

# Einfluss der Waldwirtschaft auf den Zustand eines Waldes

Maturaarbeit

Lukas Fischer

Kantonsschule Wettingen



Betreuerin: Claire Bonifay

Gegenleser: Dario Cerletti

Nussbaumen, November 2022

## Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde der Einfluss der Waldwirtschaft auf den Zustand eines Waldes untersucht. Dafür wurde ein Experiment durchgeführt, indem alle Pflanzen auf einer bestimmten Fläche gezählt und bestimmt wurden. Das Ganze wurde für zwei Standorte gemacht; einmal in einem unbewirtschafteten Wald und einmal in einem Wirtschaftswald. Mit diesen Daten wurde dann ein Index (Shannon-Weaver Index) berechnet, welcher Auskunft über die Biodiversität gibt. Die Resultate zeigen, dass der unbewirtschaftete Wald eine höhere Biodiversität aufweist als der bewirtschaftete. Weiter wurde untersucht, welche Auswirkungen diese Veränderungen der Biodiversität auf die Wälder haben. Durch Recherche stellte sich heraus, dass die Veränderungen, welche durch die Forstwirtschaft entstehen, viele negative Auswirkungen haben. Ein Beispiel ist die erhöhte Vulnerabilität gegenüber Naturkatastrophen (z.B. Sturm, Trockenheit, Schädlingsbefall).

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorwort und Einleitung</b> .....	6
<b>2</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b> .....	6
<b>2.1</b>	<b>Biodiversität</b> .....	6
<b>2.2</b>	<b>Forstwirtschaft</b> .....	7
<b>2.3</b>	<b>Shannon-Weaver Index</b> .....	7
<b>2.4</b>	<b>Totholz</b> .....	8
<b>2.5</b>	<b>Urwald</b> .....	9
<b>2.6</b>	<b>Waldgesellschaften</b> .....	9
<b>3</b>	<b>Fragestellungen und Hypothesen</b> .....	9
<b>3.1</b>	<b>Fragestellung 1</b> .....	10
<b>3.2</b>	<b>Fragestellung 2</b> .....	10
<b>3.3</b>	<b>Fragestellung 3</b> .....	10
<b>4</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	10
<b>4.1</b>	<b>Material</b> .....	10
<b>4.2</b>	<b>Voraussetzungen an den Standort zur Datenerhebung</b> .....	11
4.2.1	Der Sihlwald.....	11
4.2.2	Weitere Anforderungen.....	12
4.2.3	Waldgesellschaften.....	12
4.2.4	Dieser Standort wurde ausgewählt.....	12
<b>4.3</b>	<b>Ablauf der Datenerhebung</b> .....	12
4.3.1	Zählung.....	13
4.3.2	Bestimmung.....	13
4.3.3	Koordinaten notieren und Fotos erstellen.....	14
4.3.4	Daten (zeitlich) der Datenerhebung.....	14
<b>4.4</b>	<b>Vorgehen bei der Auswertung</b> .....	14
4.4.1	Die Rechnung.....	14
4.4.2	Umsetzung der Rechnung.....	15

4.4.3	Warum keine Vergleichbarkeit mit fremden Daten möglich ist oder nur in seltenen Fällen...	15
<b>4.5</b>	<b>Art der Darstellung der Ergebnisse</b>	<b>16</b>
4.5.1	Tabellen	16
4.5.2	Diagramme	16
<b>5</b>	<b>Resultate</b>	<b>17</b>
<b>5.1</b>	<b>Kurzfassung der wichtigsten Daten</b>	<b>17</b>
<b>5.2</b>	<b>Genauere Informationen zum Bewuchs</b>	<b>18</b>
5.2.1	Daten zum Bewuchs der beiden Waldtypen (kumulierte Flächen)	18
5.2.2	Erweiterter datenbasierter Vergleich der beiden Waldtypen	19
5.2.3	Daten zum Bewuchs der einzeln untersuchten Standorte	20
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>23</b>
<b>6.1</b>	<b>Interpretation der Resultate</b>	<b>23</b>
6.1.1	Vergleich der Daten vom Wirtschafts- und Naturwald gesamt	23
6.1.2	Vergleich der Daten vom Wirtschafts- und Naturwald einzeln	23
<b>6.2</b>	<b>Beantwortung Fragestellung 1: Verändert sich die Biodiversität der Flora des Waldes durch dessen Bewirtschaftung?</b>	<b>24</b>
<b>6.3</b>	<b>Beantwortung Fragestellung 2: Welche Faktoren der Waldwirtschaft wirken sich auf das Leben im Wald aus?</b>	<b>24</b>
<b>6.4</b>	<b>Beantwortung Fragestellung 3: Wirken sich die Veränderungen (falls vorhanden) auf die Stabilität des Ökosystems aus?</b>	<b>25</b>
<b>6.5</b>	<b>Fehlerquellen</b>	<b>25</b>
<b>6.6</b>	<b>Fazit</b>	<b>26</b>
6.6.1	Die Waldwirtschaft hat eine negative Auswirkung auf das Leben im Wald	26
6.6.2	Neue Hypothese	26
6.6.3	Reflexion	26
<b>6.7</b>	<b>Ausblick</b>	<b>27</b>
<b>7</b>	<b>Persönliche Botschaft</b>	<b>27</b>
<b>8</b>	<b>Danksagung</b>	<b>28</b>
<b>9</b>	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>29</b>

<b>9.1 Bücher, Zeitungen und Studien</b> .....	29
<b>9.2 Diagramme, Bilder und Tabellen</b> .....	30
9.2.1 Diagrammverzeichnis.....	30
9.2.2 Bilderverzeichnis .....	30
9.2.3 Tabellenverzeichnis.....	31
<b>9.3 Programme</b> .....	31
<b>10 Anhang</b> .....	32
<b>10.1 Rohdaten</b> .....	32
10.1.1 Rohdaten gesamt.....	32
10.1.2 Rohdaten einzeln.....	33

## 1 Vorwort und Einleitung

Schon als kleines Kind nahmen mich meine Eltern oft mit in den Wald. So verbrachte ich seit ich mich erinnern kann viel Zeit in diesem faszinierenden Ökosystem und habe den Wald schätzen gelernt. Als ich älter wurde, beschäftigte ich mich immer mehr mit den wissenschaftlichen Aspekten der Wälder und lernte so über ihre Bedeutung für die Natur sowie auch für uns Menschen. Es ist in meinem Interesse, dass der Wald gesund bleibt, um seine Aufgaben gut erfüllen zu können. Ein gesunder Wald zeichnet sich durch viele Merkmale aus - eines davon ist die Biodiversität. Es gibt viele Aspekte, welche sich auf die Biodiversität in einem Ökosystem auswirken. Ich entschied mich, in meiner Maturaarbeit den Faktor der Waldwirtschaft zu untersuchen, da ich dazu noch einen kleinen persönlichen Bezug habe. Früher war ich oft bei meinen Grosseltern im Seeland BE auf dem Bauernhof in den Ferien. Sie besitzen dort nebst Ackerland auch noch ein Stück Wald, das sie teilweise selbst bewirtschaften. Ich ging dann oft mit meinem Grossvater mit in den Wald, um die jung gepflanzten Bäumchen und Tannen einzuzäunen, sodass sie nicht vom Wild gefressen werden, sowie um Stämme zu zersägen, aus welchem dann später Brennholz gemacht werden konnte. Doch welche Effekte das auf den Wald haben könnte, habe ich mir damals noch nicht gross überlegt. Deshalb interessiert es mich jetzt umso mehr, was mein damaliges Treiben im Wald für einen Effekt hatte.

Die Waldwirtschaft greift in die natürliche Entwicklung des Waldes ein und ich frage mich, wie viel dieser Eingriff verändert. Dazu werde ich zwei verschiedene Stücke Wald in Bezug auf die Biodiversität vergleichen. Eines davon ist in einem Wirtschaftswald und das andere in einem Naturwald, welcher nicht bewirtschaftet wird. Im Rahmen der Maturaarbeit ist es unmöglich, eine allgemeingültige Untersuchung durchzuführen; dafür müssten alle unterschiedlichen Waldtypen untersucht werden, was einem enormen Aufwand entspricht. Ich untersuche hier nur einen spezifischen Waldtyp, um aussagekräftige Resultate zu bekommen.

Bei meiner Maturaarbeit unterstützten mich meine Betreuungsperson Claire Bonifay, mein Gegenleser Dario Cerletti, Schmidt Ronald von der Stiftung Wildnispark Zürich, das Forstrevier Thalwil und meine Familie.

## 2 Theoretische Grundlagen

### 2.1 Biodiversität

Den Begriff Biodiversität kennt mittlerweile fast jeder, da er immer wichtiger und in den Nachrichten auch oft diskutiert wird. Doch was genau die Biodiversität ist und wie man sie messen kann, ist Vielen nicht bewusst. Wichtig ist vorab: Wenn von der Biodiversität die Rede ist, bezieht sich das immer auf eine bestimmte Fläche.

Eine mögliche Herangehensweise ist, dass man die Biodiversität in drei Ebenen aufteilt.<sup>1</sup>

1. Genetische Vielfalt: Hier ist die genetische Vielfalt innerhalb einer Art gemeint
2. Artenvielfalt: Die verschiedenen Arten, welche auf der definierten Fläche vorkommen
3. Vielfalt der Lebensgemeinschaften: Ökosystemvielfalt

Oft wird die Biodiversität nur damit in Verbindung gesetzt, wie viele verschiedene Arten auf einem bestimmten Abschnitt gefunden werden. Doch unter bestimmten Umständen kann beispielsweise eine Wiese, welche weniger Arten als eine andere Wiese beherbergt, trotzdem eine höhere Biodiversität aufweisen. Das liegt daran, dass auch entscheidend ist, wie ausgeglichen die Arten vorkommen. Wenn also auf einer Wiese 10 Arten vorkommen und eine Pflanze alleine 90% des Bewuchs ausmacht und sich die anderen 9 Arten die restlichen 10% teilen, ist das biologisch weniger wertvoll, als wenn 8 Arten vorkommen und sie jeweils 12.5% des Bewuchs ausmachen.

## 2.2 Forstwirtschaft

Unter Forstwirtschaft (oder auch Waldwirtschaft) allgemein versteht man die wirtschaftliche Nutzung eines Waldes. Es gibt viele verschiedene Arten der Forstwirtschaft, wobei ein Merkmal sehr entscheidend ist. Es kommt darauf an, ob in einem Wald mehr Holz geerntet wird als nachwächst oder ob mehr wächst als geerntet wird. Anhand dieses Merkmals wird oft geurteilt, ob ein Bewirtschaftungsmodell einer nicht nachhaltigen oder einer nachhaltigen Nutzung des Waldes entspricht. Doch nur aufgrund dieses Faktors über die Nachhaltigkeit zu urteilen ist inkorrekt; es ist auch wichtig, was in den Wäldern gepflanzt wird, um das abgeholzte Material zu kompensieren. Wenn beispielsweise in einem Laub-Nadel Mischwald viele Eichen und Fichten gefällt werden, aber nur Fichten neu angepflanzt werden - aus dem Grund, dass diese schneller wachsen und so mehr Holz liefern - ist dies nicht nachhaltig, weil so die Struktur des Waldes verändert wird. Anstatt eines Waldes mit vielen Arten nähert man sich so einer Monokultur. Nachhaltige Forstwirtschaft heisst, dass neu aufgeforstet wird, wie gefällt wird.

