



Seminararbeit

Thema: Bau und Beobachtung eines hermetisch abgeschlossenen Biotops

Verfasser/in: Rebecca Kopf
 Leitfach: Physik
 Seminarkürzel: 2PH_W
 Lehrkraft: Dr. Thomas Grillenbeck

Abgabe der schriftlichen Arbeit am:

[Datumsstempel Sekretariat]

Präsentation mit Prüfungsgespräch am:

____.____. 20____

Bewertung	Note	in Worten	Punkte		Punkte
schriftliche Arbeit				x 3	
Abschlusspräsentation				x 1	
Summe					
Gesamtleistung nach § 29 (7) GSO = Summe : 2 (gerundet)					

 Unterschrift der Lehrkraft

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Definitionen	2
2.1 Terrarium.....	2
2.2 Biotop.....	2
3. Versuch	3
3.1 Grundidee.....	3
3.2 Vorversuch mit Einmachgläsern.....	4
3.2.1 Versuchsaufbau.....	4
3.2.2 Beobachtung.....	5
3.3 Versuch mit Aquarium.....	5
3.3.1 Versuchsaufbau.....	5
3.3.2 Beobachtung.....	7
3.4 Material und Versuchserläuterung.....	12
3.5 Fazit.....	15
4. Bezug zur Erde	15
5. Schluss	17
6. Anhang	19
6.1 Inhaltlicher Anhang.....	19
6.1.1 Substrate.....	19
6.1.2 Pflanzen.....	20
6.4 Bildanhang.....	32
6.2 Literaturverzeichnis.....	36
6.3 Bildquellen.....	38
6.5 Erklärung der eigenständigen Erstellung.....	38

1. Einleitung

Die Erde wird wärmer und die Schäden, die dadurch entstehen, werden größer und sichtbarer. Die Ursachen hierfür sind vielfältig. Die Menschheit sucht nach einer Lösung. Viele Menschen wollen die schöne Natur, aber ebenso einen hohen Lebensstandard beibehalten. Die Lebens-



grundlagen auf der Erde verändern sich sichtbar schneller und für die Menschheit dramatischer, als es erwartet wurde und die Menschen beginnen sich nach Alternativen umzusehen. Vielleicht ziehen die Menschen eines Tages auf eine „neue“ Erde, in einer heute noch fremden Galaxie? Was heute noch Fiktion ist, kann morgen schon Realität sein. Die Frage ist, wie schnell findet die Menschheit Lösungen für dieses Problem.

Das Raumfahrtunternehmen NASA hat vor, schon gegen Mitte der 2030er Jahre, die ersten Menschen auf den Mars zu schicken (Simon et al., 2017). Es gibt bereits Menschen, die beschlossen haben auf den Mars zu ziehen. Die NASA und andere Organisationen arbeiten bereits seit Jahren an der Realisierung. Der Mars, das wissen wir aus der Weltraumforschung, ist bekanntermaßen nicht der lebensfreundlichste Planet. Um auf dem Mars leben zu können fehlt es an lebenswichtigen Versorgungsmöglichkeiten. Eine Lösung dafür können Marshabitate sein. Dabei handelt es sich um abgeschlossene Systeme, die vollständig nachhaltig sind und somit ein Leben auf dem Mars möglich machen sollen (Simon et al., 2017). Nichtsdestotrotz wollen die meisten Menschen auf der Erde bleiben und diese nicht ohne weiteres aufgeben. Doch die Zeichen des Klimawandels sind bereits jetzt deutlich sichtbar. In manchen Gegenden sind Schäden an der Natur und Nahrungsmangel, aufgrund von Dürren, Fluten, starken Stürmen und Insektenplagen bereits jetzt existenzbedrohend.

Einen möglichen Lösungsansatz aufzuzeigen, für diejenigen, die auf der Erde bleiben wollen, ist Gegenstand dieser Arbeit. Die Idee der Marshabitate können wir wesentlich einfacher auf der Erde realisieren und möglicherweise großen Nutzen daraus ziehen.

2. Definitionen

Während ich mich damit befasst habe, ein hermetisch abgeschlossenes System zu erstellen, stellte ich schnell fest, dass es keinen Begriff gibt, der meine Arbeit passend beschreibt. Deshalb definiere ich im Folgenden einige Begriffe genauer.

2.1 Terrarium

In dieser Arbeit wird ein Terrarium als ein Behältnis mit Wasser, Steinen, Erde, Pflanzen, und eventuell kleinen Tiere definiert. Es gibt vier verschiedene Formen eines Terrariums:

Das **offene Terrarium** ist immer geöffnet und muss regelmäßig gegossen werden. Ohne Probleme können abgestorbene Pflanzenteile entfernt werden.

Ein **halb geschlossenes Terrarium** ist geschlossen, muss aber regelmäßig für einige Tage offenstehen und tauscht Sauerstoff mit der Umgebung aus. Es kann wie ein offenes Terrarium gepflegt werden.

Die dritte Form ist ein **geschlossenes Terrarium**, das hauptsächlich geschlossen bleibt, aber jederzeit geöffnet werden kann, um kranke Pflanzen zu entfernen, die Feuchtigkeit zu regulieren oder sonstige Veränderungen durchzuführen.

Die vierte Form ist ein **hermetisch geschlossenes Terrarium**, das nach der Schließung nicht erneut geöffnet wird. Sobald es geöffnet wird, ist der Zeitraum, in dem das Terrarium ein hermetisch geschlossenes System ist, beendet. Wenn es wieder hermetisch geschlossen wird, beginnt eine neue Zeitspanne. Mein Versuch verkörpert diese vierte Variante und wird in dieser Arbeit auch oft als „Biotop“ bezeichnet.

Im Weiteren wird, der Einfachheit halber, wenn von einem „geschlossenem System“ gesprochen wird von einem hermetisch abgeschlossenen System gesprochen.

2.2 Biotop

In der Biologie ist das Biotop „ein räumlich begrenzter Lebensraum, der eine angepasste Lebensgemeinschaft beherbergt. Das [Biotop] ist geprägt durch eine

spezielle Kombination von abiotischen Umweltfaktoren¹ und hebt sich dadurch von benachbarten Lebensräumen ab. (...) Ein [Biotop] kann z.B. eine Hecke oder ein Tümpel sein“ (Dip.-Biol. Brechner, Dr. Dinkelaker, & Dr. Dreesmann, 2019).

In dieser Arbeit wird ein Biotop als ein künstlich hergestelltes und hermetisch abgeschlossenes System definiert, das sich nicht nur durch sein Mikroklima² und seine Mikroorganismen³ von der Umwelt abgrenzt, sondern vollständig unabhängig von natürlicher Beleuchtung, dem globalen Wasser- und Sauerstoffkreislauf sowie Winden ist.

3. Versuch

3.1 Grundidee

Unsere Erde ist ein sehr komplexer Planet. Es gibt viele zusammenhängende Kreisläufe, bei denen wir erst am Anfang stehen, diese zu verstehen. Das beginnt bei kleinsten Symbiosen, wie zwischen Pilzen und Algen, welche zusammen eine Flechte bilden, bis hin zu den komplexen, global zusammenhängenden Systemen, wie dem Temperatur-, Wind-, und Wassersystem. Die Möglichkeit, dieses sehr komplizierte System vereinfacht in einem kleinen hermetisch abgeschlossenen Behälter in einem Zimmer stehen zu haben und untersuchen zu können ist sehr interessant.

Meine Idee war es, ein Biotop zu bauen, welches, mit möglichst wenig Einfluss von außen, einen selbsterhaltenden Kreislauf bildet. Auf der Suche nach Ideen dazu, bin ich auf einen Forschungszweig der Biologie und Raumfahrt gestoßen, welcher sich genau mit meinem Thema zu beschäftigen scheint. Der Forschung an Marshabitaten. Denn Marshabitats sind Systeme, die von der Außenwelt abgeschlossen sind und die Bewohner durch einen 100% nachhaltigen Kreislauf am Leben halten können. Diese sollen in Zukunft Wissenschaftlern und Astronauten, aber auch

¹Unbelebte Umweltfaktoren, die von Tieren weder verursacht noch beeinflusst werden können und in keiner Wechselbeziehung zu einander stehen. (z.B. Licht, Wassermenge, Sauerstoffversorgung), (Dr.Henn-Sax, o. J.)

²Ein Klima im Bodenbereich bis zur Höhe von 2 Metern oder ein klar abgegrenzter Bereich(Wachtel, 2019).

³Kleinstlebewesen, die aus einzelnen Zellen oder Zellaggregaten bestehen (Dipl.-Biol. Elke Brechner, Dr. Dinkelaker, & Dr. Dreesmann, 2001b).

Zivilisten den Aufenthalt auf dem Mars ermöglichen (Simon et al., 2017). Die Beschäftigung mit abgeschlossenen Systemen ist somit aktuell in der heutigen Forschung. Das hat mich dazu bewogen mein Terrarium hermetisch abzuschließen. Der größte Versuch bislang solch ein von Menschen bewohntes Habitat zu bauen und zu betreiben, war das Projekt Biosphäre 2. In diesem Projekt haben 8 Personen auf 1,27 Hektar gelebt. Zu Beginn des Versuchs war eine langfristige Bewohnung geplant. Da mitunter der CO_2 Gehalt nach einiger Zeit gesundheitsgefährdend für die Bewohner wurde, hat man beschlossen den Versuch nach zwei Jahren frühzeitig zu beenden

(Severinghaus, Broecker, Dempster, MacCallum, & Wahlen, 1994). Nachdem viele Wissenschaftler nach jahrelanger Forschung daran gescheitert sind, ein Biotop zu schaffen, wurde in dieser Arbeit beschlossen, die Psychologie und Physiologie komplexer Lebewesen von dem Versuch auszunehmen. Dadurch

spezialisiert sich die Arbeit auf einen geschlossenen Kreislauf mit Pflanzen und in der Erde lebenden Organismen. Das Spannende an dem Versuch ist, dass eine eigene Biosphäre entsteht, die sich von der Erde unterscheidet und somit wie ein Ort auf einem fremden Planeten ist.



Abbildung 2: Naturhistorisches Museum in Wien, Teil eines Modells der Biosphäre 2

3.2 Vorversuch mit Einmachgläsern

3.2.1 Versuchsaufbau

Um erste Erfahrungen mit geschlossenen Terrarien zu sammeln, wurden schon kurz nach Vergabe des Themas drei Einmachgläser als Terrarien gestaltet und hermetisch verschlossen. Es war mir wichtig, diese Terrarien über mehrere Monate zu beobachten, bevor ich mit dem



Abbildung 3: Biotop Einmachgläser

eigentlichen Versuch begann, um ein Gefühl für geschlossene Terrarien zu bekommen.

