text? Finden die Lernenden die passenden Stellen in den Materialien? Wie schnell schreiben die SchülerInnen?	

10:35-10:45	gesamte Klasse	Die SchülerInnen können ihre Ausarbeitung wiedergeben. Die SchülerInnen präsentieren ihre Ergebnisse im Plenum	Einführung in das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (pflanzliche Abwehr, Abwehrmechanismen, präformierte Abwehr)	gemeinsames Durchgehen des Lückentextes	Tafel	bei Doppelstunde SchülerInnen Text vorlesen lassen; in einer Unterrichtseinheit: Lehrender liest Text laut vor und SchülerInnen werden aufgefordert aufzuzeigen, um die Lücken zu füllen.	Hohe Anteilnahme der SchülerInnen beim gemeinsamen Vergleichen; es wird gut mitgearbeitet; viele Hände sind in der Luft; auch schüchterne SchülerInnen, die nicht aufzeigen, können auf Fragen Antworten geben.	Werden die SchülerInnen freiwillig beim gemeinsamen Vergleichen mitmachen? Wenn nein, SchülerInnen auswählen. Kommen die Lernenden mit; mgl.weise Tempo drosseln. Fragen zu ihren Vorstellungen stellen; kommt es zur „conceptual reconstruction“?	
10:45-10:50	Lernende	am Ende der Unterrichtseinheit offene Fragen beantworten; Wissen festigen	Einführung in das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (pflanzliche Abwehr, Abwehrmechanismen, präformierte Abwehr)	Diskussion		versuchen einige Fragen zu beantworten; falls keine Zeit mehr bleibt, SchülerInnen bitten ihre Fragen ins Heft zu notieren; werden beim nächsten Mal beantwortet; Verabschiedung	Die SchülerInnen stellen Fragen.	Können bzw. konnten alle Fragen beantwortet werden? Handelt es sich um inhaltliche Fragen oder weiterführende Fragen?	

4. Gruppenarbeit

Um das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ nach der Einführung in das Thema zu vertiefen, kann man den Unterricht in Form von Gruppenarbeiten gestalten. Bevor man in den Unterricht geht, sollten Überlegungen angestellt werden, wie man als Lehrender die Klasse in Gruppen einteilen will. Da man in der Regel als Lehrer bzw. Lehrerin allein unterrichtet, eignen sich wenige Gruppen. Hier hätte man nun die Chance mehrere SchülerInnen pro Gruppe zeitgleich zu betreuen. Sollte die Möglichkeit des „Team Teachings“ bestehen, dann könnte man entweder mehrere verschiedene Gruppen oder jeweils zwei gleiche Gruppen bilden. Die Lehrenden können sich bereits im Vorhinein für die Betreuung der SchülerInnen die Gruppen unter ihnen aufteilen.-Dazu später.

Wenn man als Lehrender allein in der Klasse steht, dann können die SchülerInnen in drei verschiedene Gruppen eingeteilt werden. Wie man die Gruppen einteilt obliegt der Lehrperson. Die erste Gruppe beschäftigt sich der präformierten Abwehr, die zweite mit der induzierbaren Abwehr und die dritte mit Beispielen aus der Natur. Die Aufgaben der Gruppen sollen abhängig von der zur Verfügung stehenden Zeit (eine Unterrichtseinheit bzw. eine Doppelstunde) gestaltet werden. Bei rund 50 Minuten sollen die SchülerInnen versuchen einen Überblick über ihr Thema zu geben. Bei mehr Zeit hätten sie die Möglichkeit ihr Thema zu vertiefen. Die Lernenden sollen in den Gruppen mit ihnen zur Verfügung gestellten Materialien, beispielsweise mit Hilfe von Fachliteratur in der Oberstufe, versuchen ihr Gruppenthema auszuarbeiten. Des Weiteren könnte man in einer Doppelstunde die SchülerInnen Plakate mit ihren Ergebnissen anfertigen lassen. Dabei ist vorauszusetzen, dass mit den Lernenden bereits besprochen wurde, wie Plakate gestaltet werden. Am Ende der Gruppenarbeit präsentieren die SchülerInnen ihre Ergebnisse. Die Eintragung ins Heft folgt ggf. in der nächsten Biologiestunde. Bei einer Doppelseinheit erfolgt dies noch innerhalb der Zeit. Falls man eine Doppelstunde Zeit hat, dann könnte man eine Gruppenarbeit auch als ein rotierendes Prinzip gestalten. In der ersten Einheit erfolgt die Ausarbeitung der Gruppen. In der darauffolgenden Einheit wird ein Experte pro Gruppe durch die Lehrperson ausgelost. Die anderen Lehrenden wandern in einem zehn Minuten-Takt von einer Gruppe zur nächsten. Nun soll der jeweilige Experte seinen Mitschülern die Ergebnisse seiner Gruppe präsentieren. Die Aufgabe der wandernden Lernenden besteht darin, den jeweiligen Experten über ihre Erkenntnisse zu informieren. Am Ende der Doppelstunde erfolgt die gemeinsame

Diskussion, in der die Lehrperson durch Gegenfragen feststellen kann, wie und ob sich welche Vorstellungen der SchülerInnen wie verändert haben, und je nach Schulstufe die Eintragung ins Heft. In der Unterstufe kann man die wichtigsten Punkte an die Tafel schreiben bzw. diktieren; in der Oberstufe sollen SchülerInnen von sich aus mitschreiben.

In der Nachbereitung sollte man die in der Planungsmatrix vorhandenen Fragen der (Selbst-) Reflexion nochmals durchgehen um seinen Unterricht in der Zukunft optimieren zu können. Es könnte durchaus sein, dass beispielsweise das Sprachniveau für die SchülerInnen zu hoch war.

Falls es sich beim Biologieunterricht um eine Doppelstunde handelt, könnte man wie oben bereits erwähnt wurde die Möglichkeit des „Team Teachings“ nutzen. Falls man sich für das Team Teaching entscheidet, dann sollte sowohl die Vorbereitung als auch die Nachbereitung (Reflexion) gemeinsam mit der/m Kollegen/in stattfinden. Im Unterricht hätte man nun die Möglichkeit mehrere gleich große Gruppen zu gestalten. Es gäbe dann sechs Gruppen, bei denen jeweils zwei dieselben Aufgabenstellungen bekommen. Der Vorteil hier ist, dass pro Lehrenden weniger SchülerInnen zu betreuen sind.-Somit wäre man als Lehrer bzw. Lehrerin in der Lage jeden der Lernenden mehr Zeit zu widmen. Nachdem die sechs Gruppen ihr Thema ausgearbeitet haben, teilt man die Klasse nun in drei große Gruppen (pro Thema eine Gruppe) auf. Hier haben die Gruppen die Chance ihre Ausarbeitungen untereinander zu vergleichen. Anschließend präsentieren die Lernenden ihre Ergebnisse und es erfolgt die Eintragung ins Heft.

4.1. Planungsmatrix zu Gruppenarbeit

Schulstufe: Oberstufe, Anzahl der SchülerInnen: ca.25; Zeit: 100 (2x50) Minuten

Zeit/ Aufbau d. Stunde	Zielgruppe	Lehr- u. Lernziele	Thema/ Inhalt	Methoden	Medien	Anwendungen/ Aktivitäten d. Lehrenden	Rückkopplung/ Aktivitäten d. Lernenden	(Selbst-) Reflexion	Sonstiges
10:00- 10:05	gesamte Klasse		Vorstellen der Einheit	Vortrag	Tafel	Begrüßung, Aufteilung der Klasse in drei Gruppen durch Durchzählen; Aufforderung Tischinseln zu bilden falls mgl.; Vorstellung der Stationen	aufmerksames Zuhören	Hat die Begrüßung funktioniert? Wurde das Vorhaben der Stunde für jede/n SchülerIn verständlich erklärt?	ggf. Klasse beruhigen
10:05- 10:50	Lernende	Die SchülerInnen verstehen ihre Aufgabenstellung. Die SchülerInnen eignen sich selbst Informationen aus den zur Verfügung gestellten Materialien an.		Recherche	fachwissenschaftliche Literatur, kurze Filmsequenzen	Überprüfung der Ausarbeitung; Hilfestellungen geben; durch das Klassenzimmer wandern	Die SchülerInnen fragen bei Unklarheiten nach.	Fragen die SchülerInnen nach? Sind sie aufmerksam? Haben die SchülerInnen ihre Aufgaben verstanden?	