## 2.3 Shannon-Weaver Index

Für die Auswertung der Daten, welche in dem Experiment zum Biodiversitätsvergleich zwischen dem bewirtschafteten und unbewirtschafteten Waldstück erhoben werden, wird der Shannon-Weaver Index (auch Shannon-Weaver Index of diversity oder Shannon-Wiener Index genannt) gebraucht. Er ist neben dem Simpson-Index einer der am meist gebrauchten Darstellungsmethoden, wenn es um die Erfassung der Biodiversität geht. Für manche Projekte reicht es zu wissen, wie viele verschiedene Arten sich auf einer gewissen Fläche aufhalten.

---

<sup>1</sup> Bayrische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, (2018) Was ist Biodiversität?, Zugriff am 2.11.2022

Doch nicht die Anzahl Arten allein ist ausschlaggebend für die Biodiversität; beim Shannon Wever Index spielt es zusätzlich eine Rolle, wie viele Individuen es pro Art gibt<sup>2</sup>. Das ist aus diesem Grund wichtig: Wenn angenommen wird, dass auf einer Fläche von 1m<sup>2</sup> insgesamt 100 Individuen leben, welche sich in 5 Arten unterteilen lassen und die Art 1 hat 70, Art 2 hat 14, Art 3 hat 6, Art 4 hat 5 und Art 5 hat 5 Individuen, sagt dies etwas anders über die Biodiversität aus, als wenn die Individuen pro Art gleichmässiger verteilt wären. Es werden also auch Dominanzverhältnisse aufgezeigt<sup>3</sup>. Eine weitere Methode um die Artenvielfalt zu bestimmen wäre der Simpson Index. Bei diesem können aber aufgrund des Rechenmodells<sup>4</sup> seltene Arten (Arten mit geringer Anzahl Individuen) ausser Acht gelassen werden und da bei dieser Arbeit nicht mit einer enorm grossen Anzahl an Daten gearbeitet wird, kommen oft Arten mit geringer Zahl vor. Deshalb eignet sich der Shannon-Weaver Index besser für diese Arbeit.

## 2.4 Totholz

Totholz ist abgestorbenes, hölzernes Material. Dabei gibt es verschiedene Formen von Totholz. Liegendes Totholz sind abgestorbene Bäume und Sträucher, welche umgefallen sind und auf dem Boden liegen (Bild 1 links). Stehendes Totholz sind ganze Bäume, welche noch stehen (Bild 1 rechts) und hängendes Totholz sind abgestorbene Äste, welche aber noch an einem



Bild 1: links liegendes Totholz, rechts stehendes Totholz (Wald in Nussbaumen)



Bild 2: bereits stark zersetztes Totholz, guter Lebensraum (Wald in Nussbaumen)

lebenden Baum hängen<sup>5</sup>.

All diese Varianten von Totholz sind wichtiger Lebensraum und Nahrungsquelle für viele Tiere (Bild 2).

Nahrung gleich in doppelter Hinsicht: Die Xylophagen (holzfressende Insekten) brauchen das Totholz als Nahrungsquelle und andere Tiere ernähren sich wiederum von den Xylophagen im Totholz. Insgesamt sind geschätzt 5000 Tiere und Pflanzenarten vom Totholz direkt oder indirekt abhängig.<sup>6</sup>

<sup>2</sup> Zach. N, (2021) Shannon Diversity Index: Definition and Example, Zugriff am 16.10.2022

<sup>3</sup> Dr. Bäuml. W, (2019) Biodiversität, Zugriff am 16.10.2022

<sup>4</sup> Dodge. Y, (2008) The Concise Encyclopedia of Statistic, S. 278

<sup>5</sup> Wermelinger B, Duelli P, (2002) Wie viel Totholz brauch der Wald?, Zugriff am 16.10.2022

<sup>6</sup> BirdLife, (o.J) Lebendiges Totholz, Zugriff am 16.10.2022



## 2.5 Urwald

In der Umgangssprache wird das Wort Urwald sehr oft im falschen Kontext angewendet, weil die meisten Leute eine inkorrekte Vorstellung von Urwald haben. Die meisten denken an einen tropischen Wald, obwohl die geographische Lage eines Waldes nichts damit zu tun hat, ob ein Wald als Urwald bezeichnet wird oder nicht. Ein anderes Wort für Urwald ist Primärwald, was schon ein bisschen mehr über die wahre Definition von diesem Wald Typ sagt: Beim eigentlichen Urwald handelt es sich um ein vom Menschen völlig unberührtes Stück Wald<sup>7</sup> - sobald also Holz geschlagen wird oder sonstige Veränderungen durch den Menschen vorgenommen werden, ist es kein Urwald mehr und wird auch nie wieder einer sein.

## 2.6 Waldgesellschaften

Die Bezeichnung Laub, Nadel und Mischwald sind vielen Leuten bekannt, aber der Wald wird noch viel genauer gruppiert. Oftmals werden Wälder nach der häufigsten Baumart, welche dort wachsen, benannt. So heisst zum Beispiel ein Wald, indem hauptsächlich Buchen wachsen, Buchenmischwald. Die Bezeichnung Buchenmischwald ist aber ebenfalls nur eine grobe Einteilung - genauer sind da die Waldgesellschaften. In ihren Namen können noch Informationen über Bodeneigenschaften (PH-Wert, Erden) und häufige Pflanzen in der Moos-, Kraut-, Strauch- und Baumschicht enthalten sein. So gibt es in einem Buchenmischwald Waldgesellschaften mit Namen wie Lungenkraut Buchenwälder. Auch möglich ist, dass in einem Abschnitt eines Buchenmischwaldes die Anzahl Buchen gar nicht so hoch ist, so dass im Namen der Waldgesellschaft die Art Buche gar nicht vorkommt (z.B. im Buchenmischwald Sihlwald gibt es Erlen-Eschen Wälder)<sup>8</sup>.

## 3 Fragestellungen und Hypothesen

Die Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit sollen vielfältig aufzeigen, wie der Mensch durch die Bewirtschaftung des Waldes Einfluss auf das Leben im Wald nimmt. Der Einfluss wird durch die Beantwortung von folgenden Fragestellungen ermittelt.

---

<sup>7</sup> Staffelbach H, (2017) Der grösste Urwald der Schweiz ist nicht leicht zu haben, Bellevue NZZ, 22.09.2017, Zugriff am 16.10.2022

<sup>8</sup> GIS-Browser Swisstopo (ZH), Vegetationskundliche Kartierung der Wälder im Kanton Zürich, Zugriff am 16.10.2022

### 3.1 Fragestellung 1

Verändert sich die Biodiversität der Flora des Waldes durch dessen Bewirtschaftung (Experimentell ermittelt)?

Hypothese: Ja, durch die Bewirtschaftung des Waldes wird Material entnommen, welches Lebensraum für viele Tiere wäre - die dadurch geringere Diversität der Fauna wirkt sich auch auf die Flora aus.

### 3.2 Fragestellung 2

Welche Faktoren der Waldwirtschaft wirken sich auf das Leben im Wald aus (z.B. fehlendes Material, Lärm, Anwesenheit von Menschen)?

Hypothese: Ich denke vor allem das Entnehmen von Totholz wirkt sich auf das Leben im Wald aus, aber auch Faktoren wie die Anwesenheit von Menschen wirken sich besonders auf grössere Tiere aus, welche wiederum Einfluss auf die Flora haben.

### 3.3 Fragestellung 3

Wirken sich die Veränderungen (falls vorhanden) auf die Stabilität des Ökosystems aus?

Hypothese: Ja, denn ein Ökosystem mit geringer Diversität kann oftmals nur schlecht auf schnellere Umweltveränderungen (z.B. Befall durch Schädlinge) reagieren und gerät so aus dem Gleichgewicht.

## 4 Material und Methoden

Um die Fragestellungen zu beantworten und die Hypothesen zu überprüfen, wurde mit einem Experiment, in welchem zwei Waldstandorte, einmal unbewirtschaftet und einmal bewirtschaftet, miteinander in ihrer Biodiversität verglichen - mittels Shannon-Weaver Index. Zur Beantwortung der restlichen Fragestellungen wurde ergänzend recherchiert. In diesem Kapitel (Material und Methoden) wird nur auf das Experiment eingegangen.

### 4.1 Material

Zur Datenerhebung wurde ein geeigneter Standort sowie das richtige Material benötigt. Zum Material gehört ein Massband (Mindestlänge 1m), um die Fläche von 1m<sup>2</sup> abzumessen, dünne Stöcke (ca. 50cm hoch), um das ausgemessene Quadrat abzustecken sowie ein Stück Schnur, welches einen geschlossenen Kreis mit einem Umfang von 4m bildet, um die Stöcke einmal zu umwickeln (ermöglicht genaueres Arbeiten). Für die Bestimmung der einzelnen Pflanzen wurde einerseits mit einem Bestimmungsbuch für Blütenpflanzen, aber hauptsächlich mit der

Smartphone Applikation Flora Incognita gearbeitet. Für die Notation der Ergebnisse wurde mit Stift und Papier gearbeitet. Die Flora Incognita App verbraucht viel Akku, weshalb noch zusätzlich eine Powerbank mitgeführt wurde. Für den Transport der ganzen Materialien ist ein Wanderrucksack bestens geeignet.

## 4.2 Voraussetzungen an den Standort zur Datenerhebung

Der Standort für die Datenerhebung ist der grundlegende Faktor für ein aussagekräftiges Ergebnis und wurde daher sehr sorgfältig ausgewählt. Um die Fragestellung gut beantworten zu können, wird ein Standort benötigt, welcher auf einem kleinen Raum (ca. 9km<sup>2</sup>) einerseits ein möglichst unberührtes Stück Wald und andererseits ein bewirtschaftetes Stück Wald beinhaltet. Echten Urwald gibt es in der Schweiz nur noch an wenigen, sehr abgelegenen Orten - meist in den Bergen. Was es aber gibt sind Wälder, welche sich seit mehreren Jahrzehnten ohne menschlichen Einfluss entwickeln können. So einer ist auch der Sihlwald (nur Teile vom Sihlwald), welcher hier als Standort ausgewählt wurde.

### 4.2.1 Der Sihlwald

Im Sihlwald wird seit dem Jahr 2000 kein Holz mehr geschlagen<sup>9</sup>, was dazu führt, dass er sich frei entwickeln kann. Vom 14. bis zum 20. Jahrhundert diente er als Holzlieferant für die Stadt Zürich und wurde zeitweise (1880-1920) auch übernutzt<sup>10</sup>. Jetzt ist der Sihlwald ein Naturschutzgebiet, welches in verschiedene Zonen eingeteilt ist, die unterschiedliche Bedeutungen haben. Die zwei wichtigsten Zonen sind die Übergangszone (Waldschutzzone IVA) und die Kernzone (Waldschutzzone IVS1). In beiden Zonen findet kein Holzschlag, ausser an den grossen Wegen entlang, statt, und die Natur wird sich selbst überlassen. Im Bild hier zu sehen ist der Übergangsbereich zwischen der IVA-Zone und dem normalen Wirtschaftswald. Der rote Kreis markiert, wo die Datenerhebung im Wirtschaftswald stattgefunden hat und der grüne Kreis wo im unbewirtschafteten Wald. In der Kernzone herrscht für Menschen ein Betretungsverbot und man darf die Wege nicht verlassen, während man sich in der Übergangszone frei bewegen darf.