Ich ging dabei folgendermaßen vor:

Die unterste Schicht bildete die Drainage⁴ aus verschiedenen Steinen und sandigem Untergrund. Darüber kam Erde mit verschiedenen Pflanzen aus dem Garten. Die Erde wurde mit den Pflanzen entnommen, sodass sie ihr natürliches Mikroklima beibehielten. Das erste Glas enthielt einen Farn, das zweite Hauswurz und das dritte Moos mit einem Rindenstück. Zu der Hauswurz wurde keine Erde hinzugegeben, da sie in ihrer natürlichen Umgebung auf steinigem Grund wächst.

3.2.2 Beobachtung

Die Pflanzen sahen bereits nach drei Tagen sehr mitgenommen aus. Die Hauswurz verlor ihre Farbe und wurde glasig. Der Farn wurde braun und das Moos hatte sich kaum verändert. Schon zu Beginn boten die Gläser nur wenig Platz für ein Wachstum der Pflanzen. Hinzu kam, dass es sich als schwierig erwies, die Pflanzen durch die stark beschlagenen Scheiben zu beobachten. Aufgrund dieser Erfahrungen wurde beschlossen, für den eigentlichen Versuch ein größeres Behältnis zu verwenden. Erstaunlich ist jedoch, dass die Pflanzen, seit acht Monaten in dem oben beschriebenen Zustand sind, das heißt sie haben sich nach außen hin nicht verändert. Daraus kann man schließen, dass der Glucose Haushalt sich in einem Gleichgewicht zwischen Verbrauch und Herstellung befindet. Die Brutto Fotosynthese ist die Netto Fotosynthese⁵+ die Zellatmung⁶, das heißt, dass die Brutto Fotosynthese in meinem Versuch gegen null läuft (Motzer, o. J.).

3.3 Versuch mit Aquarium

3.3.1 Versuchsaufbau

Der Aufbau des zweiten Versuchs besteht aus einem 81 × 36 × 45 cm Aquarium, welches mit einer Plexiglasscheibe und speziellem Aquariumsilikon luftdicht

⁴Ein System zur Entwässerung des Boden (Carstens, o. J.-a).

⁵ Die Netto Fotosynthese ist die gesamte Energie, die durch chemische Reaktionen (Fotosynthese) produziert wird (Motzer, o. J.).

⁶ Stoffwechselprozesse, die der Energiegewinnung der Zellen dienen (Dr. Lippold, o. J.).

abgeschlossen wurde. Zunächst wurde das Aquarium befüllt. Der Versuchsaufbau orientierte sich am Aufbau der Erde.

Bei der Erde ummantelt eine feste Gesteinsschicht den Kern aus flüssigem Magma. Eine feinere Gesteinsschicht fängt durchsickerndes Wasser auf und schützt es vor direkter Verdunstung. Diese Drainageschicht ist wichtig um das Wurzelreich der Pflanzen vor Staunässe zu schützen (Bauer & Levy, 2018). Bei dem Versuchsaufbau bildet Marmorsplitt (mit 9-12 mm Durchmesser) die unterste Drainageschicht. Darauf folgte eine Schicht



Abbildung 4: Drainageschicht

von Basaltsplitt mit 2-5 mm. Als oberste Gesteinsschicht wurde wieder Marmorsplitt eingefüllt.

Als nächstes folgt das Erdreich in welchem die Pflanzen wurzeln können. Um verschiedene geographische Lagen zu imitieren, wurden vier verschiedene Humustypen, welche an die Pflanzen angepasst ausgesucht wurden, benutzt. Diese werden im Anhang erläutert.

Die nachgebildeten Böden entsprechen der Wüste, dem Regenwald, der Hydrokultur und dem Humus der mittleren Breiten. Für die Darstellung der Wüstenregion wurde Kakteenenerde verwendet. In diese wurden Sukkulente und ein Kaktus gepflanzt. Aufgrund der sehr geringen Humusschicht und des Stockwerkbbaus wachsen im Regenwald viele Pflanzen auf Bäumen oder Steinen. Für die Vegetation des Regenwaldes wurden für den Versuch Steine und Orchideenerde verwendet. Unter Hydrokultur versteht man die Haltung von Pflanzen in Wasser ohne Substrat⁷. Im Versuchsaufbau wurden dafür, wie in der Zimmerpflanzenhaltung Tonkugeln verwendet. Bezeichnend für die mittleren Breiten ist eine nährstoffreiche Humusschicht, in der die Pflanzen wachsen können. Im Versuchsaufbau wurde für die Basis frische Komposterde verwendet, um ein gutes Mikroklima zu erhalten und zusätzlich einige kleine Lebewesen in den Versuch mit einzubeziehen.

⁷ Eine materielle Basis.

Vierzehn verschiedene Pflanzen und einige Moose bilden die Flora des Versuchsaufbaus. Für die Temperaturbeobachtung wurde ein von außen sichtbares Gartenthermometer in die Erde gesteckt.

Als Grundlage für die Berechnung der Wassermenge dienten Angaben aus dem Buch Gärten im Glas. Aufgrund der Größe des Terrariums wurde die benötigte Wassermenge basierend auf dem verwendeten Gewicht der Erden berechnet. Die Wassermenge von 1,7 Liter wurde zu Beginn dem Versuchsaufbau zugeführt.

Anfangs wurde das Terrarium mehrere Tage lang halb geschlossen gehalten, um noch erste Beobachtungen in den Versuchsaufbau einfließen lassen zu können. Aufgrund der beobachteten täglichen Wasserkondensation wurden zusätzliche 200 ml Wasser eingebracht, das mit effektiven Mikroorganismen (EM) gemischt wurde. In der, im Versuch verwendeten EM-Ur-Lösung leben 80 verschiedene Arten von aeroben und anaeroben Mikroorganismen in einem Gleichgewicht zusammen, das durch den gegenseitigen Austausch von Stoffwechselprodukten entsteht. Die häufigsten Bakterienstämme in EM sind Milchsäurebakterien, Fotosynthesebakterien und *saccharomyces cerevisiae*. Diese Mikroorganismen schaffen ein positives Milieu. Es entsteht, wenn die aufbauenden Mikroorganismen die abbauenden Organismen dominieren. Die EM stärken die in der Natur vorkommenden positiven Mikroorganismen und führen zu einem positivem Milieu (Timmerarens, o. J.). Daraufhin wurde das Aquarium mit einem Plexiglas und Silikon abgedichtet, wodurch es hermetisch abgeschlossen wurde.

Als Sonnenlicht diente eine LED-Lampe, mit einer Farbtemperatur von 6500 Kelvin. Sie wurde mit einer Zeitschaltuhr automatisch geregelt. Zu Beginn des Versuches wurden die Pflanzen 7 h pro Tag belichtet. Nach zwei Wochen wurde die Beleuchtungsdauer auf 9 ½ h pro Tag erhöht.

3.3.2 Beobachtung

Die Aufzeichnungen zur Beobachtung des Terrariums waren sehr umfangreich, weshalb die präzise Beobachtung im Anhang beschrieben wird. Im folgenden Teil werden die Grundzüge der Entwicklung beschrieben, die das gesamte Terrarium betreffen.

Pflanzenwachstum

Zu Beginn des Versuchs war eine enorme Entwicklung der Pflanzen zu beobachten. Die Flamingoblume hatte sich gut an die Hydrokultur angepasst und entwickelte dicke, starke Wurzeln, die sogar aus dem Boden herausragten. Der Ficus Pumilla und der Efeu entwickelten viele neue Triebe. Die Sukkulente haben in einem vergleichsweise sehr kurzen Zeitraum, lange und viele Wurzeln entwickelt und bildeten auch die ersten neuen Blätter. Ebenso erholten sich die fleischfressenden Pflanzen von der Umpflanzung und den unpassenden Bedingungen im Gartencenter und bekamen viele neue Triebe. Die anfängliche Erholung aller Pflanzen erfolgte aufgrund der nun angepassten Lebensräume. Alle Pflanzen hatten bestmögliche Lebensbedingungen. Auch die hohe Lichtintensität trug dazu bei, dass anfangs einige Pflanzen sehr stark wuchsen.



Abbildung 5: Flamingoblume mit neuen Wurzeln

Schimmel und Sonnenschäden

Die Blüten der Orchidee und die Blüten des Einblatts, insbesondere die Staubblätter begannen bereits am 4. Tag zu schimmeln. Nach 22 Tagen begann der Schimmel sich auch auf den Ficus Pumilla, die obere Tillandsie und die Grünlilie auszubreiten. Nach 22 Tagen war ein Rückgang des Schimmels auf den Orchideenblüten zu sehen. Weiterer Schimmel breitete sich lediglich auf abgestorbenen Substanzen aus. Dieser Prozess war durchaus normal und zu erwarten, da abgestorbene Pflanzen in der Natur durch Schimmel zersetzt werden. Am 27. Tag war auf 7 von 15 Moosen, dem Efeu, der Flamingoblume, dem weißen Silbernetzblatt sowie auf dem Kaktus Schimmel zu sehen. Auf der Orchidee ging der Schimmel von den verwelkenden Blüten, auf den gesunden Stamm und die Blätter über. Am 30. Tag schimmelten bereits 9 Moose, dazu kamen noch die



Abbildung 6: Schimmel auf den Blüten der Orchidee

Venusfliegenfalle, die Schlauchpflanze, das grüne Silbernetzblatt, die große Sukkulente, eine kleine Sukkulente und die untere Tillandsie.

Die Ausbreitung des Schimmelbefalls ähnelte den ersten drei Stufen der Verbreitung des Schimmels beschrieben von Ingrid Hödl (Hödl, o. J.). Die von ihr beschriebene Verbreitung des Schimmels auf Büchern ist vergleichbar mit der des Schimmels auf Pflanzen, da Papier in erster Linie aus toten Holzfasern besteht und somit ebenfalls aus organischen Stoffen. In der Anlaufphase vergrößern sich die Zellen des Schimmels und der Stoffwechsel wird aktiviert, jedoch bleibt die Anzahl der Zellen gleich. In meinem Versuch war dies schwer zu beobachten, doch diese Phase war ca. 5 Tage lang, da sich dann bereits sichtbarer Schimmel auf der Orchidee bildete. Der Schimmel muss bereits vor Abschluss des Systems an der Pflanze gehangen sein, da in den abgeschlossenen Kreislauf sonst keine Schimmelsporen hineingekommen sein können. Ein genauer Zeitpunkt des Schimmelbefalls war nicht feststellbar.

Die Beschleunigungsphase bedingt die Vermehrung und das Wachstum. Dies war im Zeitraum vom 5. bis zum ca. 25. Tag zu sehen. Das exponentielle Wachstum ist die dritte Stufe und ist das Maximum des Wachstums nach einer konstanten Zunahme.

