

Leuphana Universität Lüneburg

Modul: Medialitätsorientierte Zugänge zu den Naturwissenschaften

Seminar: „Die Wahrheit ist auf dem Acker“ - konventionelle und ökologische Ackerbausysteme im Vergleich

Dozierende: Dr. Dorothe Lütkemöller

SoSe 2022

Note: 1,3

WALDGÄRTEN

Eine Synthese aus Wirtschaftswald, Kurzumtriebsplantage und Ackerland?

Mercedes Schröder mercedes.schroeder@posteo.de

Fieke Grunwaldt fieke.grunwaldt@stud.leuphana.de

Abgabetermin: 15.09.2022

Inhalt

1	Einleitung (<i>Mercedes</i>).....	1
2	Waldgärten – eine Definition (<i>Mercedes</i>)	2
2.1	Agroforstsysteme	2
2.2	Schichten eines Waldgartens	3
2.3	Pionier*innen und Expert*innen Definitionen	3
2.4	Management	5
3	Geschichte von Waldgärten (<i>Mercedes</i>)	5
3.1	Indigene Waldgärten	6
3.2	Bekannte Bewirtschaftungsformen in Europa.....	8
4	Charakterisierung von Waldgärten nach Schmidt und Gerold (<i>Fieke</i>).....	9
4.1	Naturnähe	9
4.2	Strukturvielfalt.....	9
4.2.1	Raumstruktur	9
4.2.2	Artenstruktur der Phytozönose	9
4.2.3	Altersstruktur der Baum bzw. Kulturpflanzenschicht	10
4.3	Bodenbearbeitung.....	11
4.4	Düngung	12
4.5	Pestizideinsatz	13
4.6	Erosionsdisposition	14
4.7	Humusanreicherung.....	15
4.8	Verhältnis von Zuwachs und Nutzung	15
5	Vergleich Waldgärten mit Wirtschaftswald, Kurzumtriebsplantage und Ackerland (<i>Fieke</i>).....	17
5.1	Zusammenfassung	21
6	Fazit und Ausblick (<i>Fieke</i>)	21
7.	Eidesstattliche Erklärung	i
7	Reference list.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
8	Anhang.....	v

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Weltkarte mit verschiedenen Bezeichnungen von historischen Waldgärten weltweit	6
Abbildung 2: Überblick zum Vergleich von Bodenbearbeitungssystemen (Döring, 2018)	11

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: "Nachhaltig bewirtschafteter Wald, Kurzumtriebsplantage und Ackerkultur im Vergleich hinsichtlich ausgewählter Kriterien" erweitert um die Bewirtschaftungsform Waldgärten (Schmidt and Gerold, 2010; eigene Erweiterung)	16
Tabelle 2: Ähnlichkeit und Vereinbarkeit der Charakteristiken von Wirtschaftswald, Kurzumtriebsplantage und Acker im Vergleich zu Waldgärten und (Un-)Vorteilhaftigkeit der jeweiligen Merkmale für ein gesundes Agroökosystem	20
Tabelle 3: Auswertung Tabelle 2	21

1 Einleitung (*Mercedes*)

Die Suche nach Alternativen für die vorherrschende nicht nachhaltige Landwirtschaft, die zum Verlust der biologischen Vielfalt führt, fossile Brennstoffe fördert und damit auch den Klimawandel anheizt und eine Verschlechterung der Böden verursacht, ist ein dringendes und komplexes Thema. Die Forderung nach einem transformativen Wandel für mehr Nahrungssicherheit, und -souveränität wurde in mehreren aktuellen globalen Bewertungsberichten hervorgehoben und die wachsende wissenschaftliche Disziplin der Agrarökologie beschäftigt sich intensiv mit der Erforschung und Etablierung von transformativer, nachhaltiger Landwirtschaft (Barrios *et al.*, 2020).

Waldgärten sind eine historisch schon lange existierende landwirtschaftliche Nutzform, dessen nachhaltige Funktionen vergessen und durch die Agrarökologie und andere Forschungszweige wiederentdeckt wurden.

Im zweiten Kapitel dieser Hausarbeit wird das Konzept Waldgärten unter dem Begriff Agroforstsysteme im Zusammenspiel mit Definitionen von Pionier*innen und Expert*innen definiert. Diese Arbeit wird im dritten Kapitel zunächst kurz auf die Geschichte von Waldgärten im (sub-)tropischen und gemäßigten Klima eingehen. Anschließend werden europäische, sich im gemäßigten Klima befindende Bewirtschaftungsformen aufgezeigt und mit dem System Waldgarten verglichen.

In ihrem Kapitel „*Nachhaltig bewirtschaftete Wälder versus Kurzumtriebsplantagen versus Agroforstsysteme*“ im Buch *AGROWOOD* des Weißensee Verlags vergleichen Schmidt und Gerold Wirtschaftswald, Kurzumtriebsplantagen und Acker mit einjährigen Nahrungs-, Futter- oder Energiepflanzen in folgenden acht verschiedenen Kategorien:

1. Naturnähe
2. Strukturvielfalt
 - 2.1. Raumstruktur
 - 2.2. Artenstruktur der Phytozönose
 - 2.3. Altersstruktur der Baum bzw. Kulturpflanzenschicht
3. Bodenbearbeitung
4. Düngung
5. Pestizideinsatz
6. Erosionsdisposition
7. Humusanreicherung

8. Verhältnis von Zuwachs und Nutzung

Am Ende dieser Hausarbeit in Kapitel vier wird die bestehende Tabelle um eine weitere Spalte, Waldgärten, ergänzt. Ziel ist es, Waldgärten als eine Form der Agroforstsysteme durch die acht Kriterien zu charakterisieren.

Unsere Hypothese lautet: Waldgärten verkörpern eine Synthese aus Wirtschaftswald, Kurzumtriebsplantage und Acker mit einjährigen und mehrjährigen Pflanzen. Sie machen sich dabei die positiven Aspekte der einzelnen Systeme in Bezug auf Nahrungsproduktion und Ökosystemfunktionen zunutze während Nachteile ausgeglichen werden.

2 Waldgärten – eine Definition (*Mercedes*)

Der folgende Abschnitt dient der Definition von Waldgärten innerhalb der landwirtschaftlichen Systeme. Angefangen bei der Überkategorie Agroforste werden die Systeme insbesondere über Pionier*innen und Expert*innen definiert (siehe dazu Anhang 1: Verwendung von grauer Literatur).

Generell ist die Idee von Waldgärten eine historisch gewachsene (siehe Kapitel 4). Aktuell werden dieser Systeme insbesondere dem Bereich der Permakultur, als philosophischer und designorientierter Ursprung und der Agrarökologie, als wissenschaftlicher Forschungsfokus zugeordnet (Hathaway, 2016).

Zusammengefasst wird in dieser Ausarbeitung ein Waldgarten als *einem Wald nachempfundenen mehrschichtiges System aus ein- und mehrjährigen essbaren und anderweitig nutzbaren Pflanzen* definiert.

2.1 Agroforstsysteme

Der Begriff „Agroforstsysteme“ fasst verschiedene Strukturen zusammen, welche anhand der Art und räumlichen und/oder zeitlichen Anordnung von Baum- und Nichtbaumkomponenten klassifiziert werden (Nair, 1993). Grob zusammengefasst können die Komponenten Ackerbau, Tierhaltung und Forstwirtschaft zusammen das Agroforstsystem bilden.

Folgende Kombinationsmöglichkeiten sind die bekanntesten:

Die **silvopastoralen Systeme** kombinieren Bäume und Weideflächen für Tiere. Ein prominentes Beispiel sind die Dehesas in Spanien, in welchen Korkbäumen mit Schweinen kombiniert werden. Neben Schweinen sind auch Kühe, Schafe oder Hühner häufige Tiere, die in silvopastoralen Systemen gehalten werden (Joffre *et al.*, 1988).

In **agrosilvopastoralen Systemen** werden alle drei Komponenten miteinander kombiniert. Der [Hof Lebensberg](#) in der Pfalz tut dies zum Beispiel. Zwischen den sukzessionalen Baumreihen mit Pioniergehölzern und Nussbäumen wachsen neben Gründüngung, Kartoffeln und Getreide. Nach der Gründüngung fährt außerdem ein Hühnermobil über die Fläche, um den Boden zusätzlich zu düngen und mit den Eiern und dem Fleisch der Zweinutzungsrassen wird ein zusätzliches Einkommen generiert, welches die Resilienz des Unternehmens erhöht.

Bei **agroforstwirtschaftlichen Systemen** werden einjährige landwirtschaftliche Nutzpflanzen, wie beispielsweise Getreide oder Gemüse, mit Bäumen und Sträuchern kombiniert (Nair, 1993). Bei den Bäumen und Sträuchern kann es sich sowohl um reine Holznutzungsarten wie Pappeln oder auch Obstbäume handeln oder Bäume und Sträucher, die einen anderen Nutzen für das Ökosystem haben wie die Stickstofffixierung (bspw. der Erbsenstrauch).

Waldgärten fallen nach unserer Definition und für die Vereinfachung dieser Ausarbeitung unter die agroforstwirtschaftlichen Systeme. Es werden somit keine Tiere in den hier definierten Systemen gehalten. Jedoch gibt es auch Beispiele, in denen in Waldgärten auch extensiv Tiere, wie Schweine oder Hühner teilweise gehalten werden oder zum Beispiel für die Bodenvorbereitung genutzt werden.