Gruppe 1: Gruppe von rund 8 SchülerInnen	Die SchülerInnen verstehen die präformierte Abwehr. Die Lernenden können selbstständig Informationen aus den zur Verfügung gestellten Materialien ziehen.	Vertiefung in das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (präformierte Abwehr)	Recherche	Literatur	Überprüfung der Ausarbeitung; Hilfestellungen geben; durch das Klassenzimmer wandern	Die SchülerInnen lesen, diskutieren innerhalb der Gruppe; fassen die Ergebnisse auf einem Plakat zusammen.	Ist das Sprachniveau passend? Welche SchülerInnen beteiligen sich stark bzw. wenig?	Arbeiten die SchülerInnen auch wirklich zusammen?
Gruppe 2: Gruppe von rund 8 SchülerInnen	Die SchülerInnen verstehen die induzierbare Abwehr. Die Lernenden können selbstständig Informationen aus den zur Verfügung gestellten Materialien ziehen.	Vertiefung in das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (induzierbare Abwehr)	Recherche	Literatur	Überprüfung der Ausarbeitung; Hilfestellungen geben; durch das Klassenzimmer wandern	Die SchülerInnen lesen, diskutieren innerhalb der Gruppe; fassen die Ergebnisse auf einem Plakat zusammen.	Ist das Sprachniveau passend? Welche SchülerInnen beteiligen sich stark bzw. wenig?	Arbeiten die SchülerInnen auch wirklich zusammen?
Gruppe 3: Gruppe von rund 8 SchülerInnen	Die SchülerInnen verstehen Beispiele aus der Natur zum Thema Abwehrmechanismen von Pflanzen; Die Lernenden können selbstständig Informationen aus den zur Verfügung gestellten Materialien ziehen.	Vertiefung in das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (konkrete Beispiele für Schutzmechanismen)	Recherche	Film	Überprüfung der Ausarbeitung; Hilfestellungen geben; durch das Klassenzimmer wandern	Die SchülerInnen schauen sich kurze Ausschnitte von Filmen an, diskutieren innerhalb der Gruppe und fassen Ergebnisse auf Plakat zusammen.	Kommt es zu einem Aha-Effekt?	

11:00-11:15	Gruppe 1	Die SchülerInnen können ihre Ergebnisse in der Klasse präsentieren	Präsentation der präformierten Abwehr	Vortrag/Referat	Plakat	hört aufmerksam zu; stellt nach Vortrag inhaltliche Fragen; bessert etwaige Fehler aus	präsentieren ihrer Ergebnisse	Haben die Lernenden jede brauchbare Information gefunden? Gibt es Unklarheiten innerhalb der Gruppe? Kommt es zur „conceptual reconstruction“?	mgl.weise Klasse nach Pause kurz beruhigen (deswegen +5 Minuten)
11:15-11:25	Gruppe 2	Die SchülerInnen können ihre Ergebnisse in der Klasse präsentieren	Präsentation der induzierbaren Abwehr	Vortrag/Referat	Plakat	hört aufmerksam zu; stellt nach Vortrag inhaltliche Fragen; bessert etwaige Fehler aus	präsentieren ihrer Ergebnisse	Haben die Lernenden jede brauchbare Information gefunden? Gibt es Unklarheiten innerhalb der Gruppe? Kommt es zur „conceptual reconstruction“?	

11:25-11:35	Gruppe 3	Die SchülerInnen können ihre Ergebnisse in der Klasse präsentieren	Präsentation der Beispiele aus der Natur	Vortrag/Referat	Plakat	hört aufmerksam zu; stellt nach Vortrag inhaltliche Fragen; bessert etwaige Fehler aus	präsentieren ihrer Ergebnisse	Haben die Lernenden jede brauchbare Information gefunden? Gibt es Unklarheiten innerhalb der Gruppe? Kommt es zur „conceptual reconstruction“?	
11:35-11:50	Gesamte Klasse	Wissen festigen	Vertiefung in das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (präformierte Abwehr, induzierte Abwehr, konkrete Beispiele für Schutzmechanismen)	Vortrag	Tafel	Der Lehrende fasst die drei Gruppenarbeiten zusammen. Verabschiedung	Die SchülerInnen schreiben mit.	Sind die SchülerInnen noch motiviert? Haben die SchülerInnen das Thema der Doppeleinheit verstanden?	Es kann durchaus passieren, dass man nicht fertig wird; ggf. das nächste Mal Eintrag ins Heft beenden

5. Klassischer Frontalunterricht

Auch beim Frontalunterricht im Biologieunterricht sollte man sich überlegen, wie man ein solch komplexes Thema wie die „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ der Schulstufe (Unterstufe bzw. Oberstufe) angepasst behandeln will. Zuerst sollte man eine Diskussion über die Vorstellungen der SchülerInnen mit den Lernenden führen. Es könnte durchaus passiert sein, dass sich die Vorstellungen der SchülerInnen sich das Thema betreffend bereits verändert haben. Bei der Diskussion sollte stets auf die Zeit geachtet werden, da Diskussionen oft dazu neigen länger zu dauern, als geplant. Dies kann sowohl in der Unterstufe, als auch in der Oberstufe passieren. Oft ist es so, dass jüngere SchülerInnen passend zum Thema aus ihrem Alltagsleben erzählen und ältere Lernenden sich beispielsweise auf bereits gelesene Artikel in Fachzeitschriften bzw. auf Dokumentationen beziehen.

Auf der Basis von Vorstellungen kann der Lehrende nun geistige Brücken zu den Lernenden aufbauen, um ihnen das Thema verständlich erklären zu können. Anschließend können Bilder von Beispielen aus der Natur gezeigt werden zum Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“. Womöglich stoßen die SchülerInnen mit ihren Vorstellungen an Grenzen. Als Lehrender könnte man nun beobachten, ob es seitens der SchülerInnen bereits zu einem Aha-Effekt kommt. Danach folgt eine Einleitung ins Thema als Eintragung ins Heft. Für die Eintragung ins Heft bietet sich in der Unterstufe sowohl die Tafel oder Overheadprojektor als auch, in modernen Klassenräumen, ein Beamer an. Bei der Stundenplanung soll im Vorhinein darauf geachtet werden, dass SchülerInnen in der Unterstufe im Vergleich zu älteren Lernenden langsamer schreiben. In der Oberstufe sollen SchülerInnen daraufhin trainiert werden selbstständig mitzuschreiben. Nichtsdestotrotz können wichtige Punkte an die Tafel geschrieben bzw. diktiert werden. Am Ende der Einheit kann man einen Film als kleine Wiederholung zeigen. Nun hätte man erneut die Möglichkeit SchülerInnen zu beobachten und festzustellen, ob es zur „conceptual reconstruction“ kommt. In der Oberstufe könnte man die SchülerInnen zusätzlich bitten, sobald ihnen anthropomorphe Formulierungen im Film auffallen, sich diese zu notieren. In den darauffolgenden frontalen Unterrichtseinheiten sollen die Lehrenden beispielsweise durch Gegenfragen feststellen, welche Vorstellungen die SchülerInnen nach der Einführung in das Thema haben. Auf diesen Vorstellungen kann man nun das Thema individuell je Klasse aufbauen. Am Ende des durchgenommenen Themas sollten den Lernenden alle ihre Vorstellungen bewusst

sein. Mit anderen Worten sollen sie wissen, welche Vorstellungen sie hatten und was naturwissenschaftlichen Fakten entspricht.

In der Nachbereitung sollte man die in der Planungsmatrix vorhandenen Fragen der (Selbst-) Reflexion nochmals durchgehen um seinen Unterricht in der Zukunft optimieren zu können. Es könnte durchaus sein, dass man im Rahmen der Reflexion festgestellt hat, dass die eigenen Fragen zu unpräzise gestellt worden sind und deswegen die SchülerInnen den Eindruck erweckten, bei der Diskussion verwirrt worden zu sein.

5.1. Planungsmatrix zu Klassischer Frontalunterricht

Schulstufe: Unterstufe, Anzahl der SchülerInnen: ca.25; Zeit: 50 Minuten

Zeit/ Aufbau d. Stunde	Zielgruppe	Lehr- u. Lernziele	Thema/ Inhalt	Methoden	Medien	Anwendungen/ Aktivitäten d. Lehrenden	Rückkopplung/ Aktivitäten d. Lernenden	(Selbst-) Reflexion	Sonstiges
10:00- 10:05	gesamte Klasse		Vorstellen der Einheit	Vortrag	Tafel	Begrüßung, Erklärungen	aufmerksames Zuhören	Hat die Begrüßung funktioniert? Wurde das Vorhaben der Stunde für jede/n SchülerIn verständlich erklärt?	ggf. Klasse beruhigen
10:05- 10:20	Lernende	Die SchülerInnen rufen ihre Vorstellungen auf.	Einführung in das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (pflanzliche Abwehr, Abwehrmechanismen, präformierte Abwehr)	Diskussion	Tafel	gezieltes Fragen nach den Vorstellungen der SchülerInnen, die sie bezüglich des Themas in den Unterricht mitbringen	Die SchülerInnen versuchen ihre Vorstellungen erneut zu beschreiben.	Haben sich die Vorstellungen der SchülerInnen etwas geändert?	