Diese Stufe wurde ca. nach dem 25. Tag erreicht, da sich dort, wie in der Statistik sichtbar ist, der Schimmel massiv ausgebreitet hatte und sich dann ein Gleichgewicht einstellte. Die restlichen Stufen, Verzögerungs-, Stationäre, und Absterbephase wurden in meinem Terrarium nicht erreicht, was an der zu kurzen Zeitspanne des Versuches lag. Zu vermuten ist, dass sich die restlichen Schimmelstufen auch in meinem Versuch eingestellt hätten (Hödl, o. J.).

Dass sich der Schimmel so schnell in dem Terrarium ausbreiten konnte, lag vor allem an den guten Vermehrungsbedingungen, die in dem Terrarium herrschten.

Die Temperatur lag mit 22,7 °C im Durchschnitt sehr nahe am Optimum der Schimmelpilze. Ein weiterer Faktor, der das Schimmelpilzwachstum begünstigt ist eine sauerstoffreiche Umgebung. Durch die Sauerstoffproduktion der Pflanzen und fehlende Stickstoffumwandlung, durch z.B. Tiere, nimmt der Sauerstoffanteil im geschlossenen System stetig zu. Weiter verstärkt wird das Wachstum des Schimmels durch die geringe Stickstoffkonzentration. Die beschlagenen Scheiben des

Terrariums sind ein Indiz für eine hohe Luftfeuchtigkeit, die ebenfalls das Wachstum des Schimmels beschleunigt.

Zwei Hauptfaktoren begünstigten die Ausbreitung des Schimmels. Zum einen die Sporenvermehrung und zum anderen die lichtbedingte Schwächung der Pflanzen. Zunächst haben nur die abgestorbenen Teile der Pflanzen und nicht die gesunden Teile einen Schimmelbefall gezeigt. Bereits bei einer Beleuchtung von 7



Abbildung 7: Brandwunden

Stunden hatten sich leichte Schäden gezeigt. Obwohl die Verlängerung der Beleuchtung von 7 auf 9,5 Stunden für die Bekämpfung der Schimmelpilze gedacht war, verschlimmerte sich der Zustand vieler Pflanzen weiter. Es entstanden „Brandwunden“ auf einigen Pflanzen, die durch Braune flecken sichtbar werden (Bauer & Levy, 2018, S. 20). Am 20. Tag entwickelten das Silbernetzblatt einen, mit vielen langen und kleinen Haaren übersäten Stamm. Dies kann eine Abwehrfunktion von Pflanzen bei zu hoher Lichtintensität sein. Durch die Haare kommt weniger Licht an den Stamm so wie beispielsweise bei dem Kaktus.

Kleine Lebewesen

Die anfangs durch den Humus mit eingesetzten Ameisen, Regenwürmer, Kellersaseln und sonstige kleine Lebewesen waren bereits am 10. Tag nicht mehr zu sehen.

Auf den Scheiben bildeten sich kleine weiße wurmartige kleine Lebewesen, bei denen keine Bewegung wahrnehmbar war. Sie waren mit dem bloßen Auge kaum sichtbar. Diese wurden am 23.Tag bereits kleiner und verschwanden im Laufe weiterer drei Tage. Die weißen



Abbildung 8: Würmer an der Scheibe

Würmer waren vermutlich im Regenwasser enthalten und hatten sich in den Wassertropfen an den Scheiben und dem geeigneten Klima gut entwickelt, bis sie für das bloße Auge groß genug waren. Mit dem Rückgang der beschlagenen Scheiben, hatten sie vermutlich zu wenig Wasser

im Körper, um zu überleben und sind vertrocknet. Die Körpermasse der Würmer reduzierte sich durch den Wasserverlust und waren somit für das Auge wieder unsichtbar. Das Sterben der restlichen kleinen Lebewesen ist schwer zu erklären. Es gibt vier mögliche Ansätze, die diese Erscheinung erklären könnten. Zu wenig Nahrung, ein zu hoher Sauerstoffgehalt, zu viele schädliche Schimmelsporen oder die Karnivoren⁸. Die Regenwürmer (May et al., o. J.-a) und Kellerasseln (Grün, 2011), die in dem Terrarium lebten, ernähren sich von abgestorbenem organischem Material, daher hätten sie eigentlich genug Nahrung finden sollen. Ebenso ist zu vermuten, dass der Sauerstoffgehalt nicht hoch genug war, um schädlich zu sein. Sonst hätten die Pflanzen sauerstoffbedingte Schäden aufweisen müssen (Motzer, o. J.). Der Tod der kleinen Lebewesen durch Schimmelsporen ist eher unwahrscheinlich, da eine Wirkung des Schimmels eher Langzeitschäden zufolge hätte. Ein Tod innerhalb nur weniger Tage ist daher nicht dem Schimmel zuordenbar. Zudem hat die großflächige Schimmelverbreitung erst nach dem Verschwinden der kleinen Lebewesen eingesetzt. Die letzte Möglichkeit ist die wahrscheinlichste. Die Karnivoren haben die kleinen Lebewesen verdaut. Für diesen Punkt spricht, dass die Venusfliegenfalle teilweise geschlossene Fänge hatte. Dieser Reflex kann in einem geschlossenen System nur durch eine Berührung eines Insektes ausgelöst werden



Abbildung 9: Geschlossene Venusfliegenfalle

(*Blumen und Garten*, 1974d).

Die Schädigung durch das Licht wurde am 26. Tag deutlich, da die Grünstilbe, die Orchidee, die Venusfliegenfalle und die Bergpalme braune Flecken bekamen. Auffällig war, dass am selben Tag das Silbernetzblatt mit den roten Blattadern die rote Farbe verlor und weiße Blattadern bekam. Ebenso verloren die Sukkulenten und die Flamingoblume die Intensität ihrer Farben. Die braunen Flecken, die sich auf den Pflanzen bildeten, sind sogenannte Verbrennungen. Das Blattgrün stirbt ab und wird zunächst weiß. Nach einiger Zeit färbt sich die abgestorbene Organik braun (Bauer & Levy, 2018).

⁸Fleischfressende Pflanzen(*Blumen und Garten*, 1974a).

Der Verlust der Farbe ist auf falsche Lichtverhältnisse zurückzuführen.

Diese Schädigung trug stark dazu bei, dass sich der Schimmel weiter ausbreiten konnte und führte somit zum Kippen des Terrariums von einem positiven in ein negatives Milieu für die Pflanzen und Tiere.

3.4 Material und Versuchserläuterung

Für den Versuch wurde Regenwasser verwendet, da einige verwendeten Pflanzen kein kalkhaltiges Wasser vertragen, wie im Anhang genauer erklärt wird.

Eine Drainage wird aus mehreren unterschiedlichen Schichten Granulat gebildet. Das grobkörnige Granulat dient als unterste, wasserspeichernde Bodenschicht, zur Verbesserung der Drainage. Der kleine Kies simuliert eine neue Bodenschicht und verbessert die Entwässerung (Bauer & Levy, 2018). Folgende Punkte waren entscheidend für die Pflanzenauswahl. Sie müssen eine hohe Luftfeuchtigkeit vertragen oder bestenfalls bevorzugen, sowie ähnliche Ansprüche an Wassermenge und Lichtintensität haben. Die genaue Erklärung der Substrate ist im Anhang dokumentiert. Als Referenzgruppe wurden einige Pflanzen ausgewählt, die bewusst andere Optimalbedingungen benötigen. So konnte beobachtet werden, wie sich diese in einem ihnen nicht angepassten Lebensraum zurecht kommen werden.

Die Theorie hinter dem Versuch basiert auf den grundlegenden Systemen der Erde, wie dem Wasserkreislauf, dem Licht- und Gashaushalt. Das Biotop ist ein stark vereinfachtes Modell, das jedoch dieselben Grundprinzipien aufweist. Der Wasserkreislauf der Erde wird im Folgenden stark vereinfacht dargestellt. Das Wasser unserer Erde kann nicht in das Weltall austreten, da es mit zunehmender Konzentration schwerer wird. Wasser kondensiert zu Wolken und fällt in flüssigem Zustand wieder auf die Erde. Demzufolge ist die gesamte Wassermenge auf der Erde immer unverändert. Dieses Prinzip wurde in dem Versuch angewandt und somit war die Bewässerung der Pflanzen sichergestellt. Im Versuch versickert das Wasser und verdampft aufgrund der Temperatur wieder. Dadurch



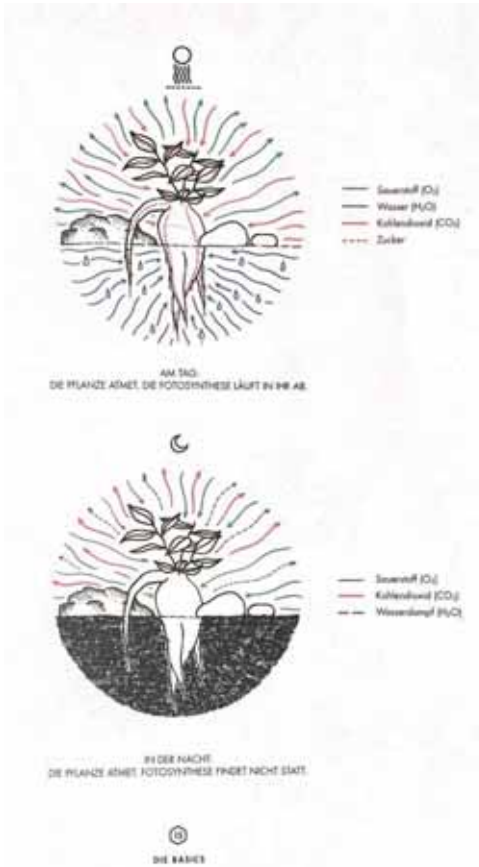
Abbildung 10:
Wasserkreislauf in
geschlossenem Biotop (3.
Definitionsform)

werden die Pflanzen mit einer hohen Luftfeuchtigkeit und durch Tropfen, die sich am Glas oder den Pflanzen sammeln gewässert (Bauer & Levy, 2018).

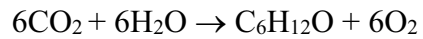
Auch der CO_2 und O_2 Gehalt der Luft im Biotop wird genauso bestimmt wie auf der Erde. Ein großer Unterschied ist jedoch, dass die Pflanzen in dem Biotop keinen Gegenspieler haben, der ihnen CO_2 zur Verfügung stellt. Der Gegenspieler ist normalerweise die Tierwelt. Es besteht ein Kreislauf zwischen dem CO_2 Ausstoß der Tiere und der O_2 Produktion der Pflanzen. Tiere stoßen CO_2 aus und die Pflanzen benötigen dieses CO_2 zur Produktion von Sauerstoff. Dieser Sauerstoff wird wieder von

den Tieren benötigt und zu CO_2 umgewandelt. Somit sind sowohl die Pflanzenwelt als auch die Tierwelt voneinander abhängig. Die Pflanzen selbst könnten sich zwar ohne O_2 brauchende und CO_2 gebende Lebewesen gegenseitig am Leben erhalten, nach einiger Zeit würde die Sauerstoffkonzentration allerdings zu hoch werden und einige Pflanzen (manche früher als andere) würden absterben, verfaulen und dadurch wieder CO_2 freisetzen. Dieses CO_2 würde für die neue Glucose Produktion bei den übrigen Pflanzen wieder genügend Rohstoff bieten, um das Überleben zu sichern. Zudem stoßen Pflanzen nachts eine sehr geringe Menge CO_2 aus. Doch die Symbiose zwischen den Tieren und Pflanzen ist wesentlich effektiver. Eine rein pflanzliche Anordnung ist deutlich leichter umsetzbar und weniger Schwankungen ausgesetzt als ein komplexes Zusammenleben der Tiere und Pflanzen. Durch das Einsetzen von kleinen Lebewesen im Humus wurde versucht zumindest einige CO_2 Produzenten anzusiedeln.