2.2 Schichten eines Waldgartens

In Ergänzung zu der eben ausgeführten Kategorisierung als agroforstwirtschaftliches System ist die Mehrschichtigkeit von Waldgärten wichtig zu nennen. Ein Waldgarten kann aus zwischen einer bis sieben Schichten bestehen: Der Kronenschicht (hochstämmige Obst- und Nussbäume), der niederen Baumschicht (mittel- und niedrigstämmige Obst- und Nussbäume), der Strauchschicht (Beeren und anderen Sträucher), der Krautschicht (Kräuter und ausdauerndes Gemüse), der vertikalen Schicht (Kletterpflanzen), der Bodendeckerschicht (kriechende Pflanzen) und der Wurzelschicht (schattentolerantes und/oder winterhartes Wurzelgemüse) (Hard 1994).

2.3 Pionier*innen und Expert*innen Definitionen

Nach Robert Hart, einem britischen Waldgartenpionier, welcher maßgeblich zur Wiederentdeckung dieser Systeme beigetragen hat, sind Waldgärten komplexe, selbsterhaltene, selbstverwertende, sich selbst düngende und wässernde Systeme. Durch ihre Pflanzung zielt man auf Vielfalt, andauernde Kreisläufe, umfassendes Recycling, ununterbrochene Bedeckung des Bodens, Kontrolle und Gleichgewicht ab (Hart, 1994).

Martin Crawford, ein britischer Biobauer und Gründer des Agroforestry Research Trusts sagt, dass Waldgärten „der Struktur junger natürlicher Waldgärten nachempfunden [sind]. [...] In dem Pflanzen mit direktem und indirektem Nutzen für den Menschen – häufig essbare Pflanzen – verwendet werden. [Er] kann aus großen Bäumen, kleinen Bäumen, Sträuchern, Stauden, einjährigen Pflanzen, Hackfrüchten und Kletterpflanzen bestehen, die alle so gepflanzt sind, dass positive Wechselwirkungen maximiert und negative Wechselwirkungen minimiert werden, wobei die Fruchtbarkeit weitgehend oder vollständig von den Pflanzen selbst erhalten wird.“ (Crawford, 2010).

Mark Shepard ist CEO von Restoration Agriculture Development and Forest Agriculture Enterprises und betreibt die New Forest Farms, eine 45 Hektar große mehrjährige landwirtschaftliche Farm, eine der ersten ihrer Art in den USA. Er ergänzt die hier aufgeführten Definitionen um den Aspekt der Schatten und Sonnenseiten von Systemen, somit können laut ihm mindestens zwölf verschiedene Nutzarten in einem System gepflanzt werden (Sechs Schichten pro Seite) (Shepard, 2013).

In den Niederlanden haben der Green Deal food forests, eine Koalition aus Regierungen, NGOs, Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Vorreitern aus der Praxis sich auf folgende Definition geeinigt:

"Beispiel für einen natürlichen Wald, mit einer großen Vielfalt an mehrjährigen und/oder holzigen Arten, deren Teile (Früchte, Samen, Blätter, Stämme usw.) als Nahrung für den Menschen dienen.

Mit dem Vorhandensein von:

- einer Kronenschicht höherer Bäume;
- mindestens 3 der anderen Nischen oder Vegetationsschichten aus niedrigeren Bäumen, Sträuchern, Kräutern, Bodendeckern, unterirdischen Pflanzen und Kletterpflanzen;
- einem reichen Waldbodenleben.

Ein Nahrungswald hat eine robuste Größe, d. h. eine Fläche von mindestens 0,5 Hektar in einer ökologisch reichen Umgebung; in einer stark verarmten Umgebung ist eine Mindestfläche von bis zu 20 Hektar erforderlich“ (Cieremans, 2020).

Stefanie Albrecht, welche in ihrer Doktorarbeit eine der ersten tieferen rein wissenschaftlichen Untersuchungen von modernen Waldgärten darstellt ergänzt die Definition des Weiteren um

eine Mindestgröße von 0,5 ha und mindestens 10% Baumkronenbedeckung, um waldähnliche Ökosystemleistungen zu erbringen (Albrecht und Wiek, 2021).

2.4 Management

Die Vielfalt und daraus resultierende Komplexität dieser Systeme stellen Waldgärtner*innen vor die Herausforderung des Managements eines solchen Systems. Dieses unterscheidet sich stark von den modernen landwirtschaftlichen Methoden, da Maschinen nach aktuellem Wissensstand zu wenig Platz haben, zu spezialisiert sind und zur Bodenverdichtung im solchen Maße beitragen, dass sie dem Bodenleben und somit dem gesamten System schaden (Wilpert and Schäffer, 2006).

Zum kontextualisieren wird hierbei ein Blick in die Vergangenheit der landwirtschaftlichen Managementmethoden im Kontext von Wald und baumbasierten Systemen genutzt (Parrotta *et al.*, 2015)). In dem Beitrag „The Historical, Environmental and Socio-economic Context of Forests and Tree-based Systems for Food Security and Nutrition“ erörtern Parotta et al., dass die Dichotomisierung, also die Aufteilung in zwei Kategorien, von Wäldern in „unberührte“ und „degradierte“ hinterfragt werden muss. Wälder und Landschaften werden seit mehr als 30.000 Jahren menschlich genutzt, somit gibt es keine „unberührten“ Wälder. Auch die Kategorie „degradiert“ suggeriert, dass die „berührten“, also vom Menschen genutzten Wälder, sterben. Jedoch haben bereits vor 30.000 bis 40.000 Menschen angefangen Pflanzen in Wäldern und Savannen zu beschneiden, auszudünnen und/oder zu entrinden. Vor etwa 10.000 Jahren wurde dann auch Brandrodung für eine einfachere Urbarmachung der Fläche eingesetzt und die erste Domestizierung von einzelnen Pflanzen (wie Feige *Ficus carica*) begann. Vor etwa 4.000 bis 6.000 Jahren wurde die Domestizierung ausgeweitet und professionalisierter.

Somit sind die Kategorien „Jäger und Sammler“ für unsere Vorfahren nicht mehr ausreichend. Es gab schon sehr lange Menschen, die im Wald gezielt Pflanzen genutzt haben und somit den „unberührten“ Wald berührten und aktiv veränderten. Der Begriff „Wald-Management“, führen Parotta et al. dazu weiter aus, simplifiziere die Multifunktionalität, die diese Systeme für die Menschen damals hatten aus heutiger Sicht zu sehr. In dieser Arbeit wird trotzdem, der Begriff Management weiterhin genutzt, jedoch explizit mit der Erweiterung der reinen Instandhaltung des „unberührten“ Systems mit einer gezielten Nutzung des Systems Wald für die Erzeugung von Nahrungsmitteln, Holz, Medikamenten und anderen Ökosystemfunktionen für alle Lebewesen.

3 Geschichte von Waldgärten (Mercedes)

Der Ursprung von Waldgärten liegt wie bereits erwähnt in weiter Vergangenheit. Es gibt weltweit Beispiele für indigene Waldgärten (Kapitel 4.1.), welche die Existenzgrundlage indigener Gemeinschaften bildeten. Außerdem werden in diesem Kapitel auch Parallelen zwischen anderen historischen landschaftlicher europäischer Bewirtschaftungsformen und Waldgärten aufgezeigt (Kapitel 4.2.).

3.1 Indigene Waldgärten

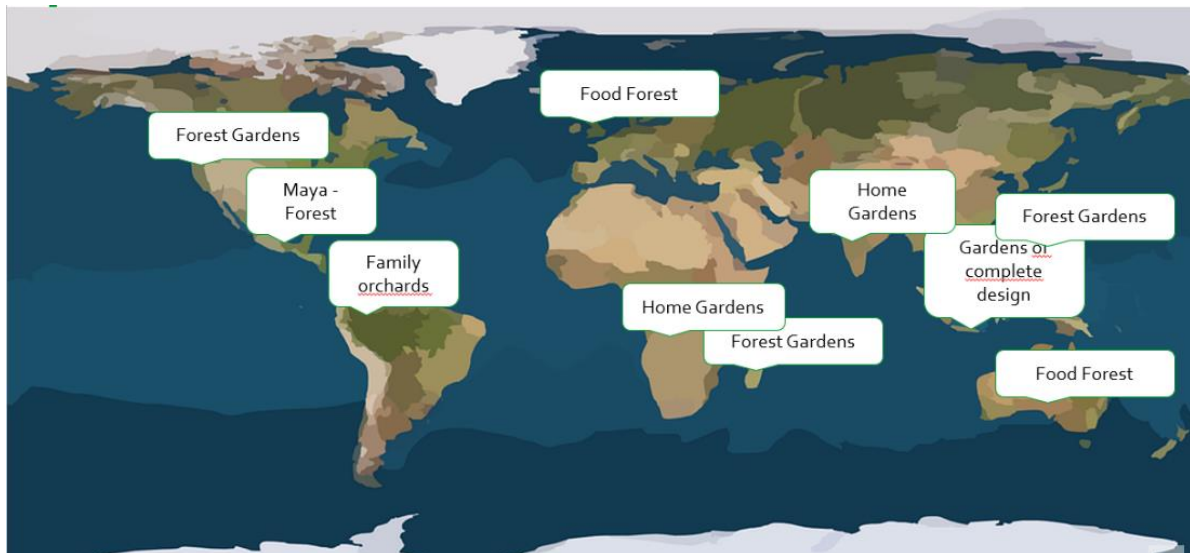


Abbildung 1: Weltkarte mit verschiedenen Bezeichnungen von historischen Waldgärten weltweit

Weltweit wird über Waldgärten in verschiedenen Papern und Artikeln berichtet (Armstrong *et al.*, 2021; Coan, 2021; Ford, 2016; Ford und Nigh, 2009; Parrotta *et al.*, 2015; Wallace, 2021). Es werden jedoch nicht alle als "Waldgärten" bezeichnet, sondern abhängig von der Herkunft werden andere Begriffe genutzt (siehe Abbildung 1).