10:20-10:40	Lernende	Die SchülerInnen verstehen die Grundlagen des Themas.	Einführung in das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (pflanzliche Abwehr, Abwehrmechanismen, präformierte Abwehr)	Frontalunterricht	Tafel; Powerpoint	Stoff an die Tafel schreiben bzw. über Powerpoint an der Wand stückchenweise erscheinen lassen; Wörter und Begriffe, die SchülerInnen (noch) nicht kennen können, erklären	Die SchülerInnen schreiben von der Tafel ab. Sie stellen Fragen.	Ist das Tempo zu schnell? Kommen die SchülerInnen mit? Verstehen sie die Wörter bzw. Begriffe?	
10:40-10:50	Lernende	Die SchülerInnen wiederholen den Stoff.	Einführung in das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (pflanzliche Abwehr, Abwehrmechanismen, präformierte Abwehr, konkrete Beispiele für Schutzmechanismen)	Wiederholung	Film	ggf. Film stoppen und Begriffe erklären; Verabschiedung	Die SchülerInnen passen auf und schreiben ggf. Fragen in ihr Heft.	Verstehen die SchülerInnen das Gesagte? Kommt es zur „conceptual reconstruction“?	Den Film in der nächsten Einheit kurz wiederholen.

6. Digitaler Unterricht

In der heutigen Zeit nimmt die Digitalisierung immer mehr Einfluss auf unser Leben. Daher wird hier auch eine Umsetzung des Themas in Form des digitalen Biologieunterrichts diskutiert.

Bei diesem Unterrichtsbeispiel wird davon ausgegangen, dass man sich hier bereits am Ende des Themas „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ befindet. Bereits vor dem Unterricht sollte man sich überlegen, falls es sich bei der zu unterrichtenden Oberstufenklasse nicht um eine sogenannte „Laptopklasse“ handelt, wie digitaler Unterricht organisiert werden kann. Deswegen sollte man, wenn möglich einen der Klassengröße entsprechenden EDV-Raum im Schulgebäude zeitgleich zu vier Biologieeinheiten reservieren. Falls dies aus organisatorischen Gründen nicht möglich ist, sollte man versuchen einige Stunden (mit Absprache der Schulleitung) mit anderen Lehrenden derselben Klasse zu tauschen. Noch in der Vorbereitung muss man sich Gedanken darüber machen, wie man einen digitalen Unterricht gestalten will. Dazu eignen sich digitale online Plattformen für Schulen wie beispielweise „moodle“. Falls die jeweilige Schule über „moodle“ verfügt und man sich als LehrerIn mit diesem Programm auskennt, sollte man für die zu unterrichtende Klasse einen sogenannten „moodle- Kurs“ im Fach Biologie und Umweltkunde errichten. Man stellt nun mehrere Aufgaben- dazu später- an die SchülerInnen in dieser Plattform online, mit welchen sich die Lernenden anschließend im Unterricht beschäftigen sollen. Die fertig ausgearbeiteten Aufgaben können in einen auf dem Schulserver neu errichteten Ordner zwischengespeichert werden. Am Ende, nach möglicherweise rund zwei Wochen, können die Lehrenden die SchülerInnen bitten, alle ihre Aufgaben zu einem Portfolio zusammenzustellen und auf „moodle“ hochzuladen. Eine andere Möglichkeit wäre, alle Portfolios auf dem Schulserver abzuspeichern und nach dem Bewerten jedem Schüler sein verbessertes und benotetes Portfolio per Mail zukommen zu lassen. Da dies zu kompliziert ist, hat die Lehrperson auch die Möglichkeit die Ausarbeitungen über die Plattform zu Hause herunterzuladen, sich anzusehen und zu bewerten. Auf diese Art und Weise können keine Dateien verloren gehen. Des Weiteren können Lehrer und Lehrerinnen auf der Plattform ihren SchülerInnen ein individuelles Feedback geben, welches nur der jeweilige Schüler/ die jeweilige Schülerin über ihren Account einsehen kann. Bevor man nun in den Unterricht geht, sollte den Lehrenden stets bewusst sein, dass man bei der Planung des Unterrichts auch Zeit für das Ein- bzw.

Ausschalten der Computer berücksichtigen muss. Außerdem kann es auch immer wieder dazu kommen, dass Computer ausfallen, hängen bleiben und auch abstürzen können. Damit die Daten nicht verloren gehen, sollen die SchülerInnen darauf aufmerksam gemacht werden, regelmäßig Backups durchzuführen. Da hier Zeit verloren geht, soll für solche Fälle den betroffenen SchülerInnen u.a. mehr Zeit gegeben werden, das Portfolio am Ende des digitalen Unterrichts hochzuladen.

In der ersten Einheit soll den SchülerInnen verständlich gemacht werden, welche Schriftart, welche Schriftgröße und welchen Abstand sie beim Schreiben in der Textdatei verwenden sollen. Gut bewährt haben sich Arial, Schriftgröße 12 und ein Zeilenabstand von 1,5. Anschließend soll in den ersten beiden Einheiten zwei Aufgaben bearbeitet werden, deren Ausarbeitung zwar Teil des Portfolios sein werden, jedoch nicht bewertet werden. Hier gilt es die SchülerInnen auf die vorwissenschaftliche Arbeit vorzubereiten. Dazu gehört, dass in der ersten Einheit der/die Lehrende den SchülerInnen zeigt, wie man online nach passender Literatur zum einem anderen Thema aus dem Biologieunterricht sucht. Hier soll den SchülerInnen gezeigt werden, welche online Plattformen bzw. Suchmaschinen es für fachwissenschaftliche Literatur gibt. Die SchülerInnen sollen sich anschließend mit diesen Suchmaschinen beschäftigen und mindestens zwei zum Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ passende Quellen finden. Hier gilt es vorauszusetzen, dass sich der Lehrende bereits mit der Recherche zu diesem Thema intensiv beschäftigt hat und weiß wo welchen Quellen zu finden sind. In der zweiten Einheit sollen die Lehrenden mit den Lernenden üben anthropomorphe Formulierungen zum Thema Abwehrmechanismen von Pflanzen zu erkennen und umzuformulieren. Obwohl das Umformulieren solcher Formulierungen ein wichtiger Bestandteil des Biologieunterrichtes in der Oberstufe sein soll, kann dies dennoch intensiv im Rahmen des digitalen Unterrichts geübt werden. Die SchülerInnen beschäftigen sich mit ihnen vorgelegten Texten und erstellen eine Textdatei mit ihren Vorschlägen. Da es sich hierbei um eine Übung handelt, sollte dies bei der Bewertung ausschließlich als Mitarbeit gezählt werden. In der nächsten Einheit sollen sich die SchülerInnen, mit den im Unterricht bereits besprochenen Pflanzen im Rahmen des Themas „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ intensiv beschäftigen und zwei Steckbriefe von Pflanzen erstellen. Kriterien eines Steckbriefes finden sie auf moodle. Auch hier gilt es vorauszusetzen, dass sich die Lehrperson intensiv mit den zu beschreibenden Pflanzen online beschäftigt hat und weiß wo welche

Informationen zu finden sind. (Stichwort: seriöse Seiten) Zusätzlich sollen die Abwehrmechanismen der zu beschreibenden Pflanzen einen Teil des Steckbriefs darstellen. In der letzten Einheit haben die SchülerInnen Zeit die Aufgabe vom letzten Mal fertigzustellen, ihr Portfolio zusammenzustellen und den digitalen Unterricht auf rund eine A4 Seite zu reflektieren. Die Lernenden sollen sich z.B. mit folgenden Fragen beschäftigen: Was fiel mir schwer? Was fiel mir leicht? Hatte ich genügend Zeit, die Aufgaben zu bearbeiten? Wie haben sich meine Vorstellungen zu diesem Thema verändert? - Stieß ich auf Grenzen; wenn ja warum und wann? Auf diese Art bekommen die Lehrenden auch ein Feedback seitens der Lernenden.

In der Nachbereitung sollte man die in der Planungsmatrix vorhandenen Fragen der (Selbst-) Reflexion nochmals durchgehen und man könnte nun ebenfalls mit den Reflexionen der SchülerInnen versuchen seinen Unterricht in der Zukunft zu optimieren. Es könnte z.B. sein, dass man durch das Feedback der Klasse feststellt, dass man den SchülerInnen für das Schreiben der Steckbriefe zu wenig Zeit zur Verfügung gestellt hat.