Die Sonne ist ein wichtiger Grund für Leben auf der Erde, dies wurde durch eine künstliche Beleuchtung simuliert. Das Sonnenlicht ist für Pflanzen



überlebenswichtig, da Pflanzen ihre Nährstoffe selbst herstellen können. Einen kurzen Überblick über diese Tatsache bringt die Fotosynthese Gleichung⁹:



Die Pflanzen benötigen Kohlenstoffdioxid und Wasser, um daraus den energiereichen Stoff Glucose zu bekommen. Sauerstoff ist lediglich ein Abfallprodukt, das über die Stomata¹⁰ nach außen abgegeben wird. Die Glucose wird für das Wachstum und die Blütenbildung hergenommen. Das Licht gibt dabei die nötige Energie, die durch die Lichtsammelfallen¹¹ in den beiden Fotosystemen¹² von Licht in Energie umgewandelt wird. Diese wird benötigt, um die Fotosynthesereaktion zu starten (Motzer, o. J.).

Im Wesentlichen gibt es drei Außenfaktoren, die das Wachstum der Pflanzen beeinträchtigen: die Energie des Sonnenlichts, den CO₂ Gehalt und die Temperatur. Je stärker die Lichtintensität, desto höher wird die Fotosyntheseleistung. Jedoch stellt sich recht schnell ein Annäherungswert bei der Leistung ein. Eine zu hohe Einstrahlung könnte die Pflanzen schädigen. Bei zu niedriger Einstrahlung könnten sie keine oder zu wenig Photosynthese betreiben. Ein weiterer wichtiger Faktor für die Auswahl der Beleuchtung ist die Lichtqualität. Das Chlorophyll und weitere Blattfarbstoffe¹³ bilden die Fotosysteme 1 und 2¹², welche die Wellenlänge des Lichtes aufnehmen können. Pflanzen können Wellenlängen im Bereich von 400 bis 700 nm aufnehmen. Am schlechtesten ist grünes Licht, da dieses nur reflektiert wird und den Pflanzen die Grüne Färbung gibt und somit nicht zu Glucose verarbeitet werden kann (Motzer, o. J.).

Es wurde eine weiße LED-Lampe mit 6500 Kelvin verwendet, da sie die Farben des Sonnenlichts am besten wiederspiegelt und so ein möglichst weites

⁹ „(...)ein chemischer Prozess, der Pflanzen und einigen Bakterien die Erzeugung von Zucker und Sauerstoffunter Lichteinwirkung ermöglicht.“(Bauer & Levy, 2018, S. 14)

¹⁰ Spaltöffnungen in der unteren Epidermis, die den Gasaustausch und die Transpiration ermöglichen (Motzer, o. J.).

¹¹ Zentren der Fotosysteme, in denen das Licht über verschiedene Pigmente (Blattfarbstoffe) weitergeleitet/ gesammelt wird (Dipl.-Biol. Elke Brechner, Dr. Dinkelaker, & Dr. Dreesmann, o. J.).

¹² Sie absorbieren Licht und setzen es in Fotochemische Reaktionen um (Dip.-Biol. Brechner, Dr. Dinkelaker, & Dr. Dreesmann, o. J.-a).

¹³ Pigmente, die verschiedene Farbwellen aufnehmen und in Form von Energie weiterleiten bis zum Reaktionszentrum der Fotosysteme. (Motzer, o. J.)

Farbspektrum beinhaltet. LED-Lampen werden nicht sehr warm, sodass keine große Erhitzung des Terrariums stattfindet. Die Lichtintensität war erhöht, da sich die Lampe direkt auf dem Deckel des Terrariums befand.

Auf die CO₂ Konzentration im Versuch kann kein direkter Einfluss genommen werden. Es war jedoch zu erwarten, dass es eine geringere CO₂ Konzentration in dem Terrarium am Versuchsende geben würde, als am Anfang. Die geringe verbliebene CO₂ Konzentration sollte immer noch hoch genug sein für eine ausreichende PS Leistung. Das Schließen der Versuchsanordnung ohne tierischen Gegenspieler ist auch möglich, wie in dem Versuchsaufbau des Biotops bereits beschrieben wurde. Wie oben bereits erwähnt, ist die Temperatur ein weiterer wichtiger Faktor. Jede Pflanze hat ihr eigenes Optimum¹⁴, jedoch ist pauschal zu sagen, dass die Temperaturen zwischen 20° und 30° C dem Optimum der verwendeten Pflanzen entsprechen, die genauen Optima der Pflanzen sind im Anhang dargestellt.

Durch diese simplen Kreisläufe ist es möglich ein hermetisch abgeschlossenes System zu schaffen. Die Umsetzung des Versuchsaufbaus war in der Praxis jedoch sehr anspruchsvoll, da sehr viele Faktoren das Gelingen des Versuches beeinflussten, die kaum oder gar nicht gesteuert werden konnten.

3.5 Fazit

Der Versuch ist nicht wie erwartet gelaufen. Es müssten noch viele weitere Versuche stattfinden, bis der Traum von einem hermetisch abgeschlossenen System wahr werden kann. Jedoch sind die Ansätze schon sehr vielversprechend und es wurde am Anfang des zweiten Versuches deutlich, dass ein funktionierendes Biotop, einen sehr großen Nutzen für die Menschheit bringen kann.

4. Bezug zur Erde

Einige Umweltforscher sehen den Menschen als größte Umweltbelastung an und sind der Meinung, dass die Erde ohne uns Menschen besser funktionieren würde. Als Erklärung nehmen sie häufig den Klimawandel (vgl. Pauly, 2014). Mein Versuch hat zwar keine langzeitige Erwärmung aufgezeigt, wie bei dem Klimawandel, doch das Probleme auftreten können, wenn sich ein Faktor verändert, wie z.B. die

¹⁴ Die günstigsten Umweltbedingungen für ein Lebewesen (Carstens, o. J.-b).

Veränderung der Belichtungsdauer. Es wird ein, sich gegenseitig bedingender Kreislauf ausgelöst, der zunächst nicht von Bedeutung zu sein scheint, doch dann immer größer und bedeutsamer wird. Ist dieses Gleichgewicht verändert, passieren unvorhersehbare Entwicklungen. Dies kann sich zu einem Teufelskreislauf für alle Lebewesen entwickeln. In meinem Versuch hat sich dieses Phänomen mit der Belichtungsdauer und dem Schimmel gezeigt. Dabei wird einem schnell bewusst, wie zerbrechlich und sensibel die Erde und das Klima sind, denn dort sind noch viel komplexere Kreisläufe vorhanden, die sich zu nicht umkehrbaren Problemen entwickeln können. Ein Beispiel ist die Eisschmelze an den Polen. Dort schmilzt das Eis aufgrund der Erderwärmung. Dies waren bis dorthin noch keine bedeutsamen Eismengen und die Erwärmung wurde von vielen Menschen auf ein kurzzeitiges Phänomen zurückgeführt. Doch die Eisflächen, die geschmolzen sind, hinterlassen sehr viel dunkleres Gewässer, das sich viel schneller erwärmt als die hellen Eisflächen. So wird es immer wärmer und immer mehr Eis schmilzt, dies jedoch in exponentiellem Tempo (Rahmstorf, 2012). Dieses Thema ist bereits auf der Erde eingetreten und nur ein Beispiel von vielen Veränderungen.

Ergänzend, zu den oben genannten Umweltforschern bin ich während der Beschäftigung mit diesem Thema zu weiteren Schlüssen gekommen. Wenn in meinem Versuch Menschen mit inbegriffen gewesen wären, hätten sie die Pflanzen pflegen und vor der hohen Lichteinstrahlung schützen können. Somit hätten sie die Ausbreitung des Schimmels verhindern können, was dazu geführt hätte, dass das Biotop nicht gekippt wäre. Selbstverständlich ist der Mensch zunächst eine Umweltbelastung durch die Technisierung und Ausbeutung der Erde, die er betreibt. Jedoch ist die Lebensform des Menschen zunächst genauso nachhaltig wie jedes andere Lebewesen, nur seine Lebenseinstellung, also der Geist und die Handlungen des Menschen und seine Möglichkeiten sind der Faktor, der den Menschen vor eine Entscheidung stellt und ihn momentan zu einer Umweltbelastung macht.

Wenn die Menschheit diese Tatsachen ernster nehmen würde, könnte sie höchstwahrscheinlich den Planeten retten und den Klimawandel abwenden.

5. Schluss

Das Nahrungsproblem ist groß auf dieser Erde. Während wir in Europa zum nächsten Einkaufsladen fahren und hoffen dürfen, dass es unsere Lieblingskekse gibt, finden Menschen in anderen Teilen der Welt kaum Nahrung. Oftmals ist nicht das Problem, dass es zu wenig Nahrung auf der Welt gibt, sondern, dass die Verteilung nicht funktioniert. Es ist heute technisch kaum ein Problem, selbst Himbeeren in frischem Zustand von Neuseeland nach Deutschland zu transportieren. Allerdings bedeutet das einen hohen Preis (Julia, 2018) und eine hohe Belastung für die Umwelt. Vitamine und Nährstoffe gehen auf dem Transportweg zusätzlich verloren. An der schlechten weltweiten Verteilung der Lebensmittel ändern diese sinnlosen Transporte nichts. Die Herstellung der Nahrung vor Ort wäre durchaus die beste Lösung. In Zukunft könnten geschlossene Biotop bestehend aus einer Mischung eines geschlossenen und eines hermetisch geschlossenen Terrarium genutzt werden, um dort, wo Nahrung benötigt wird, diese herzustellen. Nach einiger Forschungszeit könnten die Bedingungen in einem Biotop, den Pflanzen entsprechend angepasst werden und somit das Wachstum der Pflanzen verbessert werden. Ein weiteres Problem sind oft falsche Bewässerungsmethoden, die benutzt werden (Sanner, 2006). Die Wasserverteilung ist in einem Biotop gut zu koordinieren, da kein Wasser in den Tiefen der Erde versickern kann, sondern alles in dem Kreislauf des Biotopes und so direkt bei den Nutzpflanzen bleibt. Somit kann Wasserverwendung durch schlechte Bewässerungsmethoden vorgebeugt werden. Heutige Bewässerungsmethoden in offenen Systemen verschwenden teilweise erheblich die kostbare Ressource Wasser. Dieses bleibt bei einem Biotop im geschlossenen Kreislauf und es muss nur durch die Nahrung entnommenes Wasser, nach einiger Zeit, neu hinzugegeben werden. Zudem könnten mehrere Ernten pro Jahr stattfinden, da die Verhältnisse in dem Biotop das gesamte Jahr über gleichbleiben würden. So könnte das Nahrungsproblem der Erde besser reguliert werden. Auch die westliche Welt würde stark an der Forschung mit Biotopen profitieren. Es könnten Nahrungsmittel verbrauchsnahe produziert werden und lange Transportwege vermieden werden. An der Qualität, wie beispielsweise Vitaminverlust, des Essens müsste somit nicht mehr gespart werden. Ein weiterer ethisch umstrittener Aspekt sind Ackerflächen armer Bauern in südlichen Ländern, die von großen Konzernen

aufgekauft werden und die Frage, ob wir diese Nahrungsmittel kaufen sollten. Die Lebensgrundlage dieser Kleinbauern wird durch diese Vorgehensweise vollständig zerstört (Michler, 2016). Durch den Einsatz von Biotopen wären diese Faktoren nicht so schwerwiegend und man könnte ohne schlechtes Gewissen exotische Früchte essen.