Indigene Völker im Amazonas-Gebiet, die Maya und verschiedenen Völker Ostafrikas begannen Wälder bereits vor bis zu 10.000 Jahren zu kultivieren. Pflanzen wurden zum Verzehr und für medizinische Zwecke geerntet. Darüber hinaus dienten die Waldgärten wilden Tieren als Lebensraum, welche gejagt wurden. Die wandelbare Struktur und Zusammensetzung von Waldgärten stärkte die Fähigkeit indigener Völker, auf Umweltveränderung eingehen zu können. Die Gestaltung dieser Systeme begann meistens mit der Identifikation einer Familie oder Gemeinschaft mit dem Land. Sie schützten und verbesserten nützliche Bäume, Sträucher und andere Schichten des Waldes, wodurch unerwünschtes mehr und mehr verschwand. Aus einem Wald wurde so ein Waldgarten (Ford, 2016).

Durch die Kolonialisierung ab dem 15. Jahrhundert geriet das Konzept Waldgarten für längere Zeit in Vergessenheit. Es entwickelte sich allerdings in der Nische in vielen Klimazonen parallel zur Modernisierung und Etablierung konventioneller Landwirtschaft weiter.

Im tropischen Klima sind Waldgärten als Hausgärten insbesondere in Zambia, Zimbabwe, Äthiopien, Kerala, Indien und Nepal bekannt. Ein besonders bekanntes Areal sind die „Chaga Gärten“ am Fuß des Kilimanjaro in Tansania. Dort, sowie in vielen anderen (afrikanischen) Ländern gelten Frauen als Hauptakteur*innen, welche den Waldgarten bis heute anlegen, pflegen und für die eigene Ernährung nutzen (Parrotta *et al.*, 2015). In Yucatán sind Maya Waldgärten das Beispiel für die Ernährung einer Hochkultur durch Waldgärten.

„Der Maya-Wald, von dem man einst dachte, es sei ein wilder, unberührter Dschungel, ist in Wirklichkeit das Ergebnis prähistorischer, kolonialer und aktueller menschlicher Aktivitäten, Doch die Rolle des Menschen bei der Gestaltung der Waldlandschaft wurde in der ökologischen Geschichte der Maya-Regionen und in der Erzählung über ihre Bewohner ignoriert“ (Ford, 2016, p. 15).

In Marokko gibt es den weltweit ältesten bisher bekannten Waldgarten. Der im subtropischen Klima befindliche, 26 ha große und 2.000 Jahre alte Waldgarten wird bis heute bewirtschaftet. Die umliegenden Dorfbewohner*innen wissen nicht mehr genau wie er entstand, sie bezeichnen ihn als Resultat von Biomimikry, also einen durch das Nachempfinden von natürlichen Systemen entstandenen Nutzgarten (Pathak, 2019). Jedoch verlassen immer mehr junge Menschen die ländliche Umgebung und suchen in Städten einen Job, wodurch die Bewirtschaftung der Fläche extensiver wird und auch das Wissen um diese verloren geht (Wallace, 2021).

Während einer Studie von Armstrong *et al.* (2021) wurden verschiedene Waldgärten rund um indigene Dorfkomplexe in Canada betrachtet. Diese bestanden nur aus drei Schichten (Baum-, Kraut- und Strauchschicht, was auf die geringere Sonnenenergie im gemäßigten Klima über das Jahr zurückzuführen ist. Diese Systeme hatten trotzdem im Vergleich zu den umliegenden Naturwäldern eine signifikant höhere Biodiversität. Sie wurden und werden teilweise noch heute für Baumaterialien, Ernährung und Medizin genutzt. Insgesamt wurde eine höhere Systemresilienz im Vergleich zu den umliegenden Naturwäldern und landwirtschaftlichen Flächen festgestellt (Armstrong *et al.*, 2021).

3.2 Bekannte Bewirtschaftungsformen in Europa

Innerhalb des gemäßigten Klimas Europas lassen sich verschiedene historische Bewirtschaftungsformen identifizieren, die teilweise mit der Definition eines Waldgartens einhergehen.

Die Scheitelwirtschaft, welche seit der Jungsteinzeit praktiziert wurde (~500 v. Chr.) beinhaltete die Nutzung von Zweigen und Laub für die Ernährung von Vieh. Die Bäume wurden niedrig gehalten, um eine bequemere Ernte der Biomasse durch Menschen und Tiere zu ermöglichen. Nach der Definition von Waldgärten, die wir am Anfang aufgestellt haben, sind domestizierte Tiere nicht Teil eines Waldgartensystems, trotzdem zeigt dieses Beispiel, dass Wälder schon lange zu mehr als nur zur Holzproduktion dienten (Baldenhofer, 2021).

Das Zeidelwesen oder auch die Waldimkerei genannt, wurde seit dem 13. Jahrhundert praktiziert. Der Honig, Wachs und andere Produkte von Wildbienen wurden aus den Bäumen geerntet. Die Menschen haben deswegen auch besonders reich blühende und bei den Insekten beliebte Bäume gefördert und geschützt und dadurch den Wald verändert.

Eine klassische Streuobstwiese besteht aus Hochstämmen, welche zwischen 1,8m und 2,20m hoch werden. Bei dem Obst handelt es sich nicht um Tafelobst, sondern es wird zur Weiterverarbeitung zu beispielsweise Saft, Cider, Marmelade oder auch Kuchen genutzt. 812 n. Chr. veranlasste Karl der Große bestimmte Obstbäume anzupflanzen und zu pflegen. Dadurch hat die Domestizierung der heute in Europa typischen Obstbäume wie Pflaume, Apfel, Birne oder Kirsche stark zugenommen (Barde und Hochmann, 2019). Um die Jahrtausendwende haben Obstbäume insbesondere in Klostergärten an Bedeutung gewonnen. Obstbäume wurden im 19. und 20. Jahrhundert hauptsächlich auf Flächen angepflanzt, welche nicht anderweitig landwirtschaftlich oder baulich nutzbar waren.

Zusammengefasst lässt sich feststellen, dass es vielfältige historische Beispiele von multifunktionalen Bewirtschaftungsformen gibt, in welchen Forstwirtschaft und Landwirtschaft zusammen gedacht wird. Durch die Industrialisierung und die daraus entstandenen Mechanisierung der Prozesse, wie Pflanzung, Ernte und Verarbeitung ist diese Multifunktionalität jedoch gesunken. Die landwirtschaftlich genutzten Flächen sind mit den Bewirtschaftungsmaschinen gewachsen. Diese brauchen auch breitere Wege und eine geringere Arten-, und Strukturvielfalt auf einer Fläche, um diese zu bewirtschaften. Durch die Industrialisierung wurde Flexibilität und Diversität eingebüßt.

4 Charakterisierung von Waldgärten nach Schmidt und Gerold (Fieke)

4.1 Naturnähe

Ziel der Waldgärten ist es, trotz des geplanten Designs einen hohen Natürlichkeitsgrad zu erhalten. Sie ahmen ein junges Waldökosystem mit vorrangig essbaren Pflanzen nach, dass wie ein sich selbst erhaltender natürlicher Wald funktioniert (Nytofte und Henriksen, 2019). Durch das naturnahe Design und extensive Bewirtschaftung werden die Kreisläufe eines natürlichen Waldes nachempfunden und gezielt für die Produktion von essbaren oder anderweitig nutzbaren Pflanzen genutzt (Nytofte und Henriksen, 2019; Paschall, 2021).

4.2 Strukturvielfalt

4.2.1 Raumstruktur

Wie in der Definition beschrieben sind Waldgärten mehrschichtige Systeme. Die Anzahl und Vielfalt der Lagen sind dabei abhängig vom Klima des Standorts und dem Design. Die meisten Waldgärten haben zwischen drei und sieben der folgenden Schichten: Kronenschicht, niedere Baumschicht, Strauchschicht, Krautschicht, Vertikale Schicht, Bodendeckerschicht, Wurzelschicht, sowie essbare oder heilende Pilze. Angepasst an die Struktur finden sich in Waldgärten viele verschieden stark Schatten-tolerante Arten (Shepard, 2013). Die Etagenstruktur wurde "entwickelt, um die größtmögliche Einsparung von Raum und Arbeit zu erreichen" (Hart, 1994).