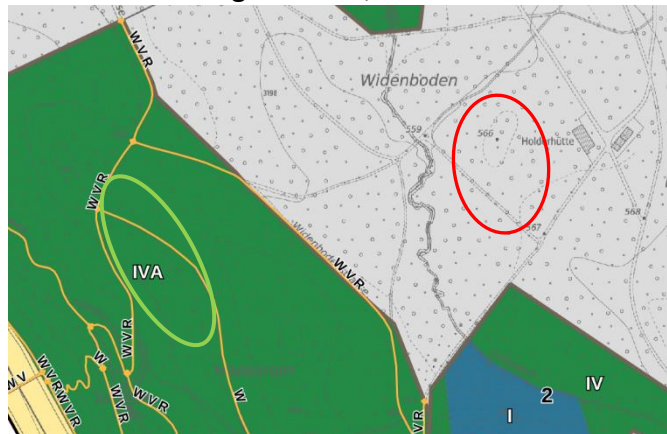


Bild 3: Kartenausschnitt aus dem Schutzzonenplan an der Stelle wo die Daten erhoben wurden

<sup>9</sup> Brändli K, Stillhard J, Hobi M, Brang P, (2020) Inventur 2017 im Sihlwald, WSL Ber, S.6, Zugriff am 13.10.2022

<sup>10</sup> Brändli K, Stillhard J, Hobi M, Brang P, (2020) Inventur 2017 im Sihlwald, WSL Ber, S.10 Zugriff am 13.10. 2022

#### 4.2.2 Weitere Anforderungen

Für die Vergleichbarkeit der beiden Standorte ist nicht nur die geographische Nähe von Bedeutung; auch Faktoren wie die Lage, ob in Schräglage oder gerade Fläche, und PH-Werte im Boden haben grossen Einfluss auf die Vegetation. Solche Gegebenheiten führen zu grundlegend anderen Vegetationen, welche sich auch ohne den Faktor der Bewirtschaftung stark in der Biodiversität unterscheiden.

#### 4.2.3 Waldgesellschaften

Der Sihlwald ist umfassend gesagt ein Buchenmischwald. Bei genauerem Hinsehen ist er aber in ca. 12 Waldgesellschaften unterteilt<sup>11</sup>. Für die Vergleichbarkeit muss auch darauf geachtet werden, dass man nicht unterschiedliche Waldgesellschaften miteinander vergleicht.

#### 4.2.4 Dieser Standort wurde ausgewählt

Aufgrund von vielen Überschneidungen zwischen Wirtschaftswald und Schutzwald wurde ein Standort rund um die Holderhütte (Wirtschaftswald) und am Hasenrain (Schutzwald) gewählt, welche sich beide in einem typischen Waldhirschen-Buchenwald befinden.<sup>12</sup> Hier auf Bild 3 ist diese Zone mit 8a gekennzeichnet, der rote Kreis zeigt die ungefähre Position im Wirtschaftswald und der grüne die im Naturwald.

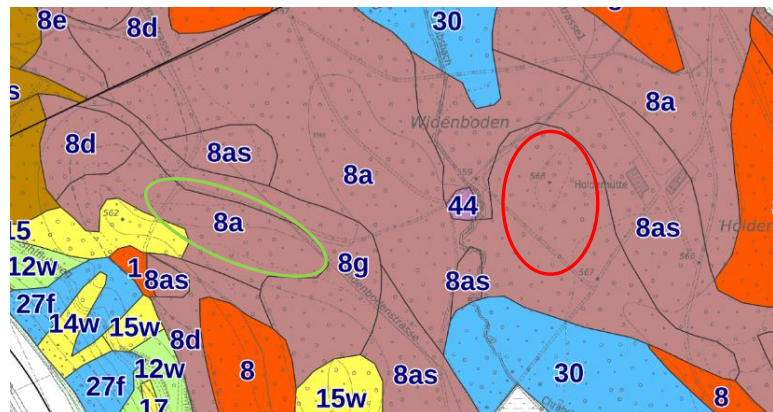


Bild 4: Karte der verschiedenen Waldgesellschaften, Ausschnitt von der Stelle an der die Daten erhoben wurden

### 4.3 Ablauf der Datenerhebung

Auf dem GIS-Browser wird mit den Karten «Vegetationskundliche Kartierung der Wälder im Kanton Zürich und Schutzanordnungen Natur und Landschaft» ein geeigneter Raum, in Bezug auf Schutzzone und Waldgesellschaft, für die Datenerhebung gesucht. Diesen Raum zeichnet man sich dann auf dem Smartphone in eine Onlinekarte ein, sodass man vor Ort immer sehen kann, ob man sich noch im evaluierten Bereich befindet und sich nicht aus Versehen in die Kernzone (Zone mit Betretungsverbot) oder in eine falsche Waldgesellschaft begibt.

<sup>11</sup> GIS-Browser Swisstopo (ZH), Vegetationskundliche Kartierung der Wälder im Kanton Zürich, Zugriff am 16.10.2022

<sup>12</sup> GIS-Browser Swisstopo (ZH), Vegetationskundliche Kartierung der Wälder im Kanton Zürich, Zugriff am 26.10.2022

Vor Ort begibt man sich dann in diesen Bereich und beginnt, nach einem geeigneten Platz zu suchen. Ist dieser gefunden, wird mit Hilfe des Messbandes, den Stöcken und der Schnur ein  $1\text{m}^2$  grosses Quadrat abgesteckt. Insgesamt werden so drei Quadrate im «unberührten» und drei im bewirtschafteten Wald abgesteckt. Bild 5 ist ein Beispiel hierfür.



*Bild 5: Fläche 3 Im unbewirtschafteten Wald, blau markiert sind die 4 Pfosten*

#### 4.3.1 Zählung

Dann wird mit dem Bestimmen und Zählen begonnen. Es wird in der unteren linken Ecke gestartet und geschaut, welche Pflanze dort wächst. Wenn sie einem nicht bekannt ist, wird sie per Smartphone App (Flora Incognita) oder Bestimmungsbuch bestimmt. Die bestimmte Art wird dann auf dem Block notiert. Darauffolgend werden alle Individuen dieser Spezies, welche sich in dem abgesteckten Quadrat befinden, gezählt und per Strichliste auf dem Block notiert. Für die nächste Spezies geht man nach rechts, bis eine neue gefunden wird. So geht es immer weiter, bis die rechte untere Ecke erreicht wird, anschliessend rückt man etwas nach oben und geht wieder nach links. So geht es weiter, bis das ganze Quadrat abgesucht ist. Sollten die Pflanzen sehr dicht wachsen und es ist nicht direkt ersichtlich, um wie viele Individuen es sich handelt, muss genauer hingeschaut werden. Dort wo die Pflanze aus der Erde kommt kann dann gesehen werden, was ein einzelnes Individuum ist und wo einfach nur viele dicht nebeneinander wachsen.

#### 4.3.2 Bestimmung

Zuerst wird immer versucht, die Pflanze per App zu bestimmen. Dazu fotografiert man die Pflanze vor einem weissen Hintergrund. Dafür muss die Pflanze nicht gleich ausgerissen, sondern ein weisses Blatt hinter sie gehalten (so gut es geht) werden. Sollten bei der Bestimmung mit der App mehrere Vorschläge herausgegeben werden, wird jeder einzeln überprüft und dann entschieden, um welche Spezies es sich handelt. Falls die App auf kein Resultat kommt, wird es noch mit dem Buch probiert. Wenn beide Methoden versagen, wird mit dem Smartphone ein Bild gemacht und dann zuhause versucht, mit Hilfe des Internets die Pflanze zu bestimmen. Falls auch dies nicht funktioniert, wird die Pflanze mit NB, für nicht bestimmbar, und einer Zahl angegeben. Die Zahl steht dabei für die wievielte nicht bestimmbar Art es sich handelt. Wenn eine Pflanze nicht bestimmt werden kann, ist dies aber nicht weiter schlimm, da für die Auswertung der Daten mit dem Shannon-Weaver Index die genaue Spezies keine Rolle spielt. Wichtig ist, wie viele verschiedene Arten und wie viele Individuen pro Art sich in dem Quadrat befinden.

#### 4.3.3 Koordinaten notieren und Fotos erstellen

Wenn das Bestimmen und Zählen der Pflanzen abgeschlossen ist, wird noch ein Bild vom Standort gemacht, worauf die abgesteckte Fläche gut zu sehen ist. Mit der App «Google Maps» kann per GPS der Standort ermittelt werden. Wenn man seinen Standort dann anwählt, bekommt man Informationen über die Koordinaten. Diese werden auf dem Smartphone gemeinsam mit den dazugehörigen Bildern abgespeichert, um spätere Verwechslungen zu verhindern.

#### 4.3.4 Daten (zeitlich) der Datenerhebung

1. 3. August 2022: Gespräch mit Ronald Schmidt (Projektleiter Forschung, Monitoring und GIS Stiftung Wildnispark Zürich), erste Erkundung im Sihlwald und Beginn der Datenerhebung im unbewirtschafteten Wald
2. 4. August 2022: Weitere Datenerhebung im unbewirtschafteten Wald mit verfrühtem Abbruch aufgrund von technischen Schwierigkeiten (Handy-Akku war schnell leer)
3. 15. August 2022: Fertigstellung der Datenerhebung im unbewirtschafteten Wald und kurze Erkundung vom bewirtschafteten Waldgebiet
4. 19. August 2022: Datenerhebung im bewirtschafteten Wald
5. 29. August 2022: Fertigstellung der Datenerhebung im bewirtschafteten Wald und somit der allgemeinen Fertigstellung des praktischen Teils vom Experiment.

### 4.4 Vorgehen bei der Auswertung

Die auf dem Block notierten Daten werden zuerst auf dem Laptop in einem Worddokument zusammengeführt und richtig sortiert. Als nächstes werden vom unbewirtschafteten Waldstück die Daten alle zusammengezählt; also wird geschaut, wie viele verschiedene Arten auf den drei  $1\text{m}^2$  grossen Quadraten gefunden wurden und wie viele Individuen pro Art. Wichtig ist auch, dass die Daten der einzelnen Quadrate erhalten bleiben, da später auch noch von jedem einzelnen der Index berechnet wird. Dasselbe geschieht dann auch mit dem anderen Datensatz. Danach kann mit der Berechnung des Shannon-Weaver Index begonnen werden.

#### 4.4.1 Die Rechnung

Der Shannon-Weaver Index wird von jedem  $1\text{m}^2$  grossen Stücken einzeln und dann noch jeweils von den drei zusammengehörenden ausgerechnet, um einen vielfältigeren Datensatz zu haben. Die Rechnung an sich ist dann wie folgt:

1. Alle Individuen werden zusammengezählt.
2. Prozentualer Anteil jeder Art von der Gesamtanzahl wird ausgerechnet und in Dezimalzahlen angegeben.