6.1. Planungsmatrizes zu Digitaler Unterricht

Schulstufe: Oberstufe, Anzahl der SchülerInnen: ca.25; Zeit: 4 Einheiten je 50 Minuten

Zeit/ Aufbau d. Stunde	Zielgruppe	Lehr- u. Lernziele	Thema/ Inhalt	Methoden	Medien	Anwendungen/ Aktivitäten d. Lehrenden	Rückkopplung/ Aktivitäten d. Lernenden	(Selbst-) Reflexion	Sonstiges
1.Einheit 10:00- 10:20	gesamte Klasse		Ein anderes Thema aus dem Biologieunterricht	Vortrag; Recherche	Computer (moodle)	Begrüßung; Erklärung der Einheit; via Beamer verschiedene Suchmaschinen vorstellen	Die SchülerInnen passen auf.	Hat die Begrüßung funktioniert? Wurde das Vorhaben der Stunde für jede/n SchülerIn verständlich erklärt? Verstehen die SchülerInnen das Recherchieren im Internet?	ggf. Klasse beruhigen, Zeit einplanen: Computer ein- und ausschalten
10:20- 10:50	Lernende	Die SchülerInnen lernen online fachwissenschaftliche Literatur zu recherchieren.	Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (pflanzliche Abwehr, Abwehrmechanismen, präformierte Abwehr, induzierbare Abwehr, konkrete Beispiele für Schutzmechanismen)	Recherche	Computer (moodle)	wandert durch den Raum; gibt Hilfestellungen; beantwortet Fragen; kontrolliert am Computer, ob alle SchülerInnen ihre Ergebnisse korrekt abspeichern; Verabschiedung	Die SchülerInnen recherchieren im Netz und speichern ihre Ergebnisse am Schulserver ab.	Werden die SchülerInnen mindestens zwei verschiedene Quellen zum Thema finden? Wenn ja, wo? Wenn nein, warum nicht?	

Zeit/ Aufbau d. Stunde	Zielgruppe	Lehr- u. Lernziele	Thema/ Inhalt	Methoden	Medien	Anwendungen/ Aktivitäten d. Lehrenden	Rückkopplung/ Aktivitäten d. Lernenden	(Selbst-) Reflexion	Sonstiges
2. Einheit 10:00- 10:05	gesamte Klasse		Vorstellen der Einheit	Vortrag	Tafel	Begrüßung, Erklärungen	aufmerksames Zuhören	Hat die Begrüßung funktioniert? Wurde das Vorhaben der Stunde für jede/n SchülerIn verständlich erklärt?	ggf. Klasse beruhigen, Zeit einplanen: Computer ein- und ausschalten
10:05- 10:50	Lernende	Die SchülerInnen analysieren und formulieren ihnen zur Verfügung gestellte Texte mit anthropomorphen Textstellen um.	Thema: „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (pflanzliche Abwehr, Abwehrmechanismen, präformierte Abwehr, induzierbare Abwehr, konkrete Beispiele für Schutzmechanismen)	Innerer Monolog	Computer (moodle)	wandert durch den Raum; gibt Hilfestellungen; beantwortet Fragen; kontrolliert am Computer, ob alle SchülerInnen ihre Ergebnisse korrekt abspeichern; Verabschiedung	Die SchülerInnen lesen die Texte und formulieren sie ggf. um und speichern sie auf dem Schulserver ab.	Werden die SchülerInnen die problematischen Stellen in den Texten finden? Ist das Sprachniveau der Schulstufe angemessen?	

Zeit/ Aufbau d. Stunde	Zielgruppe	Lehr- u. Lernziele	Thema/ Inhalt	Methoden	Medien	Anwendungen/ Aktivitäten d. Lehrenden	Rückkopplung/ Aktivitäten d. Lernenden	(Selbst-) Reflexion	Sonstiges
3.Einheit 10:00- 10:05	gesamte Klasse		Vorstellen der Einheit	Vortrag	Tafel	Begrüßung, Erklärungen	aufmerksames Zuhören	Hat die Begrüßung funktioniert? Wurde das Vorhaben der Stunde für jede/n SchülerIn verständlich erklärt?	ggf. Klasse beruhigen, Zeit einplanen: Computer ein- und ausschalten
10:05- 10:50	Lernende	Die Lernenden können selbstständig Informationen aus dem Internet ziehen. Die SchülerInnen sammeln Informationen und erstellen Steckbriefe.	Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (pflanzliche Abwehr, Abwehrmechanismen, präformierte Abwehr, induzierbare Abwehr, konkrete Beispiele für Schutzmechanismen)	Recherche	Computer (moodle)	wandert durch den Raum; gibt Hilfestellungen; beantwortet Fragen; kontrolliert am Computer, ob alle SchülerInnen ihre Ergebnisse korrekt abspeichern; Verabschiedung	die SchülerInnen arbeiten konzentriert; zeigen bei Fragen auf	Werden die Schüler die Informationen zu den Pflanzen finden? Haben die SchülerInnen die Aufgabe verstanden? Kommt es zur „conceptual reconstruction“?	

Zeit/ Aufbau d. Stunde	Zielgruppe	Lehr- u. Lernziele	Thema/ Inhalt	Methoden	Medien	Anwendungen/ Aktivitäten d. Lehrenden	Rückkopplung/ Aktivitäten d. Lernenden	(Selbst-) Reflexion	Sonstiges
4.Einheit 10:00- 10:05	gesamte Klasse		Vorstellen der Einheit	Vortrag	Tafel	Begrüßung, Erklärungen	aufmerksames Zuhören	Hat die Begrüßung funktioniert? Wurde das Vorhaben der Stunde für jede/n SchülerIn verständlich erklärt?	ggf. Klasse beruhigen, Zeit einplanen: Computer ein- und ausschalten
10:05- 10:50	Lernende	Die Lernenden erstellen ein Portfolio und reflektieren den digitalen Unterricht.	Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (pflanzliche Abwehr, Abwehrmechanismen, präformierte Abwehr, induzierbare Abwehr, konkrete Beispiele für Schutzmechanismen)	Recherche/ Reflexion	Computer (moodle)	wandert durch den Raum; gibt Hilfestellungen; beantwortet Fragen; kontrolliert am Computer, ob alle SchülerInnen ihre Ergebnisse korrekt abspeichern; Verabschiedung	die SchülerInnen arbeiten konzentriert; zeigen bei Fragen auf	Wird es für die SchülerInnen leicht sein alle Aufgaben zu einem Portfolio zusammenzustellen? Haben die SchülerInnen die Aufgaben verstanden?	Auf die Reflexion der Lernenden bei der Nachbereitung eingehen. Stichwort: „conceptual reconstruction“

7. Biologieunterricht als Fremdsprachenunterricht

Aufgrund der Tatsache, dass Englisch als Weltsprache in den letzten Jahrzehnten immer mehr an Bedeutung gewann, setzen einige Schulen besonders in der Oberstufe auf englischsprachigen Unterricht. Dabei werden beispielsweise LehrerInnen dazu aufgefordert mindestens ein Themengebiet auf Englisch zu unterrichten. In der Regel steht den Lehrenden während des Unterrichts ein sogenannter „native speaker“ zur Verfügung.

In der Vorbereitung auf einen Biologieunterricht in Englisch muss man als Lehrperson u.a. folgende Punkte beachten: Einerseits muss man sich damit beschäftigen, seine eigenen Englischkenntnisse ggf. aufzufrischen, damit beispielsweise grammatikalische Fehler beim Sprechen im Unterricht vermieden werden können. Andererseits müssen Wörter und Begriffe, die in den Biologiestunden zum Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ erwähnt werden, auf Englisch übersetzt werden, falls man die englische Termini nicht kennt. Des Weiteren sollte man sich mit den jeweiligen EnglischlehrerInnen der zu unterrichtenden Klassen in Verbindung setzen. Durch die Kooperation mit den SprachlehrerInnen erfährt man als BiologielehrerIn, welche SchülerInnen gut bzw. schwach in Englisch sind. Aufgrund dieses Wissens lässt sich der Unterricht pro Klasse individuell gestalten. Es kann durchaus passieren, dass z.B. in einigen Klassen das Gesagte oft auf Deutsch wiederholt werden muss; in anderen nicht. Generell stößt man mit einer Fremdsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht womöglich auf folgende Tatsache bzw. folgendes Problem. Wie bekannt, kommen die Lernenden bereits mit Vorstellungen über ein zu unterrichtendes Thema in den naturwissenschaftlichen Unterricht. Da es sich bei Englisch um eine Zweitsprache handelt, kann es durchaus passieren, dass die SchülerInnen mit ihren bereits vorhandenen Vorstellungen an Grenzen stoßen (das ist eine positive Erkenntnis) und aufgrund falsch verstandener englischer Vokabel neue falsche Vorstellungen kreieren, die, falls der Unterricht in Deutsch gehalten werden würde, nicht entstünden. Aus diesem Grund gilt es als Lehrender im Fremdsprachenunterricht besonders darauf zu achten, ob auf der einen Seite „conceptual reconstruction“ stattfindet und auf der anderen Seite durch ein vermehrtes Gegenfragen herauszufinden, ob die nun vorhandenen Vorstellungen der SchülerInnen den naturwissenschaftlichen Erklärungen entsprechen oder nicht. Falls man am Ende einer Einheit bzw. eines Themas in einer Klasse feststellt, dass die neu entstandenen

Vorstellungen der Lernenden nicht mit den Fakten übereinstimmen, so gilt es diese Unklarheiten in deutscher Sprache zu beseitigen.