Da ein Waldgarten verschiedene Landschaftselemente wie etwa Wald, Hecken, Totholz und Waldränder zusammenbringen kann, entstehen Nischen, die Lebensraum bieten für vielfältige Tier- und Pflanzenarten (Schulz, Becker und Götsch, 1994; Wezel *et al.*, 2014). Durch die Raumstruktur entstehen in Waldgärten, wie in einem Naturwald, Mikroklimata in denen jeweils verschiedene Arten gut gedeihen. Die Baumkronen spenden Schatten und befeuchten die Luft durch Verdunstung aus ihren Blättern, außerdem hat der Boden eine höhere Wasserspeicherkapazität. Durch diese und weitere Faktoren ist das Klima im Wald im Durchschnitt kühler und feuchter als in der Umgebung (Spektrum Akademischer Verlag, 1999; Zellweger *et al.*, 2020)

4.2.2 Artenstruktur der Phytozönose

Die Artenstruktur des Waldgartens zeichnet sich durch hohe Diversität aus, die je nach Bedingungen am Standort und dem Design des Systems aus regionalen und exotischen Arten besteht. Die Vielfalt des Systems folgt einem ausgefeilten Entwurf der geordneten Diversität bestimmt

durch die Gesetze der Pflanzensymbiose. Arten werden nach ihrer sogenannten ‚agroecological fitness‘ ausgewählt, abgestimmt auf Kompatibilität untereinander, Produktivität, Nachhaltigkeit und Ökosystemcharakter des Systems, sodass jede Pflanze genug Wasser, Energie und Nährstoffe bekommt (Nytofte and Henriksen, 2019; Schulz, Becker und Götsch, 1994).

Die meisten Pflanzen im Waldgarten erfüllen mehrere Funktionen neben der Ernte als Nahrungs- oder Heilmittel, beispielsweise werden mit Pflanzen und Gestaltungselementen gezielt nützliche Tiere wie bestäubende Insekten angelockt (Wezel *et al.*, 2014). Einheimische Arten ohne kommerziellen Wert keimen natürlicherweise an zufälligen Stellen auf der Fläche, werden bewusst im System belassen oder für ihre Ökosystemfunktionen gezielt gepflanzt (Schulz, Becker und Götsch, 1994).

4.2.3 Altersstruktur der Baum bzw. Kulturpflanzenschicht

Die Pflanzen in einem Waldgarten sind ungleichaltrig und größtenteils mehrjährig. Die Altersstruktur wird durch die Abfolge der Pflanzung gezielt und systematisch geplant, sodass sich die Pflanzen gegenseitig optimal in ihrem Wachstum unterstützen. Mehrjährige Pflanzen haben außerdem einige Vorteile gegenüber einjährigen Gewächsen, sie schlagen im Frühling früher aus, wachsen jedes Jahr weiter und vergrößern so ihre Fläche für Photosynthese. Sie haben insgesamt etwa zwei bis drei Monate mehr Zeit das Sonnenlicht für Photosynthese und die Produktion von Biomasse zu nutzen als einjährige Pflanzen, die jedes Jahr aus Samen neu aufwachsen müssen (Shepard, 2013).

Bäume und Sträucher können zudem regelmäßig beschnitten werden. Dies wirkt verjüngend, sodass die Gehölze länger leben und Früchte tragen, als sie es ohne den Beschnitt tun würden (Shepard, 2013). Das Entfernen von Pflanzenteilen oder ganzen Pflanzen, die ihre Entwicklung abgeschlossen oder Funktion erfüllt haben wirkt außerdem verjüngend indem es mehr Licht und Platz für aufwachsende jüngere Pflanzen schafft (Schulz, Becker und Götsch, 1994).

4.3 Bodenbearbeitung

Tab. 1.14: Überblick zum Vergleich von Bodenbearbeitungssystemen				
Bodenbearbeitungssystem	Konventionell		Reduziert	Direktsaat
	Wendend	Wendend	Nichtwendend	
Geräte	Pflug	Pflug, Schälflug u. a.	Grubber, Scheibeneggen	Direktsaatgerät
Art der Bodenbearbeitung	Tiefe Lockerung und Wendung des Bodens bis in Krumentiefe (bis etwa 25–30 cm Bodentiefe)	Flache Lockerung und Wendung des Bodens (z. B. 5–15 cm Bodentiefe)	Tiefe oder flache Lockerung des Bodens mit nichtwendenden Bearbeitungsgeräten	ohne Bearbeitung der Ackerfläche
Pflanzenreste an der Bodenoberfläche	Herstellung einer unbedeckten Bodenoberfläche („reiner Tisch“)		Teil der Pflanzenreste bedecken als Mulch die Bodenoberfläche	Belassen der vollständigen Pflanzenreste auf der Bodenoberfläche
Saat der Folgefrucht	Ziel ist störungsfreie Drillsaat		Sog. Mulchsaat	Aussaat in die Pflanzenreste mit Direktsaatgeräten

Abbildung 2: Überblick zum Vergleich von Bodenbearbeitungssystemen (Döring, 2018)

Bodenbearbeitung wird definiert als „das zielgerichtete mechanische Einwirken auf den Boden“ (Döring, 2018), dass sich meist auf die obersten 30 cm des Bodens beschränkt. „Sie hat zum Ziel, eine möglichst gleichmäßige Aussaat in der erforderlichen Tiefe zu erlauben, ein rasches Keimen der Kulturpflanzen zu ermöglichen, einen optimalen Feldaufgang zu erreichen und im weiteren Verlauf der Pflanzenentwicklung eine intensive Durchwurzelung des Bodens zuzulassen“ (Döring, 2018). Bodenbearbeitung lockert, mischt, verdichtet, wendet, ebnet und profiliert. Sie steuert den Luft- und Wasserhaushalt und beeinflusst so die abiotische Abbaubedingungen für Bodenorganismen, sowie die Bodentemperatur und -struktur durch Lüftung und Lockerung (Döring, 2018). Dabei gibt es verschiedene Strategien mit unterschiedlicher Intensität, Geräten und Zielen (siehe Abb. 1).

Das Zerkleinern von Pflanzenresten bei der Bearbeitung erhöht deren Oberfläche und erleichtert den mikrobiellen Abbau. Das Einmischen in den Boden erleichtert den Zugang der Bodenorganismen zu den Resten, solange sie nicht zu tief eingemischt werden, in Tiefen, wo die mikrobielle Aktivität geringer ist. Allerdings besteht auch das Risiko, Bodenorganismen durch Bodenbearbeitung zu verletzen, z.B. Regenwürmer. Das Aufbrechen der Bodenstruktur je nach Tiefe der Bearbeitung kann störend auf das Bodenleben wirken (Wezel *et al.*, 2014). „Tendenziell führt eine größere Intensität der Bodenbearbeitung, d. h. größere Bearbeitungstiefe, eine häufigere Bearbeitung und ein stärkeres Wenden des Bodens zu einer Verminderung der genannten Bodenorganismen“ (Döring, 2018).

In Waldgärten findet meist keine oder nur extensive Bodenbearbeitung statt. Gegebenenfalls wird die Fläche vor der Anlage des Systems bearbeitet. Den Boden kaum oder gar nicht zu

bearbeiten kann mehrere Vorteile haben. Es verringert den Energieverbrauch und die Bodenverdichtung durch Maschinen, bzw. reduziert die erforderliche menschliche Arbeitskraft bei nicht-maschinellem Bearbeiten, was im Waldgarten in der Regel der Fall ist (Wezel *et al.*, 2014). Pilzhyphen und Bakterien Schleime stabilisieren die Bodenkrümel und bilden eine für das Pflanzenwachstum günstige Bodenstruktur (Döring, 2018). Diese bleibt intakt, wodurch das Risiko von Wasser- und Winderosion verringert wird, während sich die Aktivität der Bodenbiota sowie die organische Substanz im Boden und damit die Kohlenstoffbindung erhöhen (Döring, 2018; Wezel *et al.*, 2014).

Allerdings ist tiefere Bodenbearbeitung ein sehr effektives Mittel zur Beikrautregulierung und zur Kontrolle von Krankheiten und Schädlingen, die z.B. auf Pflanzenresten überdauern können (Döring, 2018). Wird der Boden nicht oder nur minimal bearbeitet, braucht das System andere Maßnahmen wie die Beikrautentfernung per Handarbeit, was je nach Systemgröße einen hohen Arbeitsaufwand darstellt. Das Ausbringen von Mulchmaterial zwischen den Pflanzen hilft außerdem, den Beikrautdruck zu verringern, indem es Samen und Keimlingen das Licht nimmt (Wezel *et al.*, 2014).

Viele Waldgärtner*innen lassen allerdings Pionierpflanzen wachsen und machen sich in ihrer Pflanzplanung die natürliche Sukzession zunutze. Es werden insbesondere in den ersten fünf Jahren kaum Pflanzen in der Kraut-, und Strauchschicht gepflanzt, da diese direkt von Pionieren wie Distel, Brennessel und Ackerwinde überwuchert werden würden. Wenn das System im Übergang zu einem Jungwald ist und die Pionierpflanzen den Boden gelockert und über Jahre durch Laubabfall im Herbst gedüngt haben, ist ihre zeitliche Nische im System vorbei und der*die Waldgärtner*in nutzt den fruchtbaren Boden für geeignete Folgepflanzungen (Shepard, 2013)

4.4 Düngung

“Unter Düngung versteht man die Zufuhr v. Pflanzennährelementen zum Ausgleich der bei der ackerbaulichen Bodennutzung entstehenden Entzüge, Verluste und Veränderungen sowie zur Verbesserung der Nährstoffversorgung der Böden" (Diepenbrock, Ellmer und León, 2016).