3. Von diesen Dezimalzahlen rechnet man den natürlichen Logarithmus  $\ln$  aus.
4. Der natürliche Logarithmus wird mit dem prozentualen Anteil (in Dezimalzahl) multipliziert.
5. Die jetzt erhaltenen Werte von jeder Art werden alle addiert und dann mit  $-1$  multipliziert.
6. Dieses Resultat entspricht nun dem Shannon-Weaver diversity Index. Je höher die Zahl, welche herauskommt ist, desto grösser ist die Biodiversität

#### 4.4.2 Umsetzung der Rechnung

Von der Word Datei werden die Daten in eine Excel Datei übertragen. Hier werden wieder alle Flächen einzeln aufgelistet, sodass man sechs Tabellen erhält (siehe Bild 6), von welchen der Shannon-Weaver Index

Schutzgebiet 2		Anteil %	x		$\ln(x)$	$x \cdot \ln(x)$
1 Wald-Sauerklee	31	59.6153846	0.596	-0.5172565	-0.3083645	
2 Moos NB2	3	5.76923077	0.058	-2.8526314	-0.1645749	
3 Spross NB3	3	5.76923077	0.058	-2.8526314	-0.1645749	
4 Europäische Stechpalme	1	1.92307692	0.019	-3.9512437	-0.0759855	
5 Gewöhnlicher Wurmfarne	2	3.84615385	0.038	-3.2580965	-0.1253114	
6 Gemeine Esche	5	9.61538462	0.096	-2.3418058	-0.2251736	
7 Brombeere	1	1.92307692	0.019	-3.9512437	-0.0759855	
8 Echte Goldnessel	2	3.84615385	0.038	-3.2580965	-0.1253114	
9 Rundblatt-Labkraut	4	7.69230769	0.077	-2.5649494	-0.1973038	
	Summe	52			S-W Index D	1.4625854

Bild 6: Rechenweg zu Shannon-Weaver Index auf Excel, Feld 2 im Schutzgebiet

berechnet wird. Danach wird der Shannon-Weaver Index von der Gesamtfläche des bewirtschafteten und unbewirtschafteten Waldes berechnet. Dies geschieht alles auf Excel, da so viel Zeit gespart werden kann.

#### 4.4.3 Warum keine Vergleichbarkeit mit fremden Daten möglich ist oder nur in seltenen Fällen

Um den Shannon-Weaver Index zweier Versuche untereinander vergleichen zu können, müssten während der Datenerhebung viele Parameter übereinstimmen und je nachdem, was man vergleichen will, sind andere Parameter entscheidend. Wird beispielsweise ein Nadelwald mit einem Laubwald (müsste dann selbstverständlich noch genauer definiert werden, Stichwort Waldgesellschaften) verglichen wird, muss darauf geachtet werden, dass folgende Parameter gleich sind: Anzahl der jeweils untersuchten Flächen und deren Grösse ( $\text{cm}^3 / \text{m}^3$ ), die Lagen (schräg, gerade), an der sich die untersuchten Flächen befinden, usw. Wenn aber der Einfluss eines einzelnen Faktors untersucht wird, müssen möglichst alle Parameter gleich sein, ausser dieser eine Faktor. Der Shannon-Weaver Index ist ein allgemeines Rechenmodell zur Diversität und er kann auch noch auf andere Lebewesen als «nur» Pflanzen erweitert werden, wie beispielsweise Insekten, Wirbeltiere und Pilze. Somit gestaltet sich ein Vergleich von selbst errechneten Werten mit fremden Werten sehr schwierig und ist nur selten aussagekräftig.

## 4.5 Art der Darstellung der Ergebnisse

### 4.5.1 Tabellen

Es werden zwei Tabellen erstellt, welche einen groben zahlenbasierten Überblick geben. Eine Tabelle dient zum raschen Vergleich der wichtigsten Zahlen beider Waldtypen. Darin sind folgende Informationen enthalten: Anzahl insgesamt gefundene Arten, Anzahl insgesamt gefundene Individuen, Shannon-Weaver Index und die Anzahl Arten, welche auf dem jeweils anderen untersuchten Bereich nicht gefunden wurden.

Die zweite Tabelle zeigt auf, wie sich die einzeln untersuchten 6 Stücke (3 Wirtschaftswald und 3 Naturwald) unterscheiden; sie werden in folgenden Bereichen verglichen: Anzahl gefundener Arten, Anzahl gefundener Individuen und Shannon-Weaver Index.

### 4.5.2 Diagramme

Um mehr Informationen zum Bewuchs zu geben, werden Diagramme erstellt, welche Informationen über die gefundenen Spezies und deren Quantität enthalten.

Insgesamt acht Diagramme werden erstellt, wovon zwei aufzeigen, wie die Gesamtsituation im Wirtschafts- und Naturwald ist, die anderen sechs stellen die Situation der einzeln untersuchten Stücke dar. Da der Shannon-Weaver Index Informationen zur Ausgeglichenheit gibt, wird als Diagrammtyp das Balkendiagramm gewählt. Durch die unterschiedlich langen Balken kann gut erkannt werden, wenn eine Pflanzenart die anderen dominiert. Somit helfen die Balken dabei, den errechneten Shannon-Weaver Index besser zu verstehen.

Die zwei Diagramme zur Gesamtsituation der Waldtypen enthalten folgende Informationen: Anzahl gefundene Arten, Arten welche gefunden wurden, Anzahl Individuen pro Art und Shannon-Weaver Index (im Titel).

In einem kurzen Text werden dann noch aufgrund der Tabelle und den Diagrammen einige Werte ausgerechnet, welche den Unterschied zwischen den beiden Wäldern quantifizieren. So wird gerechnet, um wie viel Prozent der Shannon Weaver Index des Waldes mit höherem Wert grösser ist als der des anderen. So werden auch die prozentualen Unterschiede für die Faktoren der Anzahl Arten und Anzahl Individuen ausgerechnet.

Die sechs Diagramme zu den einzelnen Standorten enthalten die gleichen Informationen, ausser das im Titel anstatt dem Shannon-Weaver Index die Koordinaten der jeweiligen Standorten angegeben werden.

In Textform wird dann noch ergänzt, wie viel Individuen insgesamt auf diesem Stück gefunden wurden und wie hoch der Shannon-Weaver Index ausfällt.



## 5 Resultate

### 5.1 Kurzfassung der wichtigsten Daten

Wichtigste Daten zum Vergleich der beiden Waldstücke	Anzahl Arten	Anzahl Individuen	Shannon-Weaver Index	Anzahl Arten, welche die andere Kategorie nicht hat.
bewirtschaftet gesamt	15	82	2.30	+3
unbewirtschaftet gesamt	22	170	2.45	+10

Tabelle 1

Wichtigste Daten zum Vergleich der einzelnen untersuchten Waldstücke	Anzahl Arten	Anzahl Individuen	Shannon-Weaver Index
bewirtschaftet 1	8	20	1.87
bewirtschaftet 2	5	26	1.24
bewirtschaftet 3	6	36	1.39
unbewirtschaftet 1	10	71	1.97
unbewirtschaftet 2	9	52	1.46
unbewirtschaftet 3	11	47	2.16

Tabelle 2

## 5.2 Genauere Informationen zum Bewuchs

### 5.2.1 Daten zum Bewuchs der beiden Waldtypen (kumulierte Flächen)

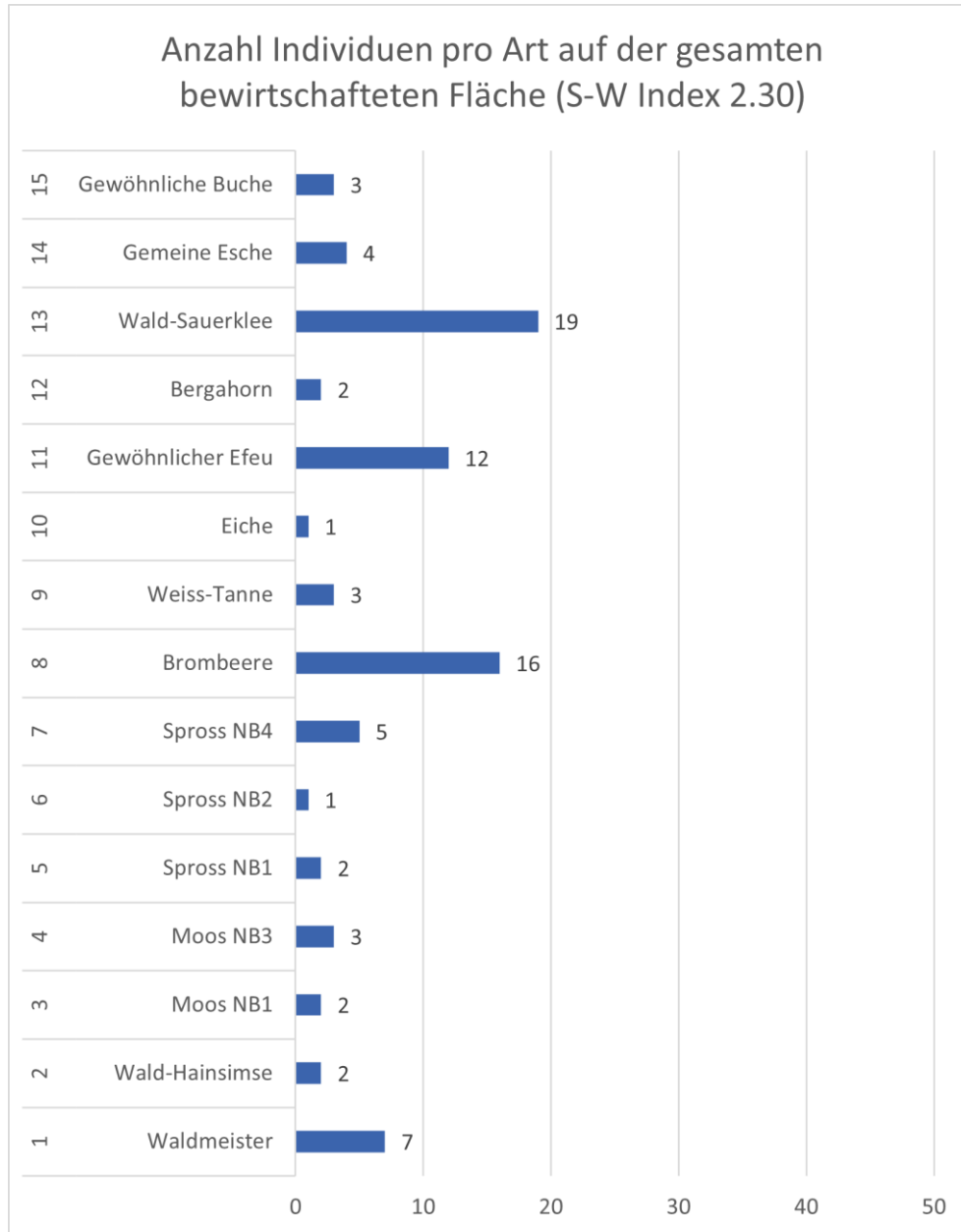


Diagramm 1

In Diagramm 1 ist ersichtlich, welche Pflanzen wie oft auf den drei Flächen im Wirtschaftswald zusammengezählt vorkamen. Im Titel ist zusätzlich noch der aufgrund dieser Daten errechnete Shannon-Weaver Index ersichtlich. Es wurden 15 verschiedene Arten und 82 Individuen gefunden.