Ein Biologieunterricht zum Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ kann wie folgt gestaltet werden. Zu Beginn der Einheit erklärt man der Klasse, dass das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ in englischer Sprache gehalten wird. Um SchülerInnen, die schwach in Englisch sind, nicht das Gefühl zu geben, dass man sie mit ihren Sprachproblemen allein lässt, sollten die Lehrenden den SchülerInnen auch zu verstehen geben, dass sie, sobald sie etwas nicht verstehen, nachfragen sollen. Da sich ein häufiges Nachfragen schwacher SchülerInnen schnell innerhalb einer Klasse zum Spott entwickeln kann, kann man als Lehrender dieser Situation damit entgegenwirken, das Besprochenen entweder kurz auf Deutsch zu wiederholen oder die Stundenwiederholungen auf Deutsch zu halten und dann jene SchülerInnen an die Reihe zu nehmen, die mit Englisch keine bis weniger Probleme haben. Anschließend obliegt es der Lehrperson den Unterricht zu gestalten. Falls man als Lehrender Probleme hat sich in Englisch frei und korrekt auszudrücken, sollte man in diesem Fall auf einen Lückentext zurückgreifen, der entweder durch den „native speaker“ oder durch eine/n EnglischlehrerIn korrigiert wurde. Beim Durcharbeiten des Textes sollen die SchülerInnen die jeweilige Übersetzung der nicht verstandenen Wörter bzw. Begriffe über diese, oder ins Heft schreiben. Sobald ein Absatz gemeinsam durchgearbeitet wurde, kann dieser seitens des Lehrenden auf Deutsch wiederholt werden. Falls man sich als BiologielehrerIn zutraut in Englisch frei sprechen zu können, dann kann der Unterricht als klassischer Frontalunterricht beispielsweise unter Nutzung einer Tafel gehalten werden. Zu Gruppenarbeiten auf Englisch ist nur zu raten, wenn sowohl die Lehrperson, als auch die jeweilige Klasse über gute Englischkenntnisse verfügen. Dem Argument, dass Gruppenarbeiten auch ohne gute Englischkenntnisse seitens der SchülerInnen im Unterricht gestaltet werden könnten, könnte durch den Hinweis darauf begegnet werden, dass die SchülerInnen viel Zeit benötigen würden, einzelne Wörter im Wörterbuch nachzuschlagen und man mit dem zu unterrichtenden Thema langsamer vorankommen würde.

In der Nachbereitung sollte man die in der Planungsmatrix vorhandenen Fragen der (Selbst-) Reflexion nochmals durchgehen um seinen Unterricht in der Zukunft optimieren zu können. Des Weiteren sollten die Lehrenden, falls ein „native speaker“ zur Verfügung steht, diesen fragen, was ihm an den Englischkenntnissen sowohl der

Klasse, als auch an ihnen als Lehrperson aufgefallen ist. Da man heute davon ausgehen kann, dass englischsprachiger Biologieunterricht in Schulen zunehmen wird, sollte man die Kritik des „native speaker“ ernst nehmen und ggf. an sich (weiter-) arbeiten.

7.1. Planungsmatrix zu Biologieunterricht als Fremdsprachenunterricht

Schulstufe: Oberstufe, Anzahl der SchülerInnen: ca.25; Zeit: 50 Minuten

Zeit/ Aufbau d. Stunde	Zielgruppe	Lehr- u. Lernziele	Thema/ Inhalt	Methoden	Medien	Anwendungen/ Aktivitäten d. Lehrenden	Rückkopplung/ Aktivitäten d. Lernenden	(Selbst-) Reflexion	Sonstiges
10:00- 10:05	gesamte Klasse		Vorstellen der Einheit	Vortrag	Tafel	Begrüßung, Erklärungen	aufmerksames Zuhören	Hat die Begrüßung funktioniert? Wurde das Vorhaben der Stunde für jede/n SchülerIn verständlich erklärt?	ggf. Klasse beruhigen
10:05- 10:45	Lernende	Die SchülerInnen verstehen das zu unterrichtende Thema in englischer Sprache. Die SchülerInnen können trotz der Fremdsprache korrekte Vorstellungen über das Thema kreieren.	Einführung in das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (pflanzliche Abwehr, Abwehrmechanismen, präformierte Abwehr)	Lückentext	Tafel	Wörter, die SchülerInnen nicht verstehen an die Tafel schreiben und erklären; Hilfestellung-für etwaige Fragen der SchülerInnen bereit sein	Die SchülerInnen arbeiten mit der Lehrperson gemeinsam den Lückentext aus. Ein Lernender liest und sobald eine Lücke kommt, sagt der Lehrende das passende Wort.	Wie gut sind die Englischkenntnisse der SchülerInnen? Haben sie auch durch die Übersetzungen vieler Wörter den Inhalt verstanden? Kommt es zur „conceptual reconstruction“?	Womöglich gibt es auch schüchterne SchülerInnen, die sich nicht trauen z.B. nicht verstandene englische Vokabel nachzufragen.

10:45-10:50	Lernende	Wissen festigen	Einführung in das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (pflanzliche Abwehr, Abwehrmechanismen, präformierte Abwehr)	Wiederholung; Diskussion	Tafel	Der Lehrende und der „native speaker“ versuchen alle Unklarheiten aus dem Weg zu räumen; Verabschiedung	Die SchülerInnen zeigen auf.	Werden viele Fragen gestellt? Was haben die SchülerInnen nicht verstanden? Wie war es für die Klasse einen Biologieunterricht in Englisch zu erleben? Sind im Laufe der Einheit Sprachfehler seitens der Lehrperson passiert?	falls nicht alles besprochen werden kann; SchülerInnen bitten sich ihre Fragen ins Heft zu notieren; Auf diese Fragen wird zu Beginn der nächsten Einheit eingegangen werden.
-------------	----------	-----------------	---	--------------------------	-------	---	------------------------------	---	---

8. Projekt: Mimosen

Die SchülerInnen sowohl der Unter- als auch der Oberstufe bekommen die Aufgabe Mimosen in kleine Töpfe anzupflanzen. Diese Töpfe werden entweder in einer Ecke des Klassenzimmer, in den Biologiesaal der Schule oder (außer der frostgefährdeten Zeit) wettergeschützt in den Schulgarten gestellt. Die SchülerInnen werden gebeten, die Pflanzen alle zwei bis drei Tage zu gießen. Die Lehrperson sollte die SchülerInnen hin und wieder daran erinnern, die Pflanzen zu gießen und auch selbst die Pflanzen kontrollieren. Für den Fall, dass einige Pflanzen eingehen, sollte man als Lehrender ebenfalls einige Mimosen anpflanzen und die SchülerInnen auf ihre Fehler bei der Handhabung mit Pflanzen hinweisen. Z.B. kann es durchaus passieren, dass die Lernenden die Pflanzen entweder zu wenig, oder zu viel gegossen haben. Eine andere Möglichkeit, warum Pflanzen eingehen, könnte auch sein, dass man die Pflanzen zu lang der Sonne ausgesetzt hat, sodass sie schnell vertrocknet sind.