Dünger wird in organische und synthetische Düngemittel unterschieden. Organische Düngemittel sind z.B. Gülle, Stallmist und Jauche, sowie Gründünger, Mulch, kompostierter Bioabfall, Klärschlamm und Gärreste. „Synthetische Düngemittel werden hingegen durch eine technische Aufbereitung natürlicher Rohstoffe hergestellt und als Einzel- oder Mehrfachnährstoffdünger angeboten" (Umweltbundesamt, 2022c).

Besonders bei unsachgemäßer Handhabung in der Lagerung und Ausbringung von Düngemitteln können Gefahren für die Umwelt entstehen. Zudem ist die energieaufwändige Herstellung synthetischer Düngemittel mit hohem Ressourcenverbrauch und Treibhausgasemissionen verbunden. Stickstoff und Phosphor können in zu hohen Konzentrationen negative Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit und Gewässerqualität haben. Ammoniak- und Lachgasemissionen aus der Lagerung und Ausbringung beeinträchtigen die Luftqualität. Manche Düngemittel enthalten außerdem Schwermetalle, die die Pflanzen nicht benötigen. Bei einer intensiven Düngung können diese sich im Boden anreichern und über Pflanzen in die Nahrungskette und ins Grundwasser gelangen. Spurennährstoffe wie Zink und Kupfer sind außerdem toxisch für manche Bodenorganismen, was die Bodenfruchtbarkeit langfristig beeinflusst (Umweltbundesamt, 2022c).

Auch die Verwendung organischer Düngemittel ist mit Risiken verbunden. Der Nährstoffgehalt organischer Dünger kann stark schwanken und die Nährstoffverfügbarkeit ist schwieriger einzuschätzen (Herrmann, 2022). Bei der Kompostierung organischer Abfälle müssen gewisse Temperaturen erreicht werden, um Schädlinge, Beikrautsamen und Krankheiten abzutöten (Umweltbundesamt, 2022c). Außerdem kann eine übermäßige oder nicht sachgemäße Verwendung besonders von Tiermist zu Nitratbelastung von Boden und Gewässern führen (Umweltbundesamt, 2018).

Die meisten Waldgartensysteme sind v.a. am Anfang auf organische Düngemittel angewiesen. Ein etabliertes Waldgartensystem braucht idealerweise keinen Input von außen mehr. Streu und Schnitt der Pflanzen werden als Dünger verwendet, einige Arten werden beispielsweise gezielt für die Beschattung junger Pflanzen und die Produktion von Biomasse gepflanzt (Shepard, 2013). Unterschiedliche Wurzeltiefen ermöglichen außerdem eine effektivere Nutzung der Nährstoffressourcen (Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe, 2022). Eine hohe Biomasseproduktion im System und die Verbesserung und Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit, beispielsweise durch Pflanzen, die eine Symbiose mit natriumfixierenden Mikroorganismen eingehen können, kann den Austrag an Nährstoffen durch die Ernte ausgleichen (Hart, 1994; Schulz, Becker und Götsch, 1994).

4.5 Pestizideinsatz

Waldgärten arbeiten ohne chemische Pestizide oder Herbizide. Durch die Diversität des Waldgartens und damit verbundene Ökosystemfunktionen gewinnt das System an Resilienz gegenüber Störungen wie Schädlingen und Beikrautdruck. Schädlingsbefall tritt weniger stark auf, da weniger gleiche Pflanzen weniger Angriffsfläche bieten, das System die Gesundheit der

Pflanzen fördert, und Pflanzen mit Eigenschaften zur Schädlingsabwehr in der Pflanzplanung gezielt kombiniert werden. Beikraut wird durch die Struktur und Artenauswahl kontrolliert und klein gehalten (Wezel *et al.*, 2014). Darüber hinaus haben Schädlinge und Krankheiten weniger verheerende Auswirkungen, da der entstandene Schaden in der Diversität des Systems aufgefangen wird. Wenn eine Pflanzenart ein schlechtes Jahr hat, wird dies durch die vielen anderen ausgeglichen (Paschall, 2021).

Um Schädlingen dennoch vorzubeugen oder sie bei Befall zu bekämpfen, ist der Einsatz von biologischer Schädlingsabwehr möglich. Beispielsweise die Ausbringung von Nützlingen wie Marienkäfern, die sich von bestimmten Schädlingen wie Blattläusen ernähren (Shepard, 2013).

Durch den Verzicht auf Pestizide werden Boden und Wasser geschont und Risiken für die menschliche Gesundheit vermieden (Wezel *et al.*, 2014).

4.6 Erosionsdisposition

Erosion ist ein durch Wasser und Wind natürlich auftretender Prozess. Etwa ein Drittel der deutschen Ackerflächen sind von einer mittleren bis sehr hohen Erosionsgefährdung betroffen (BGR, 2022). Begünstigende Faktoren sind die Beschaffenheit und Zusammensetzung des Bodens, die Geländebeschaffenheit, sowie klimatische Bedingungen wie Niederschlag und Wind (Umweltbundesamt, 2022b). Allerdings ist davon auszugehen, dass Erosion bei natürlich ausgebildeter ganzjähriger Bodenbedeckung durch Pflanzen nicht nennenswert auftritt. Die Erosionsgefährdung wird maßgeblich durch verschiedene bewirtschaftungsbedingte Einflussfaktoren bestimmt. Große offene Anbauflächen, ein spätes Wachstum der Nutzpflanzen sowie große Reihenabstände bieten Wind und Wasser viel Raum, den unbedeckten Boden abzutragen. Ein weiterer Faktor ist die Intensität der Bodenbearbeitung. Tiefe Bodenbearbeitung beeinträchtigt die Struktur des Bodens (siehe Kapitel Bodenbearbeitung), wodurch die Bodenkrümel schlechter zusammenhalten und Sedimente leichter weggeschwemmt oder -geweht werden können (Umweltbundesamt, 2022b).

Erosion lässt sich durch verschiedenen Maßnahmen verringern. Eine dauerhafte Bedeckung und tiefe Durchwurzelung des Bodens schützt die Erde vor Wind und Wasser und hält den Boden zusammen. Das Verteilen von Mulchmaterial hilft außerdem, den Boden zu schützen, indem es die unbewachsene Erde bedeckt und Regenfälle abfedert (Wezel *et al.*, 2014). Auch der Humusgehalt kann die Erosionsgefährdung verringern, indem er zu einer stabileren Bodenstruktur beiträgt (Umweltbundesamt, 2022a, 2022b).

Erosion im Waldgarten tritt kaum auf, da darauf geachtet wird, dass der Boden mit Pflanzen oder Mulch bedeckt ist, die Pflanzen unterschiedlich tief wurzeln und ein höherer Humusgehalt aufgebaut wird (Wezel *et al.*, 2014).

4.7 Humusanreicherung

Ein Ziel im Waldgarten ist die Steigerung des Humusgehalts. Der Humusgehalt eines Bodens beschreibt den Gehalt an organischer Substanz im Boden. Ein höherer Humusgehalt bedeutet mehr Fruchtbarkeit, ein aktives Bodenleben und eine bessere Bodenstruktur (Umweltbundesamt, 2022a). Um den Humusgehalt zu erhöhen können verschiedene Maßnahmen ergriffen werden. Einerseits wird der Boden geschützt durch wenig Bodenbearbeitung und das Verhindern von Verdichtung, sowie Maßnahmen zum Erosionsschutz und den Anbau bodenbedeckender Pflanzen. Letztere sind andererseits auch eine Methode, um den Boden zu „füttern“. Organisches Material wie abgestorbene Pflanzenteile, Tiermist und Kompost wird auf der Erde ausgebracht und ggf. eingemischt. Es wird von Bodenorganismen zersetzt in Nährstoffe, die dann wieder von den Pflanzen des Waldgartens aufgenommen werden können (Magdoff und van Es, 2021). In einem funktionierenden Waldgartensystem ist die Humusanreicherung hoch.