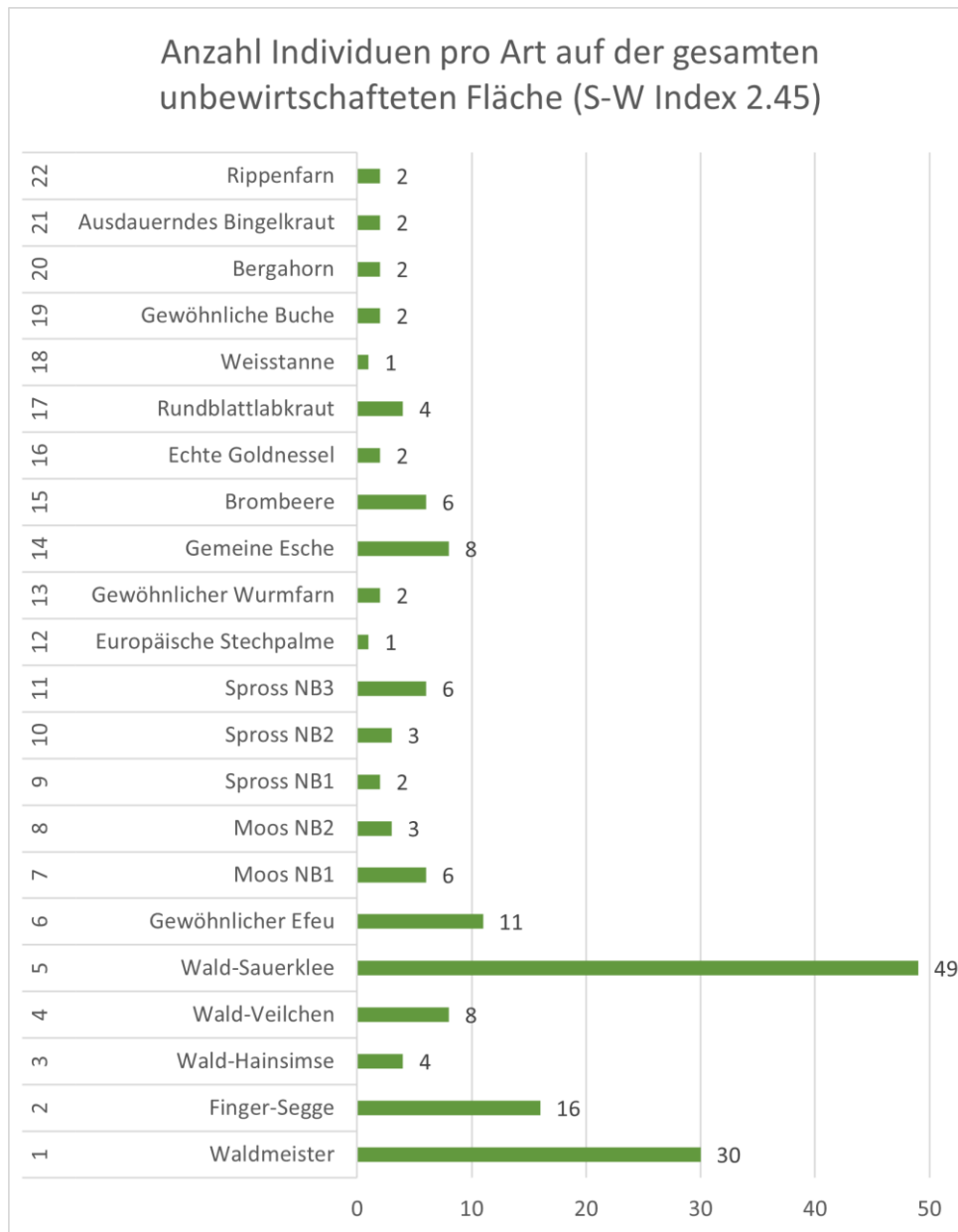


Diagramm 2

In Diagramm 2 ist ersichtlich, welche Pflanzen wie oft auf den drei Flächen im Naturwald zusammengezählt vorkamen. Im Titel ist zusätzlich noch der aufgrund dieser Daten errechnete Shannon-Weaver Index ersichtlich. Es wurden 22 verschiedene Arten und 170 Individuen gefunden.

### 5.2.2 Erweiterter datenbasierter Vergleich der beiden Waldtypen

Der Shannon-Weaver Index ist beim Naturwald um 0.15 höher als beim Wirtschaftswald, was ein Zuwachs um 6.5 % ausmacht.

Die Gesamtzahl der Arten ist im Naturwald um 7 höher, was ein Zuwachs um 46.7 % ausmacht.

Die Anzahl Individuen unterscheidet sich am deutlichsten: Im Naturwald wurden 88 Individuen mehr gefunden als im Wirtschaftswald, was ein Zuwachs um 107 % ergibt.

### 5.2.3 Daten zum Bewuchs der einzeln untersuchten Standorte

Die nächsten drei Diagramme beschreiben den Naturwald.

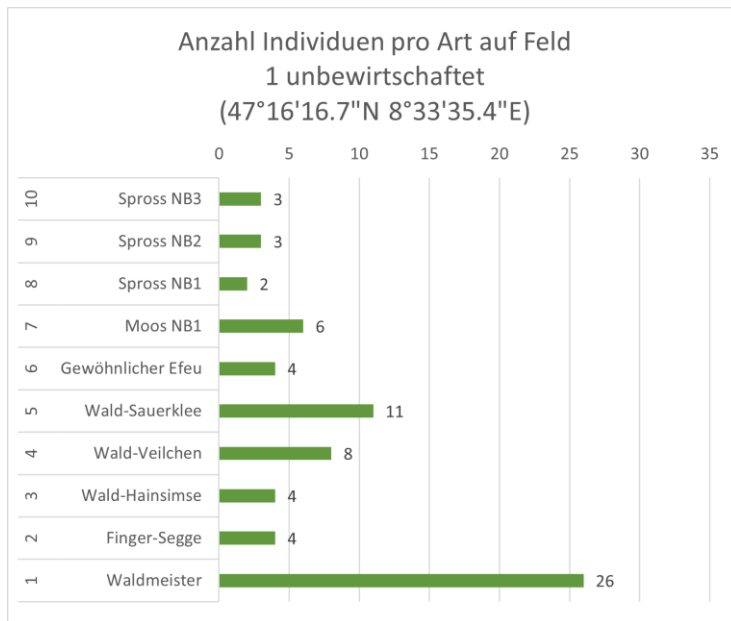


Diagramm 3

In Diagramm 3 sieht man, dass auf Feld 1 im Naturwald 10 Arten und 71 Individuen gefunden wurden. Der Shannon-Weaver Index beträgt 1.97.

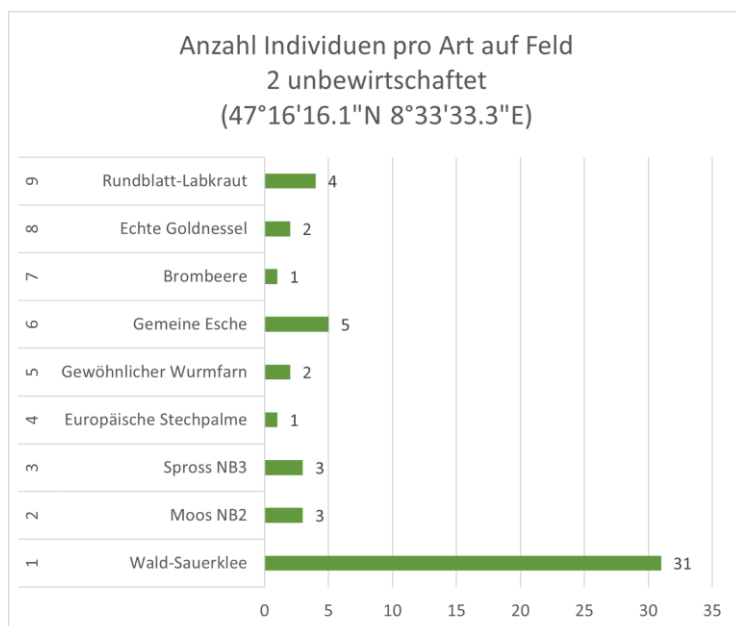
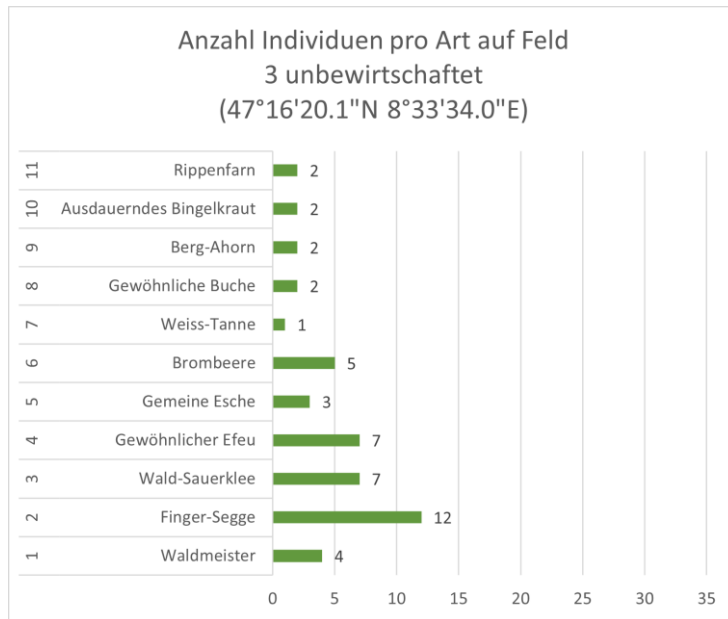


Diagramm 4

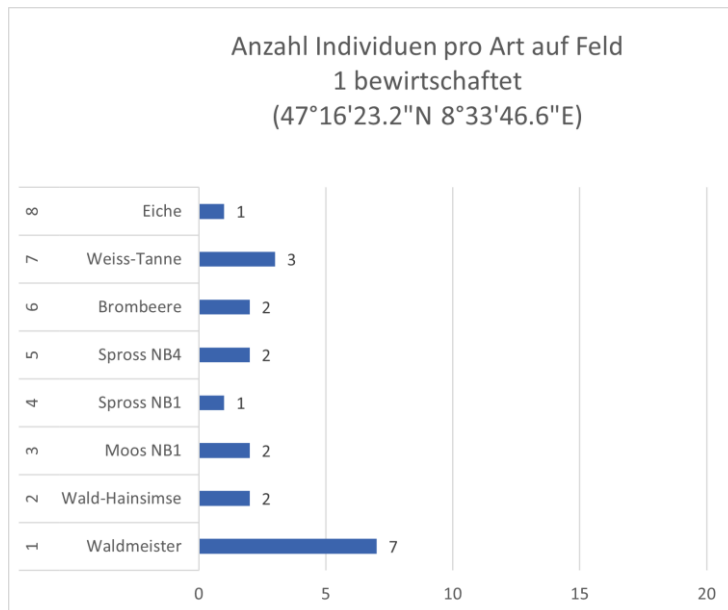
In Diagramm 4 sieht man, dass auf Feld 1 im Naturwald 9 Arten und 52 Individuen gefunden wurden. Der Shannon-Weaver Index beträgt 1.46.



In Diagramm 5 sieht man, dass auf Feld 1 im Naturwald 11 Arten und 47 Individuen gefunden wurden. Der Shannon-Weaver Index beträgt 2.16.

Diagramm 5

Die nächsten 3 Diagramme beschreiben den Wirtschaftswald.



In Diagramm 6 sieht man, dass auf Feld 1 im Wirtschaftswald 8 Arten und 20 Individuen gefunden wurden. Der Shannon-Weaver Index beträgt somit 1.87.