Sinn dieses Projektes ist, dass die SchülerInnen über Wochen das Pflanzenwachstum beobachten sollen. Bei der Mimose werden die Lernenden schon bald bemerken, dass sich ihre Blätter zusammenklappen, sobald die Pflanze berührt wird. Sobald dies passiert, bekommen die SchülerInnen die Aufgabe, das Wachstum der Pflanze weiter zu beobachten und auch das Phänomen der einklappenden Blätter zu beschreiben. Die Heranwachsenden sollen Hypothesen aufstellen, warum es bei dieser Pflanze durch eine Berührung zu dieser Reaktion kommt. Da man dieses Projekt sowohl zeitgleich in der Unter-, als auch in der Oberstufe durchführen kann, hätte man nun die Möglichkeit zu sehen, wie stark sich die Vorstellungen der SchülerInnen die Mimose betreffend unterscheiden. In der Unterstufe würde man sich kindliche und in der Oberstufe pseudowissenschaftliche Erklärungen erwarten. Diese Vorstellungen kann man nun als Basis für den Einstieg in die Botanik verwenden. Die Lehrperson weiß nun, welche Vorstellungen die SchülerInnen bezüglich des Wachstums von Pflanzen und des bei der Mimose beobachteten Phänomens haben und kann nun den Unterricht je nach Klasse individuell gestalten. Darunter versteht man, dass der/die Lehrende mit Hilfe der bereits vorhandenen Vorstellungen geistige Brücken zu den SchülerInnen aufbauen kann und ihnen somit den Stoff verständlicher erklären kann. Dieses Vorgehen würde auch dazu beitragen, dass es bei den Lernenden, deren Vorstellungen angesprochen werden zu einem Aha-Effekt kommen würde. Falls man plant, dieses Projekt in jedem Schuljahr

sowohl mit einer Unterstufen- als auch mit einer Oberstufenklasse durchzuführen, könnte man über Jahre feststellen, wie sich die Vorstellungen zehn bis 18-jähriger Lernenden ändern. Es wäre interessant zu sehen, ob sich die Vorstellungen und Erklärungen der Heranwachsenden stark oder schwach über mehrere Jahre hinweg verändern. Anschließend kann man ebenfalls herausfinden was der Grund dafür wäre.

Generell sollte dieses Vorhaben auch mit der Schulleitung besprochen werden. Es könnte durchaus sein, dass DirektorInnen ein solches Projekt in ihren Schulen nicht dulden.

8.1. Planungsmatrix zu Projekt Mimosen

Schulstufe: Unter-/ Oberstufe, Anzahl der SchülerInnen: ca.25; Zeit: 50 Minuten

Zeit/ Aufbau d. Stunde	Zielgruppe	Lehr- u. Lernziele	Thema/ Inhalt	Methoden	Medien	Anwendungen/ Aktivitäten d. Lehrenden	Rückkopplung/ Aktivitäten d. Lernenden	(Selbst-) Reflexion	Sonstiges
10:00- 10:05	gesamte Klasse		Vorstellen der Einheit	Vortrag	Tafel	Begrüßung, Erklärungen	aufmerksames Zuhören	Hat die Begrüßung funktioniert? Wurde das Vorhaben der Stunde für jede/n SchülerIn verständlich erklärt?	ggf. Klasse beruhigen
10:05- 10:35	Lernende	Die SchülerInnen verstehen die Grundlagen der Botanik.	Einführung in die allgemeine Botanik und in das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (Struktur und Funktion von Pflanzen, pflanzliche Abwehr)	Diskussion	Tafel	nochmals mit den SchülerInnen über ihre Vorstellungen zum Thema besprechen; bei der Einführung in die Botanik mit Hilfe der Vorstellungen geistige Brücken zu den Lernenden aufbauen	Die SchülerInnen diskutieren und stellen ihre Beobachtungen und Vorstellungen vor.	Werden sich die Vorstellungen der SchülerInnen seit der letzten Biologiestunde verändert haben? Falls ja, wie? Kommt es zur „conceptual reconstruction“? Kann man schon einen Aha- Effekt bei den Lernenden erkennen?	In jeder vorherigen Biologiestunde soll über das Projekt gesprochen und diskutiert werden. Dadurch lassen sich auch die Vorstellungen der SchülerInnen sammeln.

10:35-10:50	Lernende	Wissen festigen	Einführung in die allgemeine Botanik und in das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (Struktur und Funktion von Pflanzen, pflanzliche Abwehr)	Vortrag	Tafel	je nach Schulstufe: Unterstufe: schreibt an die Tafel; Powerpoint, man diktiert Oberstufe: zusammenfassen (die SchülerInnen sollen mitschreiben); Verabschiedung	Die SchülerInnen zeigen bei Fragen auf. Die SchülerInnen schreiben ins Heft.	Haben die SchülerInnen das Besprochene verstanden? Sind die Lernenden womöglich verwirrt?	
-------------	----------	-----------------	---	---------	-------	--	--	---	--

9. Biologieunterricht im Freiland

Falls man mitten in einer Großstadt z.B. in Wien unterrichtet, sollte man bei der Planung eines Biologieunterrichtes im Freiland auf Folgendes achten. Zu Beginn muss man die Erlaubnis der Schulleitung und anschließend die der Eltern der SchülerInnen über einen bevorstehenden Lehrausgang einholen.

Als nächsten Schritt sollte man planen, wie lange man vom Schulgebäude bis hin zu jenem Ort braucht, an dem der Unterricht stattfinden soll. I.d.R. kann die Zeit der Anreise je nach Standort der Schule bis zu einer Stunde dauern. Je nach Schulstufe muss man als Lehrender die SchülerInnen wieder bis zum Schulgebäude begleiten oder kann sie vor Ort entlassen.

Außerdem muss man sich überlegen, wie man ggf. den Unterricht kürzen muss, falls es auf dem Weg seitens der öffentlichen Verkehrsmittel zu technischen Gebrechen kommt. Falls man mit öffentlichen Verkehrsmittel unterwegs sein wird, sollten die SchülerInnen darauf aufmerksam gemacht werden, Fahrscheine an jenem Tag mitzubringen. (Dies kann vor der Abreise durch die Lehrenden kontrolliert werden). Des Weiteren sollte man sich ebenfalls einen Plan B überlegen, falls das Wetter an diesem Tag unpassend ist und es beispielsweise stark regnet. Nun stünden mehrere Möglichkeiten zur Auswahl. Einerseits könnte man den Lehrausgang nach hinten verschieben und mit diesem Vorgehen womöglich KollegInnen, welche dieselbe Klasse unterrichten, verärgern (aufgrund z.B. anstehender Schularbeiten der Klasse) oder den Lehrausgang ganz streichen. Falls man sich dazu entschließt, den Ausflug weiter nach hinten zu verschieben, dann kann im regulären Biologieunterricht der zu unterrichtende Stoff fortgesetzt werden. Wenn man sich jedoch dafür entscheidet, den Freilandunterricht zu streichen, sollte man sich überlegen, um Enttäuschungen seitens der SchülerInnen zu vermeiden, wie man das Freiland ins Klassenzimmer holen könnte. Besitzt die Schule z.B. über einen Schulgarten, dann können dort Pflanzen wie z.B. Mimosen entweder selbst gezüchtet werden (s. oben), oder beispielsweise Schilfpflanzen (auch im getrockneten Zustand) gelagert werden. Anschließend soll im Unterricht, je nachdem ob man mit dem Freilandunterricht in das Thema einsteigen will oder damit beenden möchte, über diese Pflanzen diskutiert werden.

Des Weiteren müsste man nicht unbedingt während des Schuljahres einen Lehrausgang planen. Man könnte einen solchen Lehrausgang auch ans Ende des Schuljahres setzen. I.d.R. verbringen die SchülerInnen die letzte Woche des Schuljahres mehr oder weniger mit Freizeit. Hier könnte man die Möglichkeit ergreifen, den während des Schuljahres besprochenen Stoff im Freiland zu wiederholen ohne dass sich Termine seitens der SchülerInnen und der anderen LehrerInnen der Klasse überschneiden. Da es sich bei diesem Lehrausgang sozusagen um eine Wiederholung handelt, kann man neben der Struktur und Funktion der Pflanzen auch das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ wiederholen.

Generell gilt während eines Lehrausganges, dass SchülerInnen mit Hilfe eines Klemmbrettes versuchen sollen, den Stoff mitzuschreiben. Außerdem könnte man den Lernenden auch die Aufgabe geben, die zu besprechenden Pflanzen zu skizzieren. Je nach Schulstufe können die Mitschriften der Heranwachsenden durch die Lehrperson eingesammelt werden, sodass sie bis zur nächsten Einheit, in welcher der Freilandunterricht nachbereitet wird, nicht verloren gehen. Eine Nachbereitung mit der Klasse kann wie folgt aussehen. Man wiederholt mit der gesamten Klasse, welche Erkenntnisse die Heranwachsenden gewonnen haben. Des Weiteren bietet eine Diskussion auch die Möglichkeit durch gezieltes Fragen des Lehrenden festzustellen, ob es zur „conceptual reconstruction“ seitens der Lernenden kam oder nicht.

Während eines Lehrausganges sollte die Lehrperson versuchen die SchülerInnen z.B. während ihres Vortrages zu beobachten und festzustellen ob es zur „conceptual reconstruction“ kommt. Hierbei spielt es keine Rolle, ob der Freilandunterricht als Einstieg oder als Abschluss des Themas dient. Es ist davon auszugehen, dass mehr SchülerInnen einen Aha-Effekt haben werden, wenn der Freilandunterricht als Einführung in das Thema konzipiert wird. Nichtsdestotrotz können Heranwachsende einen solchen Effekt auch zeigen, wenn man den Stoff in der Schule bereits durchgenommen hat. Falls dies der Fall sein sollte, dann könnte man durch Gegenfragen herausfinden, warum es bei einigen SchülerInnen erst jetzt zu diesem Effekt gekommen ist. Diese Erkenntnis würde der Lehrperson dazu dienen, ihren Unterricht hinsichtlich der „conceptual reconstruction“ verbessern zu können.