4.8 Verhältnis von Zuwachs und Nutzung

Die meisten Gewächse im Waldgarten sind mehrjährige Pflanzen. Jedes Jahr wächst mehr neue Biomasse nach, als als Ernte oder Schnitt zum Düngen und Mulchen entnommen wird. Dadurch übersteigt der Zuwachs die Nutzung (Shepard, 2013). Außerdem wachsen in Waldgärten auch Pflanzen, die vom Menschen nicht unmittelbar genutzt werden, sondern verschiedene Funktionen für das System erfüllen (Schulz, Becker und Götsch, 1994)

Tabelle 1: "Nachhaltig bewirtschafteter Wald, Kurzumtriebsplantage und Ackerkultur im Vergleich hinsichtlich ausgewählter Kriterien" erweitert um die Bewirtschaftungsform Waldgärten (Schmidt and Gerold, 2010; eigene Erweiterung)

Kriterium/ Indikator	Wirtschaftswald	Kurzumtriebsplantage (Energieholzanbau)	Acker mit einjährigen Nahrungs-, Futter-, Energiepflanzen	Waldgärten mit ein- und mehrjährigen essbaren Pflanzen	
Naturnähe	Naturnahes bis -fernes Ökosystem, Natürlichkeitsgrad in Abhängigkeit vom Waldbausystem differenziert; aber im Vergleich zu Plantage und Acker höchster Ausnutzungsgrad naturräumlicher Potenziale	Naturfremdes Ökosystem, geringster Natürlichkeitsgrad unter Gehölzökosystemen, aber naturnäher als Acker	Naturfremdes Ökosystem, geringster Natürlichkeitsgrad unter den Phytomasse produzierenden Landnutzungssystemen	i.d.R. naturnahes System, Natürlichkeitsgrad abhängig von Bewirtschaftungsweise & Pflanzenwahl, (Aus-)nutzung von Kreisläufen durch naturnahes Design	
Strukturvielfalt	Raumstruktur	Mehrschichtig, Vielfalt abhängig vom Waldbausystem; höchste Diversität im Vergleich zu Kurzumtriebsplantage und Acker	2-schichtig (Gehölz- & Krautschicht); Diversität gering, horizontale Raumstruktur kann durch Gestaltung erhöht werden	1- Bis 2-schichtig (Kulturpflanzenschicht, teilweise wildwachsende Begleitflora), Diversität am geringsten	Mehrschichtig, Vielfalt abhängig von Klima & Design, meist 3-7 Schichten: 1: Kronenschicht 2: Niedere Baumschicht 3: Strauchschicht 4: Krautschicht 5: Vertikale Schicht 6: Bodendeckerschicht 7: Wurzelschicht + essbare/heilende Pilze
	Artenstruktur der Phytozönose	Diversität in Abhängigkeit von Standort, Waldbausystem und Entwicklungsstadium, Baumschicht gering bis hoch, Krautschicht gering bis hoch (aus indigenen, überwiegend regionaltypischen Arten; überwiegend Stauden)	Gehölzschicht in der Regel aus 1 Art oder Sorte; Krautschicht nur in Anfangsphase und nach Ernte artenreich (nur teilweise indigene Arten, überwiegend Ubiquisten; anfangs überwiegend 1- und mehrjährige, später Stauden)	Kulturpflanzenschicht aus 1 Art, Wildkrautschicht artenarm, nur im Saumbereich höhere Diversität; überwiegend 1-jährige Archäo- und Neophyten	Hohe Diversität, je nach an Standort möglichen Schichten und Design; regionale & exotische Arten
	Altersstruktur d. Baum- bzw. Kulturpflanzen schicht	Ungleichaltrig oder gleichaltrig, dann Bestandesgefüge mit unterschiedlich alten Beständen	Bestand: gleichaltrig, Bestandesgefüge: mehrere unterschiedlich alte Bestände	Gleichaltrig (meist 1-jährig)	Ungleichaltrig; teils ein- aber v.a. mehrjährige Pflanzen
Bodenbearbeitung	Keine bzw. extensiv	Nur vor Anlage, dann mehrjährige Ruhe	Intensiv - jährlich	Keine bzw. extensiv; je nach Standort ggf. vor Anlage	
Düngung	Keine (Ausnahme z.B. nach Bodenversauerung)	i.A. keine	Jährlich	Kaum, durch Ernte entnommene Nährstoffe ausgleichen, nur organische Düngemittel	
Pestizideinsatz	Keiner (Ausnahme bei Massengradation von Schadinsekten)	Nur vor Anlage	Intensiv	Keine (Biologische Schädlingsabwehr)	
Erosionsdeposition	Keine oder gering	Gering, da ganzjährig bestockt	Meist hoch, da zeitweise ohne Pflanzendecke	Keine oder gering	
Humusanreicherung	hoch	gering	Keine	hoch	
Verhältnis von Zuwachs und Nutzung	Bestand: i.A. Zuwachs > Nutzung (aussetzender Betrieb) Bestandesgefüge: Verhältnis hängt von konkreter Waldstruktur ab (nachhaltiger Betrieb)	Bestand: bis zur Ernte jährlicher Zuwachs > 0, Nutzung = 0 Bestandesgefüge: Verhältnis hängt von Altersstruktur ab (nachhaltiger Betrieb)	Jährliche Gleichheit von Zuwachs und Erntemenge	Zuwachs > Nutzung	

5 Vergleich Waldgärten mit Wirtschaftswald, Kurzumtriebsplantage und Ackerland (Fieke)

Im folgenden Abschnitt werden wir das System Waldgarten mit den drei Bewirtschaftungsformen aus Schmidts und Gerolds Tabelle vergleichen: Wirtschaftswald, Kurzumtriebsplantage und Ackerland.

Als Wirtschaftswald bezeichnet werden „regelmäßig bewirtschaftete Waldflächen, denen das Holz zur Nutzung entnommen wird“ (spektrum.de, 1999). Schmidt und Gerold charakterisieren in ihrer Tabelle einen nachhaltig bewirtschafteten Wald (Schmidt und Gerold, 2010). Kurzumtriebsplantagen sind „Anpflanzungen schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen, die nach Umtriebszeiten von zwei bis zwanzig Jahren geerntet werden“ (Bemmann, 2010). Die Wurzelstöcke verbleiben im Boden und können in der nächsten Vegetationsperiode erneut ausschlagen. Als Acker wird jede „mit einem Pflug bearbeitete, für den Anbau von Nutzpflanzen bestimmte Bodenfläche“ bezeichnet (Duden, no date). In diesem Fall betrachten wir Äcker mit einjährigen Nahrungs-, Futter- oder Energiepflanzen.

Einen Waldgarten haben wir definiert als *ein einem Wald nachempfundenen mehrschichtiges System aus ein- und mehrjährigen essbaren/nutzbaren Pflanzen* (siehe Kapitel 2).

Tabelle zwei zeigt, wie (un)ähnlich und (un)vereinbar die Merkmale der Bewirtschaftungsform Wirtschaftswald, Kurzumtriebsplantage oder Acker in der jeweiligen Kategorie im Vergleich zu der Bewirtschaftungsform Waldgarten sind und wie gut die jeweiligen Charakteristiken für ein gesundes Agroökosystem sind, in dem Nahrungsmittel produziert werden und Ökosystemfunktionen intakt sind. Plusse zeigen an, dass die Merkmale der Bewirtschaftungsform in der Kategorie denen der Waldgärten ähneln und vorteilhaft für ein gesundes Agroökosystem sind. Minusse zeigen an, dass die Merkmale der Bewirtschaftungsform in der Kategorie anders und/oder nicht vereinbar mit den Merkmalen der Waldgärten und für ein gesundes Agroökosystem von Nachteil sind. Eine Null bedeutet, dass die Merkmale in dieser Kategorie keinen Widerspruch zu denen der Waldgärten darstellen, aber nicht vorteilhaft für ein gesundes Agroökosystem sind.

Naturnähe

Ziel von Waldgärten ist es, ein möglichst naturnahes System zu bilden. Damit sind sie dem Wirtschaftswald am nächsten, nutzen das naturräumliche Potenzial durch geschicktes Design

aber noch mehr aus. Ackerflächen sind das unnatürlichste Bewirtschaftungssystem unter den vieren und stehen damit in großem Kontrast zu Waldgärten.

Strukturvielfalt – Raumstruktur

Die Raumstruktur mit mehreren Schichten ist einem natürlichen Wald nachempfunden, auch hier maximieren Waldgärten das Potenzial durch eine deutlich komplexere Raumstruktur als der Wirtschaftswald.

Strukturvielfalt – Artenstruktur der Phytozönose

In seiner Artenstruktur ist der Wirtschaftswald dem Waldgarten am nächsten, allerdings übersteigt die Artenvielfalt der Waldgärten die aller anderen Bewirtschaftungsformen um ein Vielfaches. Besonders groß ist wieder der Kontrast zu Ackerflächen, insbesondere zu jenen, die mit synthetischen Herbiziden bearbeitet werden und wo infolgedessen nur eine Nutzpflanzenart wächst.

Strukturvielfalt – Altersstruktur der Baum- bzw. Kulturpflanzenschicht

Waldgärten vereinen die Altersstrukturen der anderen drei Bewirtschaftungsformen. Im Wirtschaftswald findet sich die ähnlichste Struktur mit verschiedenen alten Pflanzen in einem System. In Waldgärten wird die Altersstruktur durch die Abfolge der Pflanzung gezielt und systematisch geplant.

Bodenbearbeitung

Wie im Wirtschaftswald und auf Kurzumtriebsplantagen wird in Waldgärten keine, bzw. nur extensive Bodenbearbeitung betrieben. Wie bei einer Kurzumtriebsplantage wird die Fläche ggf. vor der Anlage des Systems als Vorbereitung intensiver bearbeitet.

Düngung

Wie im Wirtschaftswald und auf Kurzumtriebsplantagen werden in Waldgärten keine synthetischen Düngemittel eingesetzt. Organische Dünger sind am Anfang meist nötig, später ist ein stabiles Waldgartensystem im Idealfall nicht mehr auf äußere Inputs angewiesen.

Pestizideinsatz

In Waldgärten werden keine Pestizide eingesetzt. Hierin ähneln sie dem Wirtschaftswald und der Kurzumtriebsplantage und unterscheiden sich deutlich von Äckern, besonders

konventionell bewirtschafteten Flächen. Durch ihre Artenvielfalt und Raumstruktur sind Waldgärten darüber hinaus resilienter gegen Krankheiten und Schädlingsbefall.

Erosionsdisposition

Anders als auf Ackerflächen, ist der Boden in Waldgärten nach dem Vorbild eines natürlichen Waldes möglichst ganzjährig mit Pflanzen oder organischem Material als Mulch bedeckt und wird von verschiedenen Pflanzen unterschiedlich tief durchwurzelt. Diese Bedeckung und Durchwurzelung ist in Kurzumtriebsplantagen auch zu einem gewissen Maß gegeben. Zusätzlich wird in Waldgartensystemen ein höherer Humusgehalt für eine resilientere Bodenstruktur aufgebaut. So wird Erosion in Waldgärten durch die Merkmale eines Waldes gezielt verhindert.

Humusanreicherung

Eine zentrale Absicht eines Waldgartendesigns ist die Verbesserung der Bodenqualität, u.a. durch die Anreicherung von Humus. Angelehnt an die Merkmale eines Waldes wird der Boden geschützt und mit organischem Material angereichert. In Kurzumtriebsplantagen wird keine gezielte Humusanreicherung betrieben. Auf Ackerflächen, die jährlich kahl geerntet werden, kann sich kein höherer Humusgehalt entwickeln, er droht durch Erosion und intensive Bodenbearbeitung eher zu sinken.

Verhältnis von Zuwachs und Nutzung

Mehrjährige essbare/medizinische Pflanzen und Pflanzen, die nicht beerntet werden, produzieren im Jahr in Waldgärten mehr Biomasse als bei der Ernte entnommen wird. Auch im Wirtschaftswald übersteigt der Zuwachs die Nutzung, auf Kurzumtriebsplantagen ebenfalls, da die Stämme und das Wurzelwerk erhalten bleiben und die Bäume wieder ausschlagen können. Auf Ackerflächen dagegen, wird das, was gewachsen ist, jährlich nahezu vollständig abgeerntet.

Tabelle 2: Ähnlichkeit und Vereinbarkeit der Charakteristiken von Wirtschaftswald, Kurzumtriebsplantage und Acker im Vergleich zu Waldgärten und (Un-)Vorteilhaftigkeit der jeweiligen Merkmale für ein gesundes Agroökosystem

Kriterium/Indikator		Wirtschaftswald	Kurzumtriebsplantage (Energieholzanbau)	Acker mit einjährigen Nahrungs-, Futter-, Energiepflanzen	Waldgärten mit ein- und mehrjährigen essbaren Pflanzen
Naturnähe		++	--	---	+++ Maximale Ausnutzung naturräumlicher Potenziale
Strukturvielfalt	Raumstruktur	++	o	-	+++
	Artenstruktur der Phytozönose	+	-	--	+++
	Altersstruktur d. Baum- bzw. Kultur- pflanzenschicht	+	o	o	++
Bodenbearbeitung		++ Keine/extensiv	++ Vor Anlage	-	++
Düngung		++ Keine	++	-	+++
Pestizideinsatz		++ Keiner	+ Vor Anlage	--	+++
Erosionsdeposition		++ Keine/gering	+ gering	--	++
Humusanreicherung		++ Hoch	- gering	-- Keine	++ Hoch
Verhältnis von Zuwachs und Nutzung		++ Zuwachs > Nutzung	+ Stämme schlagen wieder aus	-	++

5.1 Zusammenfassung

Tabelle 3: Auswertung Tabelle 2

Kriterium/Indikator	Wirtschaftswald	Kurzumtriebsplantage (Energieholzanbau)	Acker mit einjährigen Nahrungs-, Futter-, Energiepflanzen	Waldgärten mit ein- und mehrjährigen essbaren Pflanzen	
Anzahl	+	18	7	/	25
	o	/	2	1	/
	-	/	4	15	/

Insgesamt sind Waldgärten den Charakteristiken des Wirtschaftswaldes in allen Kategorien am nächsten. Die Ökosystemfunktionen eines nachhaltig bewirtschafteten Waldes, z.B. intakte Stoffkreisläufe, sind außerdem sehr vorteilhaft für ein gesundes Agroökosystem. Die Charakteristiken der Kurzumtriebsplantage ähneln denen der Waldgärten in den Kategorien Bodenbearbeitung, Düngung, Pestizideinsatz, Erosionsdeposition und Verhältnis von Zuwachs und Nutzung und sind in diesen Kategorien auch vorteilhaft für ein gesundes Agroökosystem.

Das Bewirtschaftungssystem Acker und Waldgärten sind sich in allen Kategorien unähnlich und teils unvereinbar in ihren Charakteristiken, v.a. in den Kategorien Naturnähe, intensive Bodenbearbeitung, Einsatz synthetischer Pestizide, Erosionsdeposition und Humusanreicherung. Viele Charakteristiken eines Ackers sind außerdem von Nachteil für ein gesundes Agroökosystem, da zwar Nahrungsmittel wachsen, das System allerdings sehr wenige Ökosystemfunktionen bietet.

6 Fazit und Ausblick (*Fieke*)

Waldgärten sind keine neue Erfindung der Permakulturbewegung, sondern die älteste landwirtschaftliche Bewirtschaftungsform überhaupt. Eine Jahrtausende alte und bis heute weiterentwickelte Praxis zum Aufbau resilienter Systeme zur Nahrungsmittelproduktion durch die Erhaltung, Förderung und gezielte Nutzung von Ökosystemfunktionen.

Seit über 30.000 Jahren werden baumbasierte Systeme von Menschen genutzt, die wandelbare Struktur und Zusammensetzung von Waldgärten stärkte die Fähigkeit indigener Gemeinschaften, auf Umweltveränderung eingehen zu können. Viel Flexibilität und Diversität wurde durch die Industrialisierung der Landwirtschaft mit dem Einsatz von Maschinen, steigenden Flächengrößen und der Verwendung von synthetischen Dünge- und Pflanzenschutzmitteln eingeübt.

Die Ergänzung der von Schmidt und Gerold erstellten Tabelle der Charakteristiken der Bewirtschaftungsformen Wirtschaftswald, Kurzumtriebsplantage und Acker in acht Kategorien um die Bewirtschaftungsform Waldgarten ergab mehrere Erkenntnisse zur Beantwortung der anfangs formulierten Hypothese. Wie aus Tabelle drei als Zusammenfassung von Tabelle zwei hervorgeht, sind Waldgärten der Bewirtschaftungsform Wirtschaftswald am nächsten. Äcker und Waldgärten dagegen sind sehr unähnlich, da ein Waldgartensystem in seinem Aufbau und seiner Wirkung als Ökosystem einen großen Kontrast zu Äckern mit einjährigen Kulturpflanzen darstellt. Insgesamt sehen wir die Hypothese durch den Vergleich der vier Bewirtschaftungsformen bestätigt. Waldgärten sind eine Synthese aus nachhaltig bewirtschaftetem Wirtschaftswald, Kurzumtriebsplantage und Acker in der Hinsicht, dass sie in vielen Merkmalen einem Waldökosystem nachempfunden sind, Energieholz geerntet werden kann wie von einer Kurzumtriebsplantage und essbare, sowie anderweitig nutzbare Pflanzen angebaut werden wie auf einem Acker. Ein Waldgartensystem vereint die Funktionen aller drei Bewirtschaftungsformen auf für ein gesundes Agroökosystem vorteilhafte Weise und gleicht dabei v.a. die Nachteile von Äckern für das Zusammenspiel von Nahrungsproduktion und Ökosystemfunktionen aus.

Heute stehen die Landwirtschaft und das Ernährungssystem insgesamt global vor drei zentralen Herausforderungen: Die Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung sichern und gleichzeitig Landwirt*innen ermöglichen ein Einkommen zu erwirtschaften und natürliche Ressourcen wie Land, Wasser und Biodiversität schützen. Hierzu kommen weitere Stressfaktoren wie der Klimawandel, z.B. durch häufiger auftretende Dürren und Extremwetterereignisse und Landnutzungskonflikte zwischen wachsenden urbanen Räumen, der Landwirtschaft und dem Naturschutz (Brooks, Deconinck und Giner, 2019; Whitmore, 2015). Die größten Herausforderungen im Ernährungssystemen sind Mangelernährung und Übergewicht (World Health Organization, 2013).

Wissen um die lange Geschichte und hohe Resilienz von Waldgärten ist wichtig, um ihre mögliche Relevanz für die heutigen Herausforderungen der globalen Landwirtschaft und Ernährung einzuschätzen. Waldgärten als alternative Formen der Landbewirtschaftung können ein Teil der Lösung sein, da sie sowohl ein breites Spektrum an Nahrungsmitteln für eine vielfältigere Ernährung produzieren als auch ein gesundes Ökosystem als Lebensraum bieten.

Allerdings ist nicht aller Anbau landwirtschaftlicher Nutzpflanzen in Waldgartensystemen möglich. Viele Kulturpflanzen wie z.B. Getreide brauchen viel Sonnenlicht. Waldgärten sind nicht die alleinige Lösung, doch viele ähnliche positive Auswirkungen für ein gesundes Agroökosystem lassen sich auch durch andere, an den Bedarf angepasste Agroforstelemente wie

etwa Baumreihen auf Ackerflächen erreichen. Zukünftige wissenschaftliche Forschung könnte sich z.B. mit dem effizienten Management größerer Waldgarten- oder Agroforstsysteme und erreichbaren Erträgen befassen, um die Relevanz von Agroforstsystemen für Landwirtschaft und Ernährung zu vergrößern.

7. Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Seminararbeit selbständig verfasst habe, dass ich sie zuvor an keiner anderen Hochschule und in keinem anderen Studiengang als Prüfungsleistung eingereicht habe und dass ich keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen oder aus anderweitigen fremden Äußerungen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht

Fika Grunwaldt

Lüneburg, 02.09.2022

M. S. N.

Lüneburg, den 05.09.2022

7 Reference list

Albrecht, S. and Wiek, A. (2021) 'Food forests: Their services and sustainability', *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 10(3), pp. 1–15. doi: 10.5304/jafscd.2021.103.014

Armstrong, C.G. *et al.* (2021) 'Historical Indigenous Land-Use Explains Plant Functional Trait Diversity', *Ecology and Society*, 26(2), pp. 1–9. doi: 10.5751/es-12322-260206

Baldenhofer, K. (2021) *Schneitelwirtschaft*, 25 September. Available at: <https://www.agrarraum.info/lexikon-s.html#schneitelwirtschaft> (Accessed: 2 July 2022).

Barde, M. and Hochmann, L. (2019) *Streuobstwirtschaft: Aufbruch zu einem neuen sozialökologischen Unternehmertum*. München: oekom.

Barrios, E. *et al.* (2020) 'The 10 Elements of Agroecology: enabling transitions towards sustainable agriculture and food systems through visual narratives', *Ecosystems and People*, 16(1), pp. 230–247. doi: 10.1080/26395916.2020.1808705

Bemmann, A. (ed.) (2010) *AGROWOOD: Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven*. Berlin: Weißensee-Verl. (Ökologie).

Brooks, J., Deconinck, K. and Giner, C. (2019) *Three key challenges facing agriculture and how to start solving them*. Available at: <https://www.oecd.org/agriculture/key-challenges-agriculture-how-solve>.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (2022) *Potentielle Erosionsgefährdung durch Wasser*. Available at: https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Ressourcenbewertung/Bodenerosion/Wasser/Karte_Erosionsgefahr_node.html.

Cieremans, M. (2020) *Factsheet Voedselbossen: Voor provincie, gemeente en waterschap*. Available at: <https://greendealvoedselbossen.nl/factsheet-voedselbossen/> (Accessed: 17 August 2022).

Coan, K. (2021) *Indigenous forest gardens remain productive and diverse for over a century: Gardens persist for 150 years after those who planted them were removed*. Available at: <https://arstechnica.com/science/2021/05/indigenous-forest-gardens-remain-productive-and-diverse-for-over-a-century/> (Accessed: 2 June 2022).

Crawford, M. (2010) *Creating a forest garden: Working with nature to grow edible crops*. Cambridge, England: Green Books. Available at: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=5285793>.

- Diepenbrock, W., Ellmer, F. and Léon, J. (2016) *Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung*. 4th edn. (utb-studi-e-book, 2629). Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer. Available at: <https://elibrary.utb.de/doi/book/10.36198/9783838546070>.
- Döring, T. (2018) 'Bodenbearbeitung', in Wachendorf, M., Buerkert, A. and Graß, R. (eds.) *Ökologische Landwirtschaft*. (utb-studi-e-book, 4863). Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, pp. 68–87.
- Duden (no date) *Acker*. Available at: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Acker> (Accessed: 5 July 2022).
- Fachagentur für nachwachsende rohstoffe (2022) *Agroforst: Praxisversuche auf 100 Hektar*, 4 May. Available at: <https://news.fnr.de/fnr-pressemitteilung/agroforst-praxisversuche-auf-100-hektar> (Accessed: 4 May 2022).
- Ford, A. (2016) *The Maya forest garden: Eight millennia of sustainable Cultivation of the Tropical Woodlands*. (New frontiers in historical ecology, Volume 6). London: Routledge. Available at: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781315417929>.
- Ford, A. and Nigh, R. (2009) 'Origins of the Maya Forest Garden: Maya Resource Management', *Journal of Ethnobiology*, 29(2), pp. 213–236. doi: 10.2993/0278-0771-29.2.213
- Hart, R.A.D.J. (1994) *Die Wald-Gärtnerei: [Selbstversorgung durch Permakultur]*. Steyerberg: PiKS-Verl.
- Hathaway, M.D. (2016) 'Agroecology and permaculture: addressing key ecological problems by rethinking and redesigning agricultural systems', *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 6(2), pp. 239–250. doi: 10.1007/s13412-015-0254-8
- Herrmann, A. (2022) *Organische Düngemittel: zählt nur der Nährstoffgehalt?* Available at: <https://llh.hessen.de/pflanze/boden-und-duengung/wirtschaftsduenger/organische-duengemittel-zaehlt-nur-der-naehrstoffgehalt/>.
- Joffre, R. *et al.* (1988) 'The dehesa: an agrosilvopastoral system of the Mediterranean region with special reference to the Sierra Morena area of Spain', *Agroforestry Systems*, 6(1-3), pp. 71–96. doi: 10.1007/BF02344747
- Magdoff, F. and van Es, H. (2021) *Building soils for better crops: Ecological management for healthy soils*. (Handbook series, bk. 10). College Park: Sustainable Agriculture Research & Education.
- Nair, P. (1993) *An Introduction to Agroforestry*. Dordrecht: Springer Netherlands.

Nytofte, J.L.S. and Henriksen, C.B. (2019) 'Sustainable food production in a temperate climate – a case study analysis of the nutritional yield in a peri-urban food forest', *Urban Forestry & Urban Greening*, 45, p. 126326. doi: 10.1016/j.ufug.2019.04.009

Parrotta, J.A. *et al.* (2015) 'The Historical, Environmental and Socio-economic Context of Forests and Tree-based Systems for Food Security and Nutrition', in Vira, B., Wildburger, C. and Mansourian, S. (eds.) *Forests and Food: Addressing Hunger and Nutrition Across Sustainable Landscapes*: Open Book Publishers, pp. 73–136.

Paschall, M. (2021) *The Lost Forest Gardens of Europe*. Available at: <https://www.shelterwoodforest-farm.com/blog/the-lost-forest-gardens-of-europe#People-of-the-Hazel> (Accessed: 2 June 2022).

Pathak, S. (2019) 'Biomimicry (Innovation Inspired by Nature)', *International Journal of New Technology and Research*, 5(6) (6pp). doi: 10.31871/IJNTR.5.6.17

Schmidt, P. and Gerold, D. (2010) 'Nachhaltig bewirtschaftete Wälder versus Kurzumtriebsplantagen versus Agroforstsysteme', in Bemmann, A. (ed.) *AGROWOOD: Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven*. (Ökologie). Berlin: Weißensee-Verl., pp. 208–216.

Schulz, B., Becker, B. and Götsch, E. (1994) 'Indigenous knowledge in a 'modern' sustainable agroforestry system - a case study from eastern Brazil', *Agroforestry Systems* (25), pp. 59–69.

Shepard, M. (2013) *Restoration agriculture: Real-world permaculture for farmers*. Austin, Texas: ACRES U.S.A.

Spektrum Akademischer Verlag (1999) 'Mikroklima'. *Lexikon der Biologie*.

Spektrum Akademischer Verlag (1999) *Wirtschaftswald*, 4 September. Available at: <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/wirtschaftswald/70894> (Accessed: 3 July 2022).

Umweltbundesamt (2018) *Fakten zur Nitratbelastung in Grund- und Trinkwasser*. Available at: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/fakten-zur-nitratbelastung-in-grund-trinkwasser>.

Umweltbundesamt (2022a) *Humusstatus der Böden*. Available at: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/boden/humusstatus-der-boeden#humusfunktionen-und-gehalte-von-boden>.

Umweltbundesamt (2022b) *Erosion – jede Krume zählt*, 5 July. Available at: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/bodenbelastungen/erosion-jede-krume-zaehlt#undefined> (Accessed: 5 July 2022).

Umweltbundesamt (2022c) *Düngemittel*, 13 August. Available at: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/duengemittel#dungemittel-was-ist-das> (Accessed: 13 August 2022).

Wallace, E.J. (2021) *The Moroccan Food Forest That Inspired an Agricultural Revolution*. Available at: <https://www.atlasobscura.com/articles/what-is-permaculture-food-forests> (Accessed: 2 June 2022).

Wezel, A. et al. (2014) 'Agroecological practices for sustainable agriculture. A review', *Agronomy for Sustainable Development*, 34(1), pp. 1–20. doi: 10.1007/s13593-013-0180-7

Whitmore, G. (2015) *Global challenges facing the agriculture sector*. Available at: <https://www.open-accessgovernment.org/global-challenges-facing-agriculture-sector/13064>.

Wilpert, K. von and Schäffer, J. (2006) 'Ecological effects of soil compaction and initial recovery dynamics: a preliminary study', *European Journal of Forest Research*, 125(2), pp. 129–138.

doi: 10.1007/s10342-005-0108-0

World Health Organization (2013) *Essential Nutrition Actions: Improving Maternal, Newborn, Infant and Young Child Health and Nutrition*. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK258740/>.

Zellweger, F. et al. (2020) 'Forest microclimate dynamics drive plant responses to warming', *Science (New York, N.Y.)*, 368(6492), pp. 772–775. doi: 10.1126/science.aba6880

8 Anhang

1: Verwendung von grauer Literatur

Graue Literatur