Diagramm 6

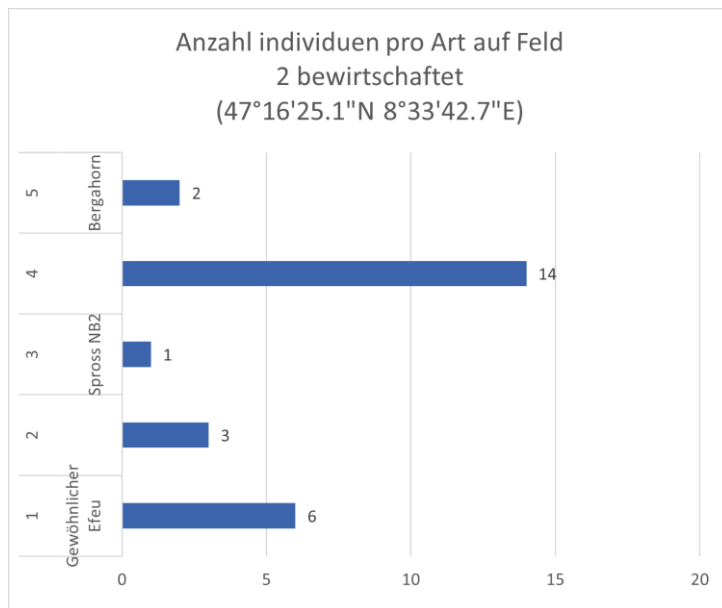


Diagramm 7

In Diagramm 7 sieht man, dass auf Feld 1 im Wirtschaftswald 5 Arten und 26 Individuen gefunden wurden. Der Shannon-Weaver Index beträgt somit 1.24.

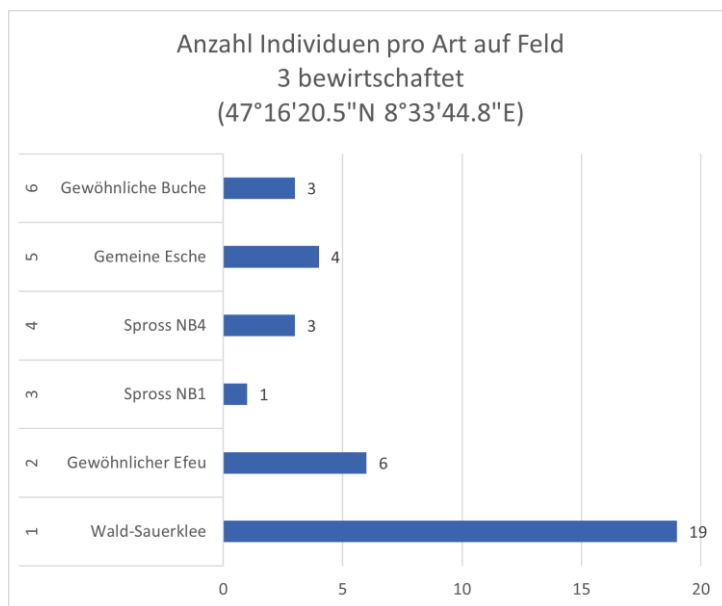


Diagramm 8

In Diagramm 8 sieht man, dass auf Feld 1 im Wirtschaftswald 6 Arten und 36 Individuen gefunden wurden. Der Shannon-Weaver Index beträgt somit 1.39.

## 6 Diskussion

### 6.1 Interpretation der Resultate

#### 6.1.1 Vergleich der Daten vom Wirtschafts- und Naturwald gesamt

Beim Vergleich der Daten zur Gesamtzahl der Individuen fällt der grösste Unterschied auf. Dieser Wert ist aber in Hinsicht auf die Biodiversität nicht sehr ausschlaggebend, da es mehr auf die Anzahl Arten und deren Ausgeglichenheit ankommt.

Bei der Anzahl an gefundenen Arten wurden im Naturwald 7 mehr gefunden als im Wirtschaftswald, was einem Zuwachs von 46.7 % entspricht. Zusätzlich ist noch zu erwähnen, dass im Naturwald 10 Arten gefunden wurden, welche im Wirtschaftswald nicht gefunden wurden, während es im Wirtschaftswald nur 3 waren. Diese Daten sagen bereits mehr über die Biodiversität der beiden Wälder aus. Um die Ausgeglichenheit der einzelnen Arten zu untersuchen, sind die Ergebnisse vom Shannon-Weaver Index entscheidend; hier sieht man den kleinsten Unterschied. Er unterscheidet sich um 0.15, was für den Naturwald einem Zuwachs von 6.5 % gegenüber dem Wirtschaftswald entspricht. Da die Anzahl Arten beim Naturwald um 46.7% höher ist als beim Wirtschaftswald, der Shannon-Weaver Index aber nur 6.5% höher, heisst das im Umkehrschluss, dass der Bewuchs im Wirtschaftswald etwas ausgeglichener ist als derjenige im Naturwald. Das ist dadurch zu erklären, dass der Naturwald im Sihlwald sich momentan noch von der ehemaligen Waldnutzung erholt und somit nicht in seinem Endstadium angekommen ist. Alles zusammen betrachtet kann also gesagt werden, dass der Naturwald eine höhere Biodiversität aufweist - eine genaue Quantifizierung ist aber aufgrund dieser Daten nicht möglich.

#### 6.1.2 Vergleich der Daten vom Wirtschafts- und Naturwald einzeln

Wie zuvor aufgezeigt wurde, ist insgesamt gesehen der Naturwald in jedem Punkt mindestens ein wenig «besser» als der Wirtschaftswald, und auch wenn man jeweils die sechs einzelnen Felder untereinander vergleicht, weist jedes Feld, welches aus dem Naturwald stammt, bezüglich Anzahl Arten und Individuen höhere Werte auf als die Felder aus dem Wirtschaftswald. Nimmt man aber noch die Werte vom Shannon-Weaver Index, welche etwas zum Gleichgewicht der Bepflanzung aussagen, hinzu, fällt auf, dass Feld 2 aus dem Naturwald, mit einem Shannon-Weaver Index von 1.46, dem Feld 1 aus dem Wirtschaftswald, mit einem Shannon-Weaver Index von 1.87, unterliegt. Das liegt daran, dass Feld 2 im Naturwald stark vom Wald-Sauerklee dominiert wird; dieser macht von den insgesamt 52 Individuen 31 aus und die am nächst-häufigste Pflanze war die Gemeine Esche mit nur 5. Feld 1 aus dem Wirtschaftswald ist viel ausgeglichener, hier wurden mit 8 Arten nur eine weniger als im Feld 2 vom Naturwald gefunden. Bei 20 Individuen machte der Waldmeister mit 7 den grössten Teil aus und die nächsthäufigste Pflanze war die Weiss-Tanne mit 3. Bezogen auf kleinere Abschnitte ist es also auch gut möglich, dass der Wirtschaftswald eine höhere Biodiversität als der Naturwald aufweist. Insgesamt gesehen ist aber weiterhin der Naturwald «wertvoller» als der Wirtschaftswald.

## 6.2 Beantwortung Fragestellung 1: Verändert sich die Biodiversität der Flora des Waldes durch dessen Bewirtschaftung?

Ja, die Biodiversität verändert sich, dies aber nicht genau so wie in der Hypothese vermutet. Vermutet wurde, dass eine grosse Dysbalance zwischen den Arten besteht aufgrund von einer weniger vielfältigen Tierwelt; die Berechnung des Shannon-Weaver Index brachte jedoch sehr ähnliche Resultate hervor. Es ist wichtig, dass diese Resultate nicht zu verallgemeinern sind, da hier nur eine ausgewählte Waldgesellschaft untersucht wurde. Eine Studie zur Entwicklung und Zustand vom Sihlwald (geschützter Teil) ergab aber ähnliche Ergebnisse. Sie stellten nämlich fest, dass die Anzahl an Baumriesen (Durchmesser über 80cm auf Höhe von 1.3m) zunimmt, die Zusammensetzung der Baum- und Straucharten wieder naturnäher wird (mehr Laubbäume) und die Masse an stehendem und liegendem Totholz zunimmt. Das heisst so viel wie, dass der Wald langsam wieder zu seiner biologisch wertvolleren Ursprungsform zurückkehrt. Zu einem Urwald bestehen aber immer noch grosse Differenzen. Interessant ist auch, wie sich der Klimawandel auf die Rückführung zur Naturform des Waldes auswirkt. Es wird vermutet, dass er gewisse Faktoren mit sich bringt, welche den Prozess beschleunigen. So z.B. eine erhöhte Mortalität, was zu mehr Totholz und einer schnelleren Veränderung der Zusammensetzung der Baum- und Straucharten führt. Problematisch kann aber auch die klimatische Begünstigung für Neophyten werden, welche teilweise besser an die hohen Temperaturen angepasst sind als die heimischen Pflanzen. Auch wird sich der Endzustand, zu dem sich der Wald entwickelt, verschieben.<sup>13</sup>

## 6.3 Beantwortung Fragestellung 2: Welche Faktoren der Waldwirtschaft wirken sich auf das Leben im Wald aus?

Es ist wichtig, dass Forstwirtschaft nicht gleich Forstwirtschaft ist. Wenn einem Wald mehr Holz entnommen als neu aufgeforstet wird, verliert man geographisch an Lebensraumfläche, was fatale Folgen hat.

Wenn nicht das gleiche aufgeforstet wie auch gefällt wird, hat das direkten Einfluss auf die Artenvielfalt in diesem Wald. So wurden früher auch im Sihlwald viele Laubbäume gefällt und fast nur Fichten wieder neu angepflanzt, da diese schneller wachsen und somit mehr Holz bringen. Die Spuren dieser Art der Waldnutzung können auch heute noch bei einem Waldbesuch im Sihlwald beobachtet werden.<sup>14</sup>

Bei einer Waldwirtschaft, wo das gleiche nachgepflanzt wie abgeholzt wird, ist einer der bedeutendsten Faktoren das fehlende Totholz. Viele Bäume werden ab einer gewissen Grösse oder wenn sie in einem schlechten Zustand sind, dem Wald entnommen. Dadurch fehlt das Totholz in diesen Wäldern oder ist nur in kleinen Mengen vorhanden - alles was von den Bäumen nach dem Fällen noch an Totholz übrig bleibt, ist ein Baumstrunk (siehe Bild 6).



Bild 7: ein nach dem Fällen übrig gebliebener Baumstrunk

<sup>13</sup> Brändli K, Stillhard J, Hobi M, Brang P, (2020) Inventur 2017 im Sihlwald, WSL Ber, S. 6 Zugriff am 03.11.2022

<sup>14</sup> Brändli K, Stillhard J, Hobi M, Brang P, (2020) Inventur 2017 im Sihlwald, WSL Ber, S. 6 Zugriff am 03.11.2022



Um Waldwirtschaft zu betreiben, müssen oftmals schwere Maschinen benutzt werden, was zur Verdichtung des Bodens führt.<sup>15</sup>

#### **6.4 Beantwortung Fragestellung 3: Wirken sich die Veränderungen (falls vorhanden) auf die Stabilität des Ökosystems aus?**

Ja, die Veränderungen durch die Waldwirtschaft haben eine Auswirkung auf die Stabilität des Ökosystems. Auch hier haben wieder die unterschiedlichen Bewirtschaftungsmethoden unterschiedlich starke Auswirkungen.

Die Veränderungen, welche durch eine Waldwirtschaft, die zu Monokultur führt, entstehen, haben fatale Folgen. Wenn ein Wald, welcher durch eine oder zwei Baumarten dominiert wird, mit einem Schädling konfrontiert wird, welcher auf eine dieser Baumarten spezialisiert ist, hat das zur Folge, dass ein Grossteil des Bewuchs beschädigt wird oder sogar abstirbt. Es kommt noch dazu, dass oft die Fressfeinde der Schädlinge fehlen, da die Artenvielfalt der Fauna in solchen Wäldern nicht sehr hoch ist. Solche Waldstrukturen sind auch viel anfälliger auf Naturkatastrophen wie Dürren und Stürme.<sup>16</sup>

Auch in der nachhaltigen Waldwirtschaft, wie sie im Sihlwald betrieben wird, ist die Stabilität des Ökosystems nicht so gut wie im Naturwald; denn der Lebensraum ist immer noch weniger vielfältig. Es fehlt einfach mengenmässig an Totholz, welches ein wertvoller Lebensraum und eine Nahrungsquelle zugleich für viele Tiere und Pilze darstellt. Nicht nur Insekten und ihre Larven leben im Totholz, auch heimische Amphibien, Reptilien, Spechte, Eulen und Säugetiere wie der Siebenschläfer, Marder und Mäuse suchen Schutz oder Nahrung im Totholz.<sup>17</sup> Alles das zusammen verwoben führt zu einem stabilen Ökosystem und kommt in den bewirtschafteten Wäldern weniger ausgeprägt vor.