In der Nachbereitung sollte man die in der Planungsmatrix vorhandenen Fragen der (Selbst-) Reflexion nochmals durchgehen um seinen Unterricht in der Zukunft optimieren zu können. Ggf. könnte man im Freilandunterricht festgestellt haben, dass es für SchülerInnen leichter ist Abwehrmechanismen von Pflanzen in der freien Natur besser zu verstehen.

Eine andere Möglichkeit des Freilandunterrichtes wäre eine Kooperation der LehrerInnen bzw. der Schule mit der Universität. Die Universität Wien bietet im Rahmen des Lehramtsstudiums StudentInnen die Möglichkeit Unterricht im Freien zu gestalten. Hier werden die SchülerInnen seitens der StudentInnen in mehrere Gruppen (i.d.R. in Zweiergruppen) eingeteilt. Nun werden die Lernenden gebeten, falls sie mit einer Station fertig sind, zur Nächsten zu gehen. Wie die angehenden LehrerInnen dies planen und umsetzen ist von Jahr zu Jahr verschieden. Die SchülerInnen haben nun die Möglichkeit sich sowohl mit Zoologie oder Geologie als auch mit Botanik zu beschäftigen. Dabei kann es z.B. eine Station für Totholz als Lebensraum geben, oder eine Station zu „Abwehrmechanismen von Pflanzen“. Die LehrerInnen der jeweiligen Klassen haben nun die Chance ihre SchülerInnen individuell beobachten zu können und anhand dem Gesagten, Gestik und Mimik der Heranwachsenden festzustellen, ob es zur „conceptual reconstruction“ kommt. Ob sich die Vorstellungen der SchülerInnen ändern, lässt sich beispielsweise dadurch erahnen, dass sie auf naturwissenschaftliche Fakten sehr erstaunt reagieren oder versuchen sich das Gesagte selbst zu erklären bzw. in der Oberstufe kritisch hinterfragen.

Eine andere Kooperation mit der Universität Wien wäre eine Kooperation mit dem Botanischen Garten der Universität. Hier besteht die Möglichkeit, dass sich die Lehrenden bei der „Grünen Schule im Botanischen Garten“ melden. Auch hier bekämen SchülerInnen die Möglichkeit sich dem Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ zu beschäftigen.

9.1. Planungsmatrix zu Biologieunterricht im Freiland

Schulstufe: Unter-/ Oberstufe, Anzahl der SchülerInnen: ca.25; Zeit: 290 Minuten

Zeit/ Aufbau d. Stunde	Zielgruppe	Lehr- u. Lernziele	Thema/ Inhalt	Methoden	Medien	Anwendungen/ Aktivitäten d. Lehrenden	Rückkopplung/ Aktivitäten d. Lernenden	(Selbst-) Reflexion	Sonstiges
09:00- 09:05	gesamte Klasse			Vortrag		Begrüßung, Erklärungen; eventuell vor dem Schulgebäude laut sprechen	aufmerksames Zuhören	Hat die Begrüßung funktioniert? Wurde das Vorhaben der Stunde für jede/n SchülerIn verständlich erklärt?	am Ende des Schuljahres; ggf. Klasse beruhigen;
09:05- 09:50	Lernende					darauf achten, dass SchülerInnen beisammenbleiben	Die SchülerInnen benehmen sich während der Fahrt anständig.	Werden sich die SchülerInnen benehmen? Hat jeder seinen Fahrschein gelöst? Weiß jeder SchülerIn, wo man aussteigen muss?	Hinfahrt

09:50-09:55	Lernende	Die SchülerInnen wiederholen die Grundlagen der Botanik und die Abwehrmechanismen von Pflanzen.	Allgemeine Botanik und Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (Struktur und Funktion von Pflanzen, pflanzliche Abwehr, Abwehrmechanismen, präformierte Abwehr, induzierbare Abwehr, konkrete Beispiele für Schutzmechanismen)	Vortrag		Aufgaben erklären; laut sprechen; darauf achten, dass sich die SchülerInnen Notizen machen	Die SchülerInnen passen auf und schreiben mit.	Wird mich jeder SchülerIn verstehen? Spreche ich laut genug? Sind die Aufgaben klar formuliert?	ggf. Klemmbretter (Eigentum der Schule) austeilen
09:55-11:00	Lernende	Die SchülerInnen skizzieren einzelne Pflanzen und beschreiben die Struktur und Funktion sowie die Abwehrmechanismen dieser Pflanzen.	Einführung in die allgemeine Botanik und in das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (Struktur und Funktion von Pflanzen, pflanzliche Abwehr, Abwehrmechanismen, präformierte Abwehr, induzierbare Abwehr, konkrete Beispiele für Schutzmechanismen)	Gruppenarbeit	Papier	Alle SchülerInnen im Blick behalten; zwischen den Gruppen gehen und Fortschritt beobachten; Hilfestellungen geben, Fragen beantworten	Die SchülerInnen zeichnen und diskutieren miteinander	Welche Vorstellungen haben die SchülerInnen? Wird es Überschneidungen geben? Woher kommen diese Vorstellungen? Kommt es zur „conceptual reconstruction“?	

11:00-11:15	Lernende					Die SchülerInnen im Blick behalten.	Die SchülerInnen machen Pause.	Werden sich die SchülerInnen auch in der Pause über das in der Gruppe Besprochene diskutieren?	Pause
11:15-12:15	Lernende	Die SchülerInnen stellen ihre Ausarbeitungen vor	Einführung in die allgemeine Botanik und in das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (Struktur und Funktion von Pflanzen, pflanzliche Abwehr, Abwehrmechanismen, präformierte Abwehr, induzierbare Abwehr, konkrete Beispiele für Schutzmechanismen)	Vortrag	Plakat	hört aufmerksam zu; stellt nach Vortrag inhaltliche Fragen; bessert etwaige Fehler aus	Die SchülerInnen sprechen laut, sodass sie jeder hören kann	Wie werden die Mitschüler auf die präsentierten Vorstellungen reagieren? Entsprechen die Vorstellungen meinen Erwartungen? Kommt es zur „conceptual reconstruction“?	ggf. Klasse beruhigen

12:15-12:40	Lernende	Die SchülerInnen wiederholen den Stoff.	Einführung in die allgemeine Botanik und in das Thema „Abwehrmechanismen von Pflanzen“ (Struktur und Funktion von Pflanzen, pflanzliche Abwehr, Abwehrmechanismen, präformierte Abwehr, induzierbare Abwehr, konkrete Beispiele für Schutzmechanismen)	Diskussion	Plakat	stellt Fragen zu den Vorstellungen der SchülerInnen und wie sie sich verändert haben; leitet Wiederholung	Die SchülerInnen antworten auf Fragen	Wie haben sich die Vorstellungen der SchülerInnen verändert? Woher kommen diese Vorstellungen? Kommt es zur „conceptual reconstruction“?	
12:40-13:50	Lernende					darauf achten, dass SchülerInnen beisammenbleiben; einige SchülerInnen bereits vorher entlassen	Die SchülerInnen benehmen sich während der Fahrt anständig.	Werden sich die SchülerInnen benehmen? Hat jeder seinen Fahrschein gelöst? Weiß jeder SchülerIn, wo man aussteigen muss? Verabschiedung	Rückfahrt ca. 40 Minuten; 30 Minuten Puffer

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Schlafapfel, Quelle: https://pixabay.com/de/photos/pflanzengalle-rosenschlafapfel-693919/ (15.10.2019)	11
Abbildung 2: <i>Nepenthes bicalcarata</i> , Quelle: https://pixabay.com/de/photos/kannenpflanze-nepenthes-bicalcarata-3362417/ (16.10.2019)	15
Abbildung 3: Schilfeule (<i>Archanara geminipuncta</i>), Quelle: Ben Sale, CC BY 2.0 , https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/%282370%29_Twin-spotted_Wainscot_%28Archanara_geminipuncta%29_%286009039511%29.jpg (27.10.2019)	17
Abbildung 4: Maiswurzelbohrer (<i>Diabrotica virgifera</i>), Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/Western_corn_rootworm.jpg?selang=de (27.10.2019)	18
Abbildung 5: <i>Mimosa pudica</i> , Quelle: https://pixabay.com/de/photos/mimose-pflanze-pfl%C3%A4nzchen-1381958/ (27.10.2019)	20
Abbildung 6: Raupe des Tabakschwärmers, Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2e/Tobacco_hornworm_1.jpg (27.10.2019)	21
Abbildung 7: Grauer Lärchenwickler (<i>Zeiraphera diniana</i>), Quelle: Hectonichus, CC BY-SA 3.0 , https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/81/00_20130811_la_thuille-108.jpg (27.10.2019)	22

LITERATURVERZEICHNIS

Volker *Arzt*, Kluge Pflanzen. Wie sie locken und lügen, sich warnen und wehren und Hilfe holen bei Gefahr (München 2009).