In Zukunft könnten uns Biotope in Sachen Umwelt und Ernährung gute Dienste leisten.

6. Anhang

6.1 Inhaltlicher Anhang

6.1.1 Substrate

Humus

„Humus“ kommt aus dem Lateinischen und wörtlich übersetzt bedeutet es „der Erdboden“. In der Biologie wird Humus, als „die Gesamtheit der in und auf dem Boden befindlichen toten organischen Substanz sowie deren organische Abbau- und Umwandlungsprodukte. H. stammt aus abgestorbenen Pflanzen, Tieren und Bodenmikroorganismen“ angesehen (Dip.-Biol. Brechner, Dr. Dinkelaker, & Dr. Dreesmann, o. J.-b). Er fördert durch seinen hohen Nährstoffgehalt das Wachstum von Pflanzen. In den mittleren Breiten ist eine dicke Humusschicht vorhanden, da nur halbjährig (im Frühjahr und Sommer) Nährstoffe aus dem Boden gezogen werden. In der anderen Hälfte des Jahres (Herbst und Winter) entstehen viele Nährstoffe durch den Blattabfall der Pflanzen und Bäume. Diese Organik wird durch tierische und chemische Zersetzung zu Humus. Es kann sich über die Jahre eine dicke Humusschicht ansammeln (Brockhaus, 2019). Der Humus ist locker und dadurch luftdurchlässig. Die Zusammensetzung ist kleinteilig.

In dem Versuch wurde gekaufte Blumenerde 50/50 mit selbst hergestelltem Humus gemischt. In 2.595g Humus setzte ich folgende Pflanzen ein: Die Grünsilberpflanze, den Efeu, den Ficus Pumilla, das Einblatt, das Silbernetzblatt, die Bergpalme und die Moose.

Hydrokultur

Die Hydrokultur ist eine Wasserkultur. Das Substrat ist meist Blähton, dem flüssiger Nährstoff zugefügt wird. Hydrokulturen werden in speziellen Töpfen gehalten mit spezieller Wasseranzeige, um eine richtige Bewässerung zu sichern. „Die Pflanzen haben ein konstanteres Wurzelmilieu, die Durchlüftung ist optimal und die Wasserversorgung ziemlich konstant und dem Verbrauch der Pflanzen angepasst“, erklärt Elmar Main. Dies führt dazu, dass manche Pflanzen besser in der Hydrokultur gedeihen, als in normaler Blumenerde (Dr. Bellut, 2018).

In dem Versuch konnten keine flüssigen Nährstoffe zugeführt werden und die Hydrokultur wurde nicht zusätzlich bewässert. Durch das geschlossene System konnte der typische Bewässerungszyklus der Hydrokultur nicht eingehalten werden. Der Versuch nutzte eine leicht abgewandelte Form der Hydrokultur. Die Flamingoblume wurde in 528g Blähton gesetzt.

Kakteenerde

Die Kakteenerde beinhaltet keinen Stickstoffdünger, der für Kakteen unverträglich ist. Aufgrund der trockenen Herkunft der Kakteen und Sukkulenten, faulen die Wurzeln sehr schnell, daher sollte das Substrat wasserdurchlässig sein. Dies wird durch einen hohen Sandanteil des Substrates erreicht. Zudem besitzt es kaum Dünger, Humus und Kalk (Reh, 2001). In dem Versuch wurden 315g gekaufte Kakteenerde genutzt, in die der Kaktus und die Sukkulente gepflanzt wurden.

Orchideenerde

Orchideenerde muss sehr durchlässig sein. Sie besteht häufig aus Kokosfasern oder Schaumstoffbröckchen, um eine gute Durchlüftung der Pflanzen zu erhalten. In dem Versuch wurden 369g gekaufte Orchideenerde verwendet, die mit einer Orchidee bepflanzt wurde.

6.1.2 Pflanzen

Moos

Moose bevorzugen feuchte Gegenden und können Wasser sehr gut speichern. Dadurch unterstützen sie die Wasserverteilung im Terrarium. Sie besitzen keine Wurzeln und nehmen das Wasser nicht über den Boden auf, sondern über die Luft und haben deshalb in einem Terrarium mit hoher Luftfeuchtigkeit beste Voraussetzungen. Die Belichtungsdauer und



Abbildung 11: Moss vor dem Versuch, nach der Schließungs Testphase

Intensität des Lichtes ist bei Moosen nicht besonders entscheidend. Dies zeigt auch die geographische Verbreitung der Moose. Der Bewuchs von Moosen zeigt

Umweltbedingungen auf, indem an gewissen Orten verschiedene Arten von Moos wachsen oder kein Moos wächst (Füßler, 2017).

Zu Beginn beinhaltete das Terrarium Sternenmoos, doch da dieses schon vor der Schließung zu schimmeln begann wurde es entfernt und durch Polstermoos ersetzt. Die Polstermoose entwickelten sich sehr gut im Terrarium. Sie wuchsen senkrecht nach oben, da es keinen Wind im Terrarium gab und das Licht ebenfalls permanent senkrecht über den Moosen angebracht war. Sogar das vertrocknet eingesetzte Moos bildete neue grüne Fasern, allerdings litt es als eine der ersten Pflanzen am Schimmelbefall. Die anderen Moose waren ziemlich hartnäckig gegen den Schimmelbefall, jedoch haben auch sie mit der Zeit zu schimmeln begonnen.

Bergpalme

Die Bergpalme (*Chamaedorea elegans*) stammt ursprünglich aus den bergigen Regionen Süd- und Mittelamerikas. Im Sommer liegt die ideale Temperatur für die Bergpalme bei 20°C, im Winter bei 12-16°C. Die Bergpalme ist sehr empfindlich bei Staunässe, diese sollte durch eine Drainage verhindert werden. Das Substrat der Bergpalme sollte jedoch immer feucht sein. Wegen ihres natürlichen Wachstumes im unteren Teil des Stockwerkbau bevorzugt sie leicht schattige Orte ohne direkte Sonneneinstrahlung. Das Substrat sollte locker und eher alkalisch als sauer sein. Jungpflanzen benötigen keinen Dünger (Autorenkollektiv, 1974), (Bauer & Levy, 2018).



Abbildung 12: Bergpalme vor dem Versuch

Ihr Temperaturoptimum wurde in dem Terrarium eingehalten und auch durch die gute Drainage wird Staunässe vermieden. Als Substrat wurde eine normale, leicht saure Blumenerde, mit einem pH-Wert von 5,9 benutzt und war daher zu sauer für die Bergpalme. Die direkte Lichteinstrahlung im Terrarium war ebenfalls nicht ideal. Sie entwickelte sich gut und hatte lange keine Schimmelbildung, erst gegen Ende färbten sich die Blätter leicht braun aufgrund der hohen Lichtintensität.

Grünlilie

Die Grünlilie (Liliaceae) stammt aus Südafrika. Sie bevorzugt aufgrund ihrer Herkunft Temperaturen über 10°C. Die Grünlilie verträgt keine Staunässe und benötigt Regenwasser, bevorzugt aber eine Umgebung mit einer Luftfeuchtigkeit über 50%. Sie wächst an hellen Standorten und verträgt die Morgen- und Abendsonne, jedoch keine direkte Mittagssonne. Das Substrat sollte eine humusreiche aufgelockerte Erde sein. Die Grünlilie hat eine luftreinigende Wirkung, indem sie Schadstoffe aus der Umgebung zieht. Die Pflanze selbst ist nicht giftig (Blumen und Garten, 1974a), (Eggers et al., 2019).



Abbildung 13: Grünlilie vor dem Versuch

Die Temperaturen im Terrarium waren immer über 10° und unterstützten dadurch die Pflanze. Durch die gute Drainage musste sie nicht unter Staunässe leiden und die durchgängig sehr hohe Luftfeuchtigkeit begünstigte zusätzlich das Pflanzenwachstum. Die Sonneneinstrahlung war jedoch zu direkt. Die Grünlilie trug durch ihre luftreinigende Wirkung bedeutend zu einem gesunden Raumklima im Terrarium bei. Sie entwickelte sich trotz der guten Voraussetzungen eher schlecht im Verhältnis zu anderen Pflanzen. Sie war meistens etwas braun an den Spitzen und lies viele ihrer Blätter hängen. Die Grünlilie war auch sehr schnell mit Schimmel befallen.

Orchidee

Die Orchidee wächst in Regenwäldern auf Bäumen oder Felsspalten in Südamerika und Südostasien. Sie benötigt Mindesttemperaturen von 17°C. Ein Standort mit starkem Luftzug und Staunässe ist zu vermeiden. Die Pflanze stellt keine hohen Ansprüche an die Lufttemperatur und benötigt relativ wenig Wasser. Ein heller Standort ohne direkte Sonneneinstrahlung ist zu berücksichtigen. Das Substrat sollte sehr luftdurchlässig



Abbildung 14: Orchidee vor dem Versuch

sein. Aufgrund ihrer Herkunft ist spezielle Orchideenerde geeignet (*Blumen und Garten*, 1974b, S. 186–192).

Die Orchidee wurde in spezielle Orchideenerde gesetzt, was ihren Ansprüchen sehr entspricht. Durch das geschlossene System konnte jeder negative Einfluss durch Luftbewegung vermieden werden. Die Sonneneinstrahlung war für die Orchidee zu direkt und die Luftfeuchtigkeit zu hoch, da die feinen Blüten anfällig für Schimmel sind. Besonders negativ wirkt sich zu starke Bewässerung aus. Durch den direkten Wasserkontakt waren die Blütenblätter bereits bei der Schließung des Systems glasig. Es bildete sich sehr schnell Schimmel, der zunächst stationär auf den Blüten blieb. Mit der Zeit begannen auch der Stängel und die von der hohen Lichtintensität bereits geschädigten Blätter zu schimmeln.

Efeu

Der Efeu (*Hedra Helix*) ist heimisch in Mitteleuropa, dementsprechend braucht er mittlere Temperaturen und ist dadurch an Temperaturschwankungen gewöhnt. Er bevorzugt eine feuchte Luft, verträgt aber auch gelegentliche Trockenphasen. Direkte Sonneneinstrahlung sollte vermieden werden, feuchter Boden kann allerdings diesen negativen Effekt kompensieren. Der Efeu bevorzugt kalkhaltiges Substrat, welches alkalisch ist. Er wächst auf steinigem Untergrund und kann bis zu 25 Meter hoch und bis zu 500 Jahre alt werden. Der Efeu gilt als leicht giftig (Autorenkollektiv, 1974, S. 309–311).



Abbildung 15: Efeu vor dem Versuch

Die hohe Lichtintensität hat dem Efeu zunächst nicht geschadet, da er genügend Wasser zur Verfügung hatte. Mit der Zeit war auch ihm die Lichteinstrahlung zu hoch und er wurde anfällig gegenüber einem Schimmelbefall. Da der Efeu ursprünglich auf steinigem Untergrund wächst, wurde ein großer Stein unter den Efeu eingebaut und etwas Erde daraufgelegt, um gute Bodenbedingungen für den Efeu zu schaffen. Er bildete viele neue Triebe und Blätter.

Kletterfeige

Die Kletterfeige (*Ficus Pumilla*) stammt aus den Feuchttropen Asiens. Optimal ist eine Temperatur von 20°C. Die Luftfeuchtigkeit sollte hoch sein, jedoch darf das Substrat nicht dauernass sein, da Staunässe vermieden werden muss. Bevorzugt sind helle Standorte. Er verträgt direkte Sonneneinstrahlung und handelsübliche Blumenerde (*Blumen und Garten*, 1974a, S. 12,13).

Im Versuch wurde die Kletterfeige mit normaler Blumenerde eingepflanzt. Die Temperatur von ca. 20°C wurde eingehalten und auch die Anforderungen



Abbildung 16: Kletterfeige vor dem Versuch

an die Luftfeuchtigkeit und die Staunässe wurden beachtet. Anfangs hatte sie viele neue Triebe und neue Blätter entwickelt. Die Lichtintensität war für die Pflanze zu hoch, welches an den Sonnenschäden zu sehen war, die jedoch im Vergleich zu den anderen Pflanzen erst spät einsetzten.

Flamingoblume

Die Flamingoblume (*Anthurium*) stammt aus Süd- und Mittelamerika. Optimal sind Temperaturen über 15°C. Die Luftfeuchtigkeit sollte hoch sein, jedoch sollte Staunässe vermieden werden. Die Pflanze ist sehr empfindlich bei kalkhaltigem Wasser, daher sollte Regenwasser zur Bewässerung genutzt werden. Sie benötigt einen hellen Ort, ohne direkte Sonneneinstrahlung. Das Substrat sollte durchlässig und leicht sauer sein. Die Anthurie ist für die Pflanzung in eine Hydrokultur geeignet (Autorenkollektiv, 1974, S. 29,30).



Abbildung 17: Flamingoblume vor dem Versuch

Sie hat sich im Versuch erstaunlich gut entwickelt, da sie sich der Hydrokultur gut angepasst hat. Sie entwickelte viele neue Wurzeln und viele neue Blüten. Das besondere war, dass die Blüten, als einzige im Terrarium nicht geschimmelt haben. Zurückzuführen ist dies vermutlich auf die robuste und glatte Form der Blüte.

Einblatt

Das Einblatt (*Spathiphyllum*) stammt aus den tropischen Gebieten Südamerikas und Südostasiens. Die Pflanze benötigt Temperaturen im Bereich von 18-25°C. Sie benötigt Regenwasser und einen immer feuchten Boden. Auch eine hohe Luftfeuchtigkeit schadet der Pflanze nicht, sondern unterstützt das Wachstum. Sie gedeiht auch in schattigen und dunklen Ecken. Eine normale Blumenerde mit Humus ist ausreichend. Sie ist bekannt dafür, dass sie ein gutes Raumklima herstellt (Autorenkollektiv, 1974, S. 134,135).

Auch diese Pflanze entwickelte sich sehr gut. Ihre Blüten bzw. Staubblätter fingen jedoch sehr schnell und stark an zu schimmeln, allerdings breitete sich der Schimmel auf der Pflanze nicht weiter aus. Trotz des Schimmelbefalls entwickelte die Pflanze neue Blätter und Blüten.



Abbildung 18: Einblatt vor dem Versuch

Venusfliegenfalle

Die Venusfliegenfalle (*Dioneae muscipula*), von der Gattung der Karnivoren, stammt ursprünglich aus North und South Carolina und bevorzugt einen warmen Standort ohne Zugluft. Die Venusfliegenfalle reagiert sehr stark auf kalkhaltiges Wasser und benötigt daher Regenwasser. Sie braucht ein sehr feuchtes Substrat. Die Venusfliegenfalle verträgt keine direkte Sonneneinstrahlung. Das Substrat ist in freier Natur sehr nährstoffarm, daher entwickelte die Pflanze erst den Mechanismus des Fangens von Insekten, um die benötigten Nährstoffe aus den Insekten zu beziehen. Der Fangmechanismus ist hoch komplex (*Blumen und Garten*, 1974d, S. 97).

In meinem Versuch konnte die Pflanze wenige Insekten fangen, jedoch war der Boden nährstoffreicher als normal und daher entwickelte sie sich in dem Versuch



Abbildung 19: Venusfliegenfalle vor dem Versuch

sehr gut. Sie bildete nach einer harten Eingewöhnungszeit viele neue Fangarme und hatte keinen Schimmelbefall. Durch die zu hohe Lichtintensität wurden einige Fangarme braun und fingen an zu schimmeln. Trotzdem bildete sie neue Fangarme. Das Substrat war ein Gemisch aus der, bei der Pflanzen enthaltenen Erde und Kakteenerde.

Schlauchpflanze

Die Schlauchpflanze (*Sarracenia pupurea*) stammt aus Nordamerika und gehört zur Gattung der Karnivoren. Ideal sind Temperaturen von 20 bis 25°C, jedoch ist die Pflanze auch winterhart. Die Pflanze benötigt viel Wasser und sollte mit dem Anstauverfahren gegossen werden. Sie benötigt jedoch kalkfreies Wasser. Die Pflanze benötigt eine recht hohe Sonneneinstrahlung und verträgt auch direkte Sonneneinstrahlung. Ein saures Substrat wird von ihr bevorzugt (*Blumen und Garten*, 1974c).



Abbildung 20: Schlauchpflanze vor dem Versuch

Die Schlauchpflanze entwickelte anfangs viele neue Triebe. Sie bildete bereits zu Beginn braune Schläuche, die wegen der schlechten Lebensbedingungen außerhalb des Terrariums vorhanden waren. Die abgestorbenen Teile fingen im Terrarium sehr schnell zu schimmeln an. Trotz des Schimmelbefalls entwickelte sie weiterhin neue Schläuche.

Silbernetzblatt

Das Silbernetzblatt (*Fittonia*) stammt ursprünglich aus dem Südamerikanischen Regenwald und wächst auf der Bodenschicht oder als Kletterpflanze. Die Temperaturen sollten nicht unter 18° Celsius fallen. Sie braucht einen immer feuchten Boden, muss daher sehr regelmäßig und gleichmäßig gegossen werden, allerdings verträgt sie keine Staunässe. Hinzu kommt, dass sie eine



Abbildung 21: Silbernetzblatt vor dem Versuch

Luftfeuchtigkeit über 80% benötigt und immer mit kalkarmem Wasser gegossen werden muss. Sie braucht einen hellen Standort, verträgt jedoch keine direkte Sonneneinstrahlung. Handelsübliche Blumenerde kann als Substrat verwendet werden. Da sie keine Staunässe verträgt, sollte das Substrat jedoch nicht zu fest sein (*Blumen und Garten*, 1974a, S. 47).

Zu Beginn des Versuches entwickelte sie sich gut. Sie hat sich kaum verändert, außer dass sich am Stamm Haare entwickelten, wegen der hohen Lichtintensität. Ein Blatt wurde etwas heller, was auch auf eine zu hohe Lichteinstrahlung hinweist. Sie schimmelte relativ spät und hatte dann hängende und braune Blätter.

Kaktus

Der Kaktus stammt ursprünglich aus Amerika und ist erst nach der Entdeckung des Kontinents auf andere Kontinente übergegangen. Mindesttemperaturen liegen Tagsüber bei 15° und nachts bei 1°. Er benötigt sehr wenig Wasser. Die Intensität der Lichteinstrahlung ist bei den meisten Kakteen bedeutungslos, daher können sie einer recht hohen Lichtintensität ausgesetzt werden. Als Substrat sollte spezielle Kakteenerde genutzt werden, (*Blumen und Gärten*, 1974).



Abbildung 22: Kaktus vor dem Versuch

Der Kaktus war ein Versuch eine dem Lebensraum nicht angepasste Pflanze zu beobachten. Jedoch passte sich die Pflanze erstaunlich gut dem, für sie viel zu feuchtem Klima an. Sie entwickelte weitere Stacheln gegen die hohe Lichtintensität. Gegen Ende begann der Kaktus zu schimmeln und bei dem Entnehmen der Kaktee war zu sehen, dass diese von innenheraus bereits komplett zersetzt war.

Sukkulente

Die Sukkulente sind eine sehr große Pflanzengattung, zu der auch die Kakteen zählen. Die meisten Sukkulente benötigen ähnliche Bedingungen wie Kakteen. Sukkulente



Abbildung 23: Sukkulente vor dem Versuch

sind auf der ganzen Erde beheimatet. Sie benötigen nicht viel Wasser, da Wasser sehr gut in ihren fleischigen Blättern gespeichert werden kann. Sie benötigen Regenwasser und einen sonnigen Standort. Das Substrat sollte sehr durchlässig sein, wie zum Beispiel Kakteenerde. Die Vermehrung der Sukkulente ist einzigartig in der Pflanzenwelt. Ein abgefallenes Blatt bildet an der Bruchstelle Wurzeln und aus diesem Blatt entwickelt sich eine neue Pflanze (Marmor, 2019), (Schmitz, 2019). Die Sukkulente sollten zeigen, ob die Vermehrung in einem Terrarium möglich ist. Es wurden zwei Möglichkeiten für die Fortpflanzung angewandt. Zum einen wurde ein abgebrochenes Blatt verwendet, welches auf die Erde gelegt wurde, um dort Wurzeln und neue Blätter zu bilden. Dieser Versuch war erfolgreich und die Entwicklung lief um einiges schneller ab als in einem normalen Raumklima. Was an einem durchgeführten Versuch zu sehen war. Der zweite Vermehrungsweg war, ein abgebrochenes Blatt in die Erde zu stecken und zu hoffen das dieses anwurzelt. Auch dies hat sehr gut funktioniert was zu sehen war, da der Steckling nicht vertrocknete und sich weiterentwickelte.