#### **6.5 Fehlerquellen**

Die im Rahmen des Experiments erfassten Daten könnten von einigen unterschiedlichen, ungewollten Faktoren beeinflusst worden sein.

Einige der untersuchten Standorte befanden sich laut der GIS-Karte zu den Waldgesellschaften nahe an der Grenze zwischen zwei unterschiedlichen Waldgesellschaften und da die Übergänge fließend sind, kann das zu Unterschieden der Vegetation führen, ohne dass die Waldwirtschaft etwas damit zu tun hat.

Auch die Anzahl von drei 1m<sup>2</sup> ist eher klein und sollte eher bei 5-9m<sup>2</sup> pro Waldtyp angesetzt werden; denn bei «nur» drei Standorten ist es gut möglich, dass man entweder gerade ein Stück mit einer aussergewöhnlich grossen Biodiversität oder genau andersherum erwischt - das ist dann durch die anderen zwei Stücke nur schwer zu kompensieren.

---

<sup>15</sup> Guillaumon M, Greenpeace Deutschland, (2021) Folgen der Forstwirtschaft, Zugriff am 3.11.2022

<sup>16</sup> Naturwald Akademie, (2021) Naturnahe Waldbewirtschaftung, Zugriff am 3.11.2022

<sup>17</sup> Deutsche Wildtierstiftung, (2018) Lebensraum Totholz, Zugriff am 3.11.2022

Auch die jeweilige genaue Standortauswahl wurde von der versuchsausführenden Person vor Ort ausgesucht, weshalb gewisse persönliche Präferenzen zu einer unregelmässigen Standortauswahl geführt haben könnten. Besser wäre es gewesen, vor dem Besuch im Wald ein Raster über den evaluierten Kartenausschnitt zu legen, auf dem Punkte eingezeichnet sind. Von diesen Punkten könnte man sich dann die Koordinaten anzeigen lassen, um dann im Wald zu diesen Punkten zu navigieren. Das könnte dann genau gleich für die beiden zu vergleichenden Waldtypen durchgeführt werden. Somit würde die Auswahl der Standorte zufällig sein.

Dieses System gepaart mit mehr Proben würde zu einem aussagekräftigeren Resultat führen. Aber die erhaltenen Werte decken sich mit der gelesenen Literatur zum Thema, was die Resultate wiederum glaubwürdiger macht.

## 6.6 Fazit

### 6.6.1 Die Waldwirtschaft hat eine negative Auswirkung auf das Leben im Wald

Durch die Eingriffe, welche die Waldwirtschaft ausführt, beeinflusst sie in jedem Fall die natürliche Entwicklung des Waldes - und dies nicht zum Guten. Vor allem der Verlust von Lebensraum und somit Arten wirkt sich negativ auf die Biodiversität und Stabilität des Ökosystems Wald aus. Das haben auch die erhobenen Daten, welche sich mit der vorhandenen Fachliteratur decken, ergeben. Um die Auswirkung der Waldwirtschaft noch vielfältiger zu erforschen ist es sinnvoll, zusätzlich Vergleiche auf anderen Ebenen als nur der Flora zu unternehmen. Da intakte Wälder auch für uns Menschen von grosser Bedeutung sind, ist es eine sinnvolle Investition für die Zukunft, diese Forschung weiter fortzuführen.

### 6.6.2 Neue Hypothese

Durch eine sehr reduzierte Waldwirtschaft, wo dem Wald viel Totholz gelassen wird, die Aufforstung naturgerecht stattfindet und nicht mit schweren Maschinen gearbeitet wird, könnte sich der Wald auch wieder langsam einer «natürlichen» Form nähern und viele der negativen Auswirkungen der Bewirtschaftung wären stark reduziert.

### 6.6.3 Reflexion

In die Arbeit hineinzufinden fiel mir zuerst schwer, da es viel oberflächliche Literatur gibt und man sich sozusagen zuerst durch diese durchkämpfen muss, um dann wirklich gute Artikel zu finden. Als ich mich aber dann mal in die Materie eingearbeitet habe, bereitete es mir viel Freude, einen geeigneten Standort zu suchen und im Austausch mit verschiedenen Naturschutzgebieten zu stehen. Mit dem Sihlwald habe ich einen perfekt geeigneten Standort für mein Experiment gefunden, da er sehr gut erforscht ist und ich so auf Forschungsergebnissen von anderen Projekten zurückgreifen konnte. Als sich bei der Auswertung der Daten dann abzeichnete, dass meine Erwartungen tatsächlich zutreffen, gab das viel Motivation. Im Nachhinein würde ich sicher die Datenerhebung mengenmässig vergrössern und einen zweiten Faktor, wie z.B. die Bodenmesofauna, hinzunehmen.

Im Verlauf der Arbeit habe ich viele Erfahrungen sammeln können (z.B. Planung eines grösseren Projekts, Recherche, Kontakt mit Fachpersonen), welche mir bei zukünftigen Projekten helfen werden.

## 6.7 Ausblick

Da man nicht auf die Produkte der Waldwirtschaft verzichten kann, wird es zukünftig wichtig, neue, besonders nachhaltige Waldwirtschaftsmodelle einzuführen und diese auch weltweit zu verbreiten. Es ist wichtig, die Auswirkungen der Waldwirtschaft weiter zu erforschen, da man nur aufgrund dieser Informationen und den darauffolgenden Erkenntnissen effiziente Massnahmen zum Schutz des Waldes ergreifen kann.

## 7 Persönliche Botschaft

Urwälder sind in der Schweiz längst zur absoluten Seltenheit geworden und man findet sie nur noch an entlegenen Orten in den Bergen, wo es für die Holzfäller aufgrund der schweren Wege wirtschaftlich nicht interessant ist. Eine Wanderung durch einen dieser Wälder ist ein lohnenswerter Ausflug. Wenn man sich ein wenig achtet, sieht man die Unterschiede (grosse Menge an Totholz, andere Vegetation...) zum Wirtschaftswald gut, welche solch ein urtümlicher Wald mit sich bringt. Die drei übriggebliebenen echten Urwälder der Schweiz sind der Fichtenurwald Scatlè, Brigels (GR), der Bergurwald, Derbörence (VS) und der Bödmerenwald, Muotathal (SZ)<sup>18</sup> (siehe Bild 8). Aber auch wenn ein Ausflug in die Berge etwas zu weit ist, kann man in näher gelegenen Wäldern ein Stück wilde Natur erleben, so zum Beispiel im Wildnispark Sihlwald (ZH) oder im Teufelskeller bei Baden (AG).



Bild 8: die drei gelben Markierungen entsprechen den Standorten der Urwälder



Bild 9: junge Erdkröte, welche ich während der Datenerhebung im Sihlwald fand

Auf einem aufmerksamen Waldspaziergang kann man viele interessante Dinge entdecken. So hatte ich während meinen Arbeiten im Sihlwald verschiedenste Tiere angetroffen; von einem Reh, einem Fuchs, verschiedensten Vögeln und Insekten, über Eidechsen und Kröten habe ich alles gesehen - und das in gerade mal fünf Besuchen. Was ich also sagen will ist, gehen Sie zwischendurch mal in den Wald und halten Sie die Augen offen - es wird sich lohnen.

<sup>18</sup> Schaub S, (2021) Wo die Urwälder der Schweiz liegen, Tagesanzeiger, 03.08.2021, Zugriff am 05.11.2022

## 8 Danksagung

Hiermit möchte ich mich noch bei allen herzlich bedanken, welche mich bei meiner Maturaarbeit unterstützt haben: Claire Bonifay für die Betreuung und Dario Cerletti für das Gegenlesen der Arbeit, Ronald Schmidt (Projektleiter Forschung, Monitoring und GIS Stiftung Wildnispark Zürich) für die Erlaubnis, mein Projekt im Sihlwald umzusetzen und die Hilfe zur Evaluierung eines geeigneten Standorts für meine Datenerhebung, Andreas Collenberg für die Unterstützung bei der Ideenfindung, meiner Schwester für das Lesen und Korrigieren, meinem Papa für seine Hilfe mit Excel und bei der Formatierung und meiner Mama für das durchlesen.

## 9 Quellenverzeichnis

### 9.1 Bücher, Zeitungen und Studien

Dr. Bäumler. W, (2019) Biodiversität, Zugriff am 16.10.2022 von [Shannon-Wiener-Index der Biodiversität \(kartieren.de\)](#)

Brändli K, Stillhard J, Hobi M, Brang P, (2020) Inventur 2017 im Sihlwald, WSL Ber, Zugriff am 13.10./03.11.2022 von [Ber XY Waldinventur 2017 Sihlwald.indd \(researchgate.net\)](#)

Dodge. Y, (2010) The Concise Encyclopedia of Statistic, Springer

Guillaumon M, Greenpeace Deutschland, (2021) Folgen der Forstwirtschaft, Zugriff am 3.11.2022 von [Folgen der Forstwirtschaft | Greenpeace](#)

Schaub S, (2021) Wo die Urwälder der Schweiz liegen, Tagesanzeiger, 03.08.2021, Zugriff am 05.11.2022 von [Kaum berührte Natur - Wo die Urwälder der Schweiz liegen | Tages-Anzeiger \(tagesanzeiger.ch\)](#)

Staffelbach H, (2017) Der grösste Urwald der Schweiz ist nicht leicht zu haben, Bellevue NZZ, 22.09.2017, Zugriff am 16.10.2022 von [Wanderung im Muotatal: Der grösste Urwald der Schweiz ist nicht leicht zu haben \(nzz.ch\)](#)

Wermelinger B, Duelli P, (2002) Wie viel Totholz brauch der Wald?, Zugriff am 16.10.2022 von nicht mehr Verfügbar

Zach. N, (2021) Shannon Diversity Index: Definition and Example, Zugriff am 16.10.2022 von [Shannon Diversity Index: Definition & Example - Statology](#)

Bayrische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, (2018) Was ist Biodiversität?, Zugriff am 2.11.2022 von [Definition: Was ist biologische Vielfalt? \(bayern.de\)](#)

BirdLife, (o.J) Lebendiges Totholz, Zugriff am 16.10.2022 von [Lebendiges Totholz | BirdLife Schweiz/Suisse/Svizzera](#)

Deutsche Wildtierstiftung, (2018) Lebensraum Totholz, Zugriff am 3.11.2022 von [Deutsche Wildtier Stiftung | Lebensraum Totholz](#)

GIS-Browser Swisstopo (ZH), Vegetationskundliche Kartierung der Wälder im Kanton Zürich, Zugriff am 16.10.2022 von [GIS-Browser \(zh.ch\)](#)

Naturwald Akademie, (2021) Naturnahe Waldbewirtschaftung, Zugriff am 3.11.2022 von [Anleitung\\_naturnaher-Wald-Grundgedanken.pdf \(naturwald-akademie.org\)](#)