Michael *Begon*, Robert W. *Howarth*, Colin R. *Townsend*, Ökologie (Heidelberg 2017).

Vera F. *Birkenbihl*, Trotzdem lernen (München 2015).

Blattbewegungen der Mimose, online unter:

<<https://www.bg.uzh.ch/de/fundgrube/pflanzenvonnah/mimose.html>> (17.10.2019).

Botanische Gärten der Universität Bonn. Karnivore Pflanzen, online unter:

<http://www.botgart.uni-bonn.de/o_samm/karni/nepenthes.php> (16.10.2019).

Reinders *Duit*, Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In: Ernst *Kircher*, Werner B. *Schneider* (Hg.), Physikdidaktik in der Praxis (Berlin/Heidelberg/New York/Barcelona/Hongkong/London/Mailand/Paris/Tokio 2002) 1-26.

Manfred A. *Fischer*, Karl *Oswald*, Wolfgang *Adler*, Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol (Linz 2008).

Adrian *Furnham*, 50 Schlüsselideen Psychologie (Heidelberg 2010).

Hartmut *Giest*, Zur Didaktik des Sachunterrichts. Aktuelle Probleme, Fragen und Antworten, (Potsdam 2009).

Andreas *Hartinger*, Interesse entwickeln. In Joachim *Kahlert*, Maria *Fölling-Albers*, Margarete *Götz*, Andreas *Hartinger*, Susanne *Miller*, Steffen *Wittkowske* (Hg.), Handbuch Didaktik des Sachunterrichts (Bad Heilbrunn 2015) 113-117.

Angela *Jonen*, Kornelia *Möller*, Ilonca *Hardy*, Lernen als Veränderung von Konzepten. Am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In: Diethard *Cech*, Hans-Joachim *Schwier* (Hg.), Lernwege und Aneignungen im Sachunterricht (Bad Heilbrunn 2003) 93-108.

Ulrich *Kattmann*, Harald *Gropengießer*, Aufgabe der Fachdidaktik Biologie. In: Harald *Gropengießer*, Ulrich *Kattmann* (Hg.), Fachdidaktik Biologie. Begründet von Dieter *Eschenhagen*, Ulrich *Kattmann* und Dieter *Rodi* (Köln 2008) 2-10.

Lehrpläne, online unter:

<<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568&FassungVom=2018-09-01>> (20.10.2019).

Astrid *Lux-Endrich*, Effekte von biotischen Elicitoren auf den Phenolstoffwechsel von Zellsuspensionskulturen des Apfels (*Malus domestica*) (München 1998).

Mais. *Zea mays*, online unter:

<<http://www.pflanzenforschung.de/de/themen/pflanzen-im-fokus/mais/>> (17.10.2019).

Maiswurzelbohrer, online unter: <[https://www.e-](https://www.e-nema.de/service/lexikon/maiswurzelbohrer)

[nema.de/service/lexikon/maiswurzelbohrer](https://www.e-nema.de/service/lexikon/maiswurzelbohrer)> (17.10.2019).

Stefano *Mancuso*, Alessandra *Viola*, Die Intelligenz der Pflanzen (München 2015).

Ulrich *Maschwitz*, Georg *Zizka*, Brigitte *Fiala*, Marlis *Merbach*, Warum eine Baumameise das Tauschen lernte. Eine außergewöhnliche Partnerschaft zwischen Tier und Fleisch fressender Pflanze. In: *Seckenberg-natur.forschung.museum* 143, H.11/12 (2013) 354-365.

Max-Planck-Gesellschaft, Aufregende Chemie. Verteidigungsstrategien im Pflanzenreich. In: *Biomax* H.7 (1999) 1-4, online unter:

<https://www.ice.mpg.de/ext/fileadmin/extranet/common/documents/Biomax_7.pdf> (17.10.2019).

Max-Planck-Gesellschaft, Kontrollierter Vielfraß. Wie Pflanzen ihre Schädlinge austricksen. In: *Biomax* H.17 (2005) 1-4, online unter:

<https://www.ice.mpg.de/ext/fileadmin/extranet/common/documents/Biomax_17.pdf> (17.10.2019).

Wolfgang *Nentwig*, Insektenbefall. In: Christian *Brunold*, Adrian *Rüegsesser*, Roland *Brändle* (Hg.), *Stress bei Pflanzen. Ökologie, Physiologie, Biochemie, Molekularbiologie* (Bern/Stuttgart/Wien 1996) 309-324.

Wolfgang *Nentwig*, Sven *Bacher*, Roland *Brandl*, *Ökologie kompakt* (Berlin 2017).

Planungsmatrix zur prozessorientierten Unterrichtsplanung, online unter:

<https://static.uni-graz.at/fileadmin/gewi-arbeitsbereiche/fachdidaktik/Broschuere/Unterrichtsplanung_Matrix_NEU_101018__1_.pdf> (26.10.2019).

Pseudomyrmecine ants associated with specialized ant-plants, online unter:

<<https://wardlab.wordpress.com/research/pseudomyrmecinae/ant-plants/>> (15.10.2019).

Sibylle *Reinfried*, Christian *Mathis*, Ulrich *Kattmann*, Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung von Unterricht. In: Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung 27, H.3 (2009) 404-414.

Joachim *Reisch*, Waldschutz und Umwelt (Berlin/Heidelberg 1974).

Adrian *Rüegsegger*, UV-B Strahlung. In: Christian *Brunold*, Adrian *Rüegsegger*, Roland *Brändle* (Hg.), Stress bei Pflanzen. Ökologie, Physiologie, Biochemie, Molekularbiologie (Bern/Stuttgart/Wien 1996) 103-118.

Thomas M. *Smith*, Robert L. *Smith*, Ökologie (München 2009).

Norbert *Sommer-Stumpenhorst*, Rechtschreiben. In: Ulrich *Heimlich*, Franz B. *Wember* (Hg.), Didaktik des Unterrichts im Förderschwerpunkt Lernen. Ein Handbuch für Studium und Praxis (Stuttgart 2007) 206-228.

Spektrum Lexikon der Biologie. Gen-für-Gen-Konzept, online unter: <<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/gen-fuer-gen-konzept/27313>> (15.10.2019).

Spektrum Lexikon der Biologie. Pflanzliche Abwehr, online unter <<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/pflanzliche-abwehr/50728>> (15.10.2019).

Spektrum Lexikon der Biologie. Phytoalexine, online unter: <<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/phytoalexine/51632>> (14.10.2019).

Teja *Tscharntke*, Die Auswirkungen der Herbivore auf Wachstum und Konkurrenzfähigkeit von Pflanzen. In: Bernhard *Schmid*, Jürg *Stöcklin* (Hg.), Populationsbiologie der Pflanzen (Basel/Boston/Berlin 1991) 254-280.

Michael *Vogel*, Ökologische Untersuchungen in einem *Phragmites*-Bestand. In: Berichte der ANL 8 (1984) 130-166.

Ewald *Weber*, Das kleine Buch der botanischen Wunder (München 2012).

ANHANG

Zusammenfassung

Die Diplomarbeit behandelt Stundenplanungen zum Thema Schutzmechanismen von Pflanzen. Dementsprechend liegt der Schwerpunkt der Arbeit auf Abwehrmechanismen von Pflanzen und der Umsetzung dieses Themas im Unterricht. Im theoretischen Teil dieser Arbeit wird Folgendes erläutert: Pflanzliche Abwehr, Abwehrmechanismen bei Pflanzen sowie konkrete Beispiele für Schutzmechanismen. Des Weiteren wird der Unterschied zwischen „conceptual change“ und „conceptual reconstruction“ behandelt. Zusätzlich wird auf die Themen Interesse und Neugier eingegangen.

Der zweite Teil der Arbeit beschäftigt sich sowohl mit der Behandlung von Abwehrmechanismen von Pflanzen im Biologieunterricht als auch mit Stundenplanungen. Insgesamt werden acht verschiedene Möglichkeiten besprochen, wie man dieses Thema im Unterricht umsetzen kann, wie beispielsweise im digitalen Unterricht. Zu jeder Umsetzung ist auch eine Planungsmatrix einer bzw. mehrerer Schulstunden vorhanden. Bei diesen Planungsmatrizen handelt es sich um Beispiele, wie der Unterricht über Schutzmechanismen von Pflanzen geplant werden kann.