Tillandsie

Tillandsien sind in Südamerika beheimatet. Grüne Tillandsien brauchen Temperaturen über 15° C und benötigen eine sehr hohe Luftfeuchtigkeit, sowie eine sehr hohe Lichteinstrahlung. Sie wachsen ursprünglich auf Bäumen oder Mauern und benötigen somit kein Substrat (*Blumen und Garten*, 1974d, S. 13).



Abbildung 24: Tillandsie vor dem Versuch

Die Tillandsien haben sich kaum weiterentwickelt. Anfangs hat sich lediglich eine stärkere Grünfärbung eingestellt. Diese wurde im zunehmenden Verlauf des Versuchs von Schimmel und einer leichten Braunfärbung abgelöst.

Flechte

Flechten sind eine Symbiose aus Algen und Pilzen. Die Pilze können keine organischen Substanzen, wie Glucose bilden. Das erledigen die Algen für den Pilz. Im Gegenzug nutzt die Alge den Pilz, für die Befestigung an glatten und steilen Unterlagen. Die Symbiose aus Pilzen und Algen benötigt lediglich ausreichend Licht und Wasser für das Überleben. Die Flech-



Abbildung 25: Flechte im Versuch am 10.09.2019

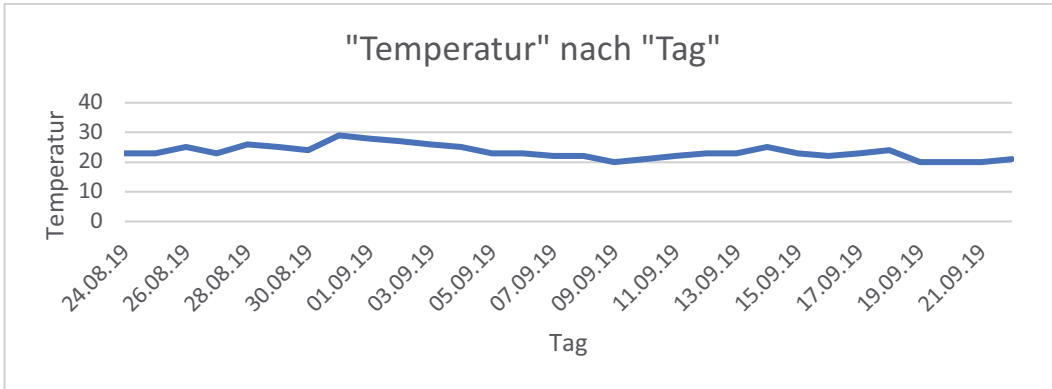
ten sind sehr widerstandsfähig und haben kaum spezielle Anforderungen an ihre Umgebung. Sie vertragen jedoch keine unreine Luft, daher eignen sie sich sehr gut als Bioindikatoren¹⁵. (*Blumen und Gärten*, 1974), (May et al., o. J.-b).

Bei der Flechte hat sich von Beginn des Versuches bis zum Ende nichts verändert. Sie wurde nicht vom Schimmeln befallen und war somit die einzige Pflanzenart, die nicht anfällig für den Schimmel war. Das Überleben der Flechten spricht für ein gutes Raumklima im Biotop, trotz des Schimmelbefalls.

¹⁵ „Organismen, die der Erkennung und mengenmäßigen Erfassung von Umweltfaktoren dienen.“(Dipl.-Biol. Elke Brechner, Dr. Dinkelaker, & Dr. Dreesmann, 2001a).

Pflanzenbeobachtung Biotop

	22.8.	29.8.	30.8.	10.9.	13.9.	18.9.	18.9.	21.9.2018	Kategorie 1
▼ Moose									
A	Ist trocken	Es wird grüner	Ist grün	Beginnt zu schimmeln	Schimmel breitet sich langsam aus	Schimmel breitet sich langsam aus	Schimmel zu 1/3, wird wieder Braun	Schimmel zur Hälfte	Moose
B	Ist fach und gesund	Aus ihm entwickelt sich ein Sporbüschel wächst in die Höhe	Es entwickelt weitere Spörbüschel	Keine Veränderung	Der Grassalm ist umgeknickt	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Es vertrocknet leicht	Moose
C	Ist fach und gesund	Es wächst in die Höhe	Es entwickelt kleine Grassalme	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Schimmel	Moose
D	Ist fach und gesund	Es wächst in die Höhe	Es entwickelt kleine Grassalme	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Moose
E	Ist fach und gesund	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Moose
F	Ist fach und leicht braun	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Holz Stück auf Moos schimmelt	Moss liegt an zu schimmeln	Schimmel	Moose
G	Ist fach und gesund	Wächst gut	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Schimmel	Moose
H	Ist fach und leicht braun	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Schimmel	Moose
I	Ist fach und gesund	Wächst in die Höhe	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Bläschen trocken	Moose
J	Ist fach und gesund	Wächst in die Höhe	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Moose
K	Ist fach und leicht braun	Keine Veränderung	Ist grüner	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Schimmel	Keine Veränderung	Moose
L	Ist fach und leicht braun	Keine Veränderung	Ist grüner	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Schimmel	Keine Veränderung	Moose
M	Ist fach und leicht braun	Keine Veränderung	Ist grüner	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Schimmel	Keine Veränderung	Moose
N	Ist fach und gesund	Wächst in die Höhe	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Geht's gut	Leicht trocken	Moose
Sternmoos Faser	Ist fach und gesund	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Beginnt nah des Wurzelansatzes zu schimmeln	Keine Veränderung	Schimmel	Keine Veränderung	Moose
▼ Normale Pflanzen									
Grünleie	Ist gesund	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Beginnt ganz schwach zu schimmeln	Braune Punkte, Blätter fangen an zu verwelken	Braun eingefallen, schimmelt	Keine Veränderung	Normale Pflanzen
Orchidee	Ist gesund, hat viele Blüten	Blauet sind leicht braun anfärbt, wässrig	Fängt an zu Schimmeln Blätter fallen ab, eine neue Blüte	Neue Blüte, schimmelt stärker	Schimmel geht etwas zurück	Schimmel geht weiter zurück, Blätter haben braune Flecken	Schimmel großflächig große braune Flecken	Keine Veränderung	Normale Pflanzen
Efeu	Ist gesund	Neue Blätter	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Treibt aus	Keines Efeu Blatt bei Moos beginnt zu schimmeln	Schimmel leicht, neue Triebe braun	Keine Veränderung	Normale Pflanzen
Kletterleige	Ist gesund	Neue Triebe	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Treibt neu, beginnt an stehen ende zu schimmeln	Keine Veränderung	Schimmel leicht	Keine Veränderung	Normale Pflanzen
Flammkalm	Hat zwei Blüten, ist gesund	Keine Veränderung	hat drei Blüten	Keine Veränderung	Neue Blüte, Neue Wurzeln treiben stark	Blätter werden weiser	Schimmel leicht auf Blatt, braune Flecken, viele Blüte entwickelt sich nicht weiter	Blüten werden Grünlich, Blätter schimmeln	Normale Pflanzen
Einblatt links	Ist gesund	Pollenball schimmelt, Blüten leicht grünlich	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Neue Blütenbildung, alte Blüte Schimmel stark, neues Blatt	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Normale Pflanzen
Einblatt rechts	Ist gesund	Bekommt grüne neue Blüte, pollenball schimmelt	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Neue Blätter neue Blüten, schimmelt weiß, Blütenfarbe nun mehr grünlich	abgestorbener Stängel fängt an zu schimmeln	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Normale Pflanzen
Venusfliegenfalle	Ist leicht braun, hat hängende Blätter	Komplett Gesund	Keine Veränderung	Entwickelt neue fallen	Keine Veränderung	eine Falle leicht bräunlich	Wird vom Stamm aus braun	Abgestorbener Stängel schimmelt	Normale Pflanzen
Schlauchpflanze	Ist gesund, vertrocknete Schlauchspitzen	Schwert sich stabilisiert zu haben	Keine Veränderung	Entwickelt neue Schläuche, Alle Schläuche Schimmel leicht	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Neue Schläuche schimmeln teilweise	Normale Pflanzen
Silbernetzblatt Weiss	Ist gesund	Keine Veränderung	Abgefallenes Orchideen Blatt, Blätter leicht anfärbt	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Fängt an zu schimmeln, verliert Farbe, wird braun, fängt	Schimmel	Normale Pflanzen
Silbernetzblatt Rot	Ist gesund	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Starke Behaarung am Stamm	Keine Veränderung	Verliert leicht an Farbe	Siehe Silber Spiegel Blatt Weiss	Schimmel, hat Farbe verloren	Normale Pflanzen
Bergpalme links	Ist gesund	Keine Veränderung	Neue Blätter	Keine Veränderung	entwickelt neues Blatt	2 Braune Blätter	Fängt am Stamm an zu schimmeln	Keine Veränderung	Normale Pflanzen
Bergpalme rechts	Ist gesund	Keine Veränderung	Neue Blätter	Keine Veränderung	entwickelt neues Blatt	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Entwickelt keine Blätter mehr	Normale Pflanzen
Kaktus	Ist gesund	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Bekommt lange Stacheln	Keine Veränderung	Fängt leicht an zu schimmeln	Schimmel stark	Normale Pflanzen
Sukkulente groß	Ist gesund, hat keine Wurzeln	Schwert Wurzeln gebildet zu haben, da sie nicht verzeichnet ist	Keine Veränderung	Leicht mass	entwickelt neue Blätter	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Schimmel leicht	Normale Pflanzen
Sukkulente klein	Ist gesund, hat keine Wurzeln	Wurzelsätze	Erste Blätter Ansatz	Blätter Ansatz sind größer geworden	Fünf entwickeln sich grünlilig, zwei vertrocknet, wachsen langsamer	Keine Veränderung	Entwickeln sich langsam	Eins schimmelt, der Rest ist sehr weiss	Normale Pflanzen
Tillandsie unten	Ist gesund	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Sehr grün	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Fängt an zu schimmeln	Normale Pflanzen
Tillandsie oben	Ist gesund	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Sehr grün	Schimmel leicht	Keine Veränderung	Etwas braun	schimmelt kaum	Normale Pflanzen
Flechte	Ist gesund	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	kein Wachstum	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Normale Pflanzen
Tiere	Zwei Regenwürmer, mehrere Kalkesseln, sind gesund	Regenwurm Hautet entdeckt	Keine Spur von Regenwürmer oder Kalkesseln oder sonstigen Gekäse, weiße wurzelartige Würmer an der Scheibe	Wurm geschicht, Spinnennetz entdeckt, darin befinden sich weiße Punkte	Wurm ist tot hat sich seit letzte Woche nicht bewegt, weiße Würmer werden weniger	Keine Tiere geschicht, weiße Würmer an Scheibe nur noch sehr klein	Keine geschicht	Keine Veränderung	Normale Pflanzen
Beleuchtungsdauer	7h	7h	7h	8 1/2h	8 1/2h	8 1/2 h	8 1/2 h	8 1/2h	Normale Pflanzen



6.4 Bildanhang

25.08.2019

Abbildungen 25-29 zeigen ein starkes und gesundes Pflanzenwachstum aller Pflanzen im Terrarium.



Abbildung 27



Abbildung 28



Abbildung 30



Abbildung 29



Abbildung 31

30.08.2019



Abbildung 35: Gesundes Wachstum der Pflanzen



Abbildung 33: Orchidee, die leicht schimmelt und eine neue nicht Schimmel befallene Blüte besitzt



Abbildung 34: starkes Wachstum der Pflanzen, Sukkulente haben kleine neue Blätter



Abbildung 32: stark beschlagene der Scheiben

10.09.2019



Abbildung 37: Würmer an der Glaswand

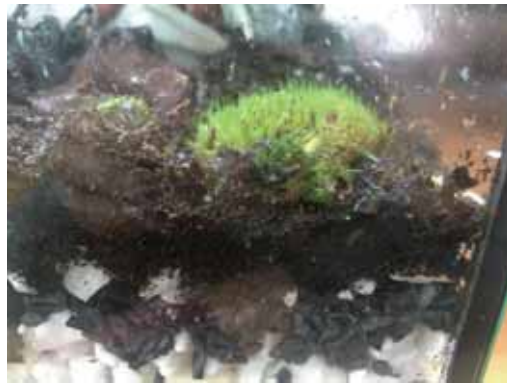


Abbildung 36: Gesundes Moos



Abbildung 37: Gesundes Pflanzenwachstum



Abbildung 38: Weiße Luftwurzeln an der Kletterfeige



Abbildung 39: Gesundes Pflanzenwachstum



Abbildung 40: größer gewordene Blätter an den kleinen Sukkulente



Abbildung 41: Orchidee in ähnlichem Zustand als am 30.08.2019



Abbildung 42: starke Verwurzelung der Orchidee

21.09.2019



Abbildung 43: Schimmel an Staubblatt von Einblatt, Sonnenschäden an Bergpalme



Abbildung 45: Schimmel an Karnivoren



Abbildung 47: Schimmel an Sukkulente



Abbildung 44: Schimmel und Entfärbung an Spindelnetzblatt, Schimmel an Kaktus und Orchideenblatt und Moos



Abbildung 46: Schimmel und Verwelkung der Grönlilie

6.2 Literaturverzeichnis

- Autorenkollektiv. (1974). *Blumen und Garten* (Bd. 1). Koch Berlin.
- Bauer, A., & Levy, N. (2018). *Gärten im Glas*.
Blumen und Garten (Bd. 2). (1974a). Koch Berlin.
- Blumen und Gärten* (Bd. 3). (1974). Koch Berlin.
- Blumen und Garten* (Bd. 5). (1974b). Koch Berlin.
- Blumen und Garten* (Bd. 6). (1974c). Koch Berlin.
- Blumen und Garten* (Bd. 8). (1974d). Koch Berlin.
- Brockhaus, S. (2019, April 19). *Humus: Entstehung und Bedeutung für den Boden*. Abgerufen von <https://utopia.de/ratgeber/humus-entstehung-und-bedeutung-fuer-den-boden/>
- Carstens, O. (o. J.-a). *Drainage*. Abgerufen von <https://www.duden.de/recht-schreibung/Drainage>
- Carstens, O. (o. J.-b). *Optimum*. Abgerufen von <https://www.duden.de/recht-schreibung/Optimum>
- Dip.-Biol. Brechner, E., Dr. Dinkelaker, B., & Dr. Dreesmann, D. (2019, August 12). *Biotop*. Abgerufen von <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/biotop/1587>
- Dip.-Biol. Brechner, E., Dr. Dinkelaker, B., & Dr. Dreesmann, D. (o. J.-a). *Fotosysteme*. Abgerufen von <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/fotosysteme/4371>
- Dip.-Biol. Brechner, E., Dr. Dinkelaker, B., & Dr. Dreesmann, D. (o. J.-b). *Humus*. Abgerufen von <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/humus/5699>
- Dipl.-Biol. Elke Brechner, E., Dr. Dinkelaker, B., & Dr. Dreesmann, D. (2001a). *Bioindikatoren*. Abgerufen von <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/bioindikatoren/1526>
- Dipl.-Biol. Elke Brechner, E., Dr. Dinkelaker, B., & Dr. Dreesmann, D. (2001b). *Mikroorganismen*. Abgerufen von <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/mikroorganismen/7607>
- Dipl.-Biol. Elke Brechner, E., Dr. Dinkelaker, B., & Dr. Dreesmann, D. (o. J.). *Lichtsammelkomplex*. Abgerufen von <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/lichsammelkomplex/7018>
- Dr. Bellut, T. (2018, Januar 4). *Pflegeleichte Hydrokultur*. Abgerufen von <https://www.zdf.de/verbraucher/volle-kanne/pflanzentipps-pflegeleichte-hydrokultur-100.html>
- Dr. Lippold, B. (o. J.). *Zellatmung*. Abgerufen von <https://www.chemie.de/lexikon/Zellatmung.html>
- Dr.Henn-Sax, M. (o. J.). *Umweltfaktoren*. Abgerufen von <https://www.abiweb.de/biologie-oekologie/was-ist-oekologie-grundlegende-regeln-im-haushaltsspiel-der-natur/abiotische.html>
- Eggers, U., Freudenberg, D., Hallsteiner, A., Hestermann, S., Jansen, P., Kaiser, M., ... Strauss, C. (2019). *Grünlilien*. Abgerufen von <https://www.gartenjournal.net/gruenlilien>
- Füßler, C. (2017, März 17). *Moose*. Abgerufen von <https://www.planet-wissen.de/natur/pflanzen/landpflanzen/landpflanzen-moose-100.html>
- Grün, G.-C. (2011, November 29). *Eisenharter Kosmopolit mit 14 Beinen*. Abgerufen von <https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2011-11/unterschaetztes-tier>

kellerassel

- Hödl, I. (o. J.). *Lebensbedingungen der Schimmelpilze*. Abgerufen von <https://www.verwaltung.steiermark.at/cms/dokumente/11683559/20e76130/203%20bis%20214%20aus%20Mitteilungen%2042-43-%20Lebensbedingungen%20der%20Schimmelpilze.pdf>
- Julia, K. (2018, August). *Welternährung verstehen*. Abgerufen von https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Welternaehrung-verstehen.pdf?__blob=publicationFile
- Lockwood, R. (2014). *RossSuit*. Abgerufen von <http://hi-seas.org/wp-content/gallery/hiseasall/rossSuit.jpg>
- Marmor, L. (2019, Januar 25). *Kleine Kunstwerke der Natur: Sukkulente*. Abgerufen von <https://www.ndr.de/service/impressum/index.html>
- May, H., Schröter, A., Sengespeik, J., Häfemeier, B., Palapies, S., Flöper, N., ... Opitz, F. (o. J.-a). *Ein emsiger, aber lichtscheuer Geselle*. Abgerufen von <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/sonstige-arten/02265.html>
- May, H., Schröter, A., Sengespeik, J., Häfemeier, B., Palapies, S., Flöper, N., ... Opitz, F. (o. J.-b). *Wenn der Pilz mit der Alge...* Abgerufen von <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/sonstige-arten/pilze-flechten-moose/artenportraits/14125.html>
- Michler, I. (2016, Januar 19). *Rücksichtslose Jagd auf den neuen, alten Bodenschatz*. Abgerufen von <https://www.welt.de/wirtschaft/article151170043/Ruecksichtslose-Jagd-auf-den-neuen-alten-Bodenschatz.html>
- Motzer, R. (o. J.). *Biologie Fundamentaler Stoffwechselprozesse*. Abgerufen von https://lernplattform.mebis.bayern.de/pluginfile.php/4561746/mod_resource/content/1/Q%2011%20Bio-Skript-Teil2-Stoffwechselprozesse.pdf
- Pauly, D. (2014). *Homo sapiens: Cancer or parasite?* Abgerufen von <https://www.int-res.com/articles/esep2014/14/e014p007.pdf>
- Rahmstorf, S. (2012, August 28). *Im Teufelskreis der Erwärmung*. Abgerufen von <https://www.sueddeutsche.de/wissen/eisschmelze-und-klimawandel-im-teufelskreis-der-erwaermung-1.1452223>
- Reh, A. (2001, Juli 10). *Leitfaden zur Kakteenpflege*. Abgerufen von <http://www.staff.uni-giessen.de/~gf1066/leitfad/leitfad.htm>
- Sanner, A. (2006). *Ineffiziente Bewässerung dominiert*. Abgerufen von <http://akwasser.de/sites/default/files/dateien/bewaesserung-lang.pdf>
- Schmitz, M. (2019, Oktober 5). *Sukkulente eignen sich für Vergessliche*. Abgerufen von https://www.t-online.de/heim-garten/garten/id_63101522/sukkulente-pflege-tipps-zum-giessen-und-vermehren.html
- Severinghaus, J., Broecker, W., Dempster, W., MacCallum, T., & Wahlen, M. (1994, Januar 18). *Oxygen loss in biosphere 2*. Abgerufen von <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/94EO00285>
- Simon, M., Latorella, K., Martin, J., Cerro, J., Lepsch, R., Jefferies, S., & Goodliff, K. (2017, März 9). *NASA's Advanced Exploration Systems Mars Transit Habitat Refinement Point of Departure Design*. Abgerufen von <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20170002219.pdf>
- Timmerarens, C. (o. J.). *EM-Wirkung in Kurzform*. Abgerufen von <https://www.emiko.de/was-ist-em/>
- Wachtel, J. (2019, Februar 5). *Wetterlexikon: Mikroklima*. Abgerufen von <https://www.wetter.de/impressum.html>

6.3 Bildquellen

Bild auf S.1 (Lockwood, 2014)

Bilder auf S. 12 und 13 sind aus Gärten im Glas(Bauer & Levy, 2018, S. 15,16).

Alle Bilder, die nicht anders gekennzeichnet sind, wurden eigenständig erstellt.

6.5 Erklärung der eigenständigen Erstellung

Siehe nächste Seite.

Seminararbeit

Erklärung der eigenständigen Erstellung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht habe.

Ort, Datum

Unterschrift des Verfassers/der Verfasserin