## 9.2 Diagramme, Bilder und Tabellen

### 9.2.1 Diagrammverzeichnis

Diagramm 1 .....	18
eigenes Diagramm	
Diagramm 2 .....	19
eigenes Diagramm	
Diagramm 3 .....	20
eigenes Diagramm	
Diagramm 4 .....	20
eigenes Diagramm	
Diagramm 5 .....	21
eigenes Diagramm	
Diagramm 6 .....	21
eigenes Diagramm	
Diagramm 7 .....	22
eigenes Diagramm	
Diagramm 8 .....	22

### 9.2.2 Bilderverzeichnis

Titelbild: eigene Abbildung

Bild 1: links liegendes Totholz, rechts stehendes Totholz (Wald in Nussbaumen) ..... 8

eigene Abbildung

Bild 2: bereits stark zersetztes Totholz, guter Lebensraum (Wald in Nussbaumen) ..... 8

eigene Abbildung

Bild 3: Kartenausschnitt aus dem Schutzzonenplan an der Stelle wo die Daten erhoben wurden ..... 11

Screenshot, GIS Browser ZH, Schutzzonenplan Natur und Landschaft, GIS-Browser (zh.ch), 2022,  
Zugriff am 3.11.2022

Bild 4: Karte der verschiedenen Waldgesellschaften, Ausschnitt von der Stelle an der die Daten  
erhoben wurden..... 12

Screenshot, GIS Browser ZH, Vegetationskundige Kartierung der Wälder in Kanton Zürich, GIS-  
Browser (zh.ch), 2022, Zugriff am 3.11.2022

Bild 5: Fläche 3 Im unbewirtschafteten Wald, blau markiert sind die 4 Pfosten ..... 13

eigene Abbildung

Bild 6: Rechenweg zu Shannon-Weaver Index auf Excel, Feld 2 im Schutzgebiet ..... 15

eigene Abbildung

Bild 7: ein nach dem Fällen übrig gebliebener Baumstrunk ..... 24

eigene Abbildung

Bild 8: die drei gelben Markierungen entsprechen den Standorten der Urwälder ..... 27

Screenshot, Google Earth Pro, 2022, Zugriff am 3.11.2022

Bild 9: junge Erdkröte, welche ich während der Datenerhebung im Sihlwald fand ..... 27

eigene Abbildung

### 9.2.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 ..... 17

eigene Tabelle

Tabelle 2 ..... 17

eigene Tabelle

## 9.3 Programme

Flora Incognita: Prof. Dr. Patrick Mäder, Dr. Jana Wäldchen

## 10 Anhang

### 10.1 Rohdaten

#### 10.1.1 Rohdaten gesamt

Schutzgebiet gesamt	Anzahl	% Anteil	x	ln(x)	x*ln()
1 Waldmeister	30	17.6470588	0.17647059	-1.7346011	-0.3061061
2 Finger-Segge	16	9.41176471	0.09411765	-2.3632097	-0.2224197
3 Wald-Hainsimse	4	2.35294118	0.02352941	-3.7495041	-0.0882236
4 Wald-Veilchen	8	4.70588235	0.04705882	-3.0563569	-0.1438286
5 Wald-Sauerklee	49	28.8235294	0.28823529	-1.2439781	-0.3585584
6 Gewöhnlicher Efeu	11	6.47058824	0.06470588	-2.7379032	-0.1771584
7 Moos NB1	6	3.52941176	0.03529412	-3.344039	-0.1180249
8 Moos NB2	3	1.76470588	0.01764706	-4.0371861	-0.0712445
9 Spross NB1	2	1.17647059	0.01176471	-4.4426513	-0.0522665
10 Spross NB2	3	1.76470588	0.01764706	-4.0371861	-0.0712445
11 Spross NB3	6	3.52941176	0.03529412	-3.344039	-0.1180249
12 Europäische Stechpalme	1	0.58823529	0.00588235	-5.1357984	-0.0302106
13 Gewöhnlicher Wurmfarne	2	1.17647059	0.01176471	-4.4426513	-0.0522665
14 Gemeine Esche	8	4.70588235	0.04705882	-3.0563569	-0.1438286
15 Brombeere	6	3.52941176	0.03529412	-3.344039	-0.1180249
16 Echte Goldnessel	2	1.17647059	0.01176471	-4.4426513	-0.0522665
17 Rundblatlabkraut	4	2.35294118	0.02352941	-3.7495041	-0.0882236
18 Weisstanne	1	0.58823529	0.00588235	-5.1357984	-0.0302106
19 Gewöhnliche Buche	2	1.17647059	0.01176471	-4.4426513	-0.0522665
20 Bergahorn	2	1.17647059	0.01176471	-4.4426513	-0.0522665
21 Ausdauerndes Bingelkraut	2	1.17647059	0.01176471	-4.4426513	-0.0522665
22 Rippenfarn	2	1.17647059	0.01176471	-4.4426513	-0.0522665
Summe	170				2.45119721

Bewirtschaftet gesamt	% Anteil	x	ln(x)	x*ln()	
1 Waldmeister	7	8.53658537	0.08536585	-2.4608091	-0.2100691
2 Wald-Hainsimse	2	2.43902439	0.02439024	-3.7135721	-0.0905749
3 Moos NB1	2	2.43902439	0.02439024	-3.7135721	-0.0905749
4 Moos NB3	3	3.65853659	0.03658537	-3.308107	-0.1210283
5 Spross NB1	2	2.43902439	0.02439024	-3.7135721	-0.0905749
6 Spross NB2	1	1.2195122	0.01219512	-4.4067192	-0.0537405
7 Spross NB4	5	6.09756098	0.06097561	-2.7972813	-0.1705659
8 Brombeere	16	19.5121951	0.19512195	-1.6341305	-0.3188547
9 Weiss-Tanne	3	3.65853659	0.03658537	-3.308107	-0.1210283
10 Eiche	1	1.2195122	0.01219512	-4.4067192	-0.0537405
11 Gewöhnlicher Efeu	12	14.6341463	0.14634146	-1.9218126	-0.2812409
12 Bergahorn	2	2.43902439	0.02439024	-3.7135721	-0.0905749
13 Wald-Sauerklee	19	23.1707317	0.23170732	-1.4622803	-0.338821



14	Gemeine Esche	4	4.87804878	0.04878049	-3.0204249	-0.1473378
15	Gewöhnliche Buche	3	3.65853659	0.03658537	-3.308107	-0.1210283
	Summe	82				2.29975503

## 10.1.2 Rohdaten einzeln

Schutzgebiet 1	Anzahl	% Anteil	x	ln(x)	x*ln()
1 Waldmeister	26	36.6197183	0.366	-1.0045833	-0.3678756
2 Finger-Segge	4	5.63380282	0.056	-2.8763855	-0.1620499
3 Wald-Hainsimse	4	5.63380282	0.056	-2.8763855	-0.1620499
4 Wald-Veilchen	8	11.2676056	0.113	-2.1832383	-0.2459987
5 Wald-Sauerklee	11	15.4929577	0.155	-1.8647846	-0.2889103
6 Gewöhnlicher Efeu	4	5.63380282	0.056	-2.8763855	-0.1620499
7 Moos NB1	6	8.45070423	0.085	-2.4709204	-0.2088102
8 Spross NB1	2	2.81690141	0.028	-3.5695327	-0.1005502
9 Spross NB2	3	4.22535211	0.042	-3.1640676	-0.133693
10 Spross NB3	3	4.22535211	0.042	-3.1640676	-0.133693
	Summe	71		S-W Index D	1.96568062

Schutzgebiet 2	Anzahl	Anteil %	x	ln(x)	x*ln()
1 Wald-Sauerklee	31	59.6153846	0.596	-0.5172565	-0.3083645
2 Moos NB2	3	5.76923077	0.058	-2.8526314	-0.1645749
3 Spross NB3	3	5.76923077	0.058	-2.8526314	-0.1645749
4 Europäische Stechpalme	1	1.92307692	0.019	-3.9512437	-0.0759855
5 Gewöhnlicher Wurmfarne	2	3.84615385	0.038	-3.2580965	-0.1253114
6 Gemeine Esche	5	9.61538462	0.096	-2.3418058	-0.2251736
7 Brombeere	1	1.92307692	0.019	-3.9512437	-0.0759855
8 Echte Goldnessel	2	3.84615385	0.038	-3.2580965	-0.1253114
9 Rundblatt-Labkraut	4	7.69230769	0.077	-2.5649494	-0.1973038
	Summe	52		S-W Index D	1.4625854

Schutzgebiet 3	Anzahl	Anteil %	x	ln(x)	x*ln()
1 Waldmeister	4	8.5106383	0.085	-2.4638532	-0.2096896
2 Finger-Segge	12	25.5319149	0.255	-1.365241	-0.3485722
3 Wald-Sauerklee	7	14.893617	0.149	-1.9042375	-0.2836098
4 Gewöhnlicher Efeu	7	14.893617	0.149	-1.9042375	-0.2836098
5 Gemeine Esche	3	6.38297872	0.064	-2.7515353	-0.1756299
6 Brombeere	5	10.6382979	0.106	-2.2407097	-0.2383734
7 Weiss-Tanne	1	2.12765957	0.021	-3.8501476	-0.081918
8 Gewöhnliche Buche	2	4.25531915	0.043	-3.1570004	-0.1343404
9 Berg-Ahorn	2	4.25531915	0.043	-3.1570004	-0.1343404

10	Ausdauerndes Bingelkraut	2	4.25531915	0.043	-3.1570004	-0.1343404
11	Rippenfarn	2	4.25531915	0.043	-3.1570004	-0.1343404
	Summe	47			S-W Index D	2.15876455

Bewirtschaftet 1		Anteil %	x		ln(x)	x*ln()
1	Waldmeister	7	35	0.350	-1.0498221	-0.3674377
2	Wald-Hainsimse	2	10	0.100	-2.3025851	-0.2302585
3	Moos NB1	2	10	0.100	-2.3025851	-0.2302585
4	Spross NB1	1	5	0.050	-2.9957323	-0.1497866
5	Spross NB4	2	10	0.100	-2.3025851	-0.2302585
6	Brombeere	2	10	0.100	-2.3025851	-0.2302585
7	Weiss-Tanne	3	15	0.150	-1.89712	-0.284568
8	Eiche	1	5	0.050	-2.9957323	-0.1497866
	Summe	20			S-W Index D	1.87261301

Bewirtschaftet 2		Anteil %	x		ln(x)	x*ln()
1	Gewöhnlicher Efeu	6	23.0769231	0.231	-1.4663371	-0.3383855
2	Moos NB3	3	11.5384615	0.115	-2.1594842	-0.2491713
3	Spross NB2	1	3.84615385	0.038	-3.2580965	-0.1253114
4	Brombeere	14	53.8461538	0.538	-0.6190392	-0.3333288
5	Bergahorn	2	7.69230769	0.077	-2.5649494	-0.1973038
	Summe	26			S-W Index D	1.24350074

Bewirtschaftet 3		Anteil %	x		ln(x)	x*ln()
1	Wald-Sauerklee	19	52.7777778	0.528	-0.63908	-0.3372922
2	Gewöhnlicher Efeu	6	16.6666667	0.167	-1.7917595	-0.2986266
3	Spross NB1	1	2.77777778	0.028	-3.5835189	-0.0995422
4	Spross NB4	3	8.33333333	0.083	-2.4849066	-0.2070756
5	Gemeine Esche	4	11.1111111	0.111	-2.1972246	-0.2441361
6	Gewöhnliche Buche	3	8.33333333	0.083	-2.4849066	-0.2070756
	Summe	36			S-W Index D	1.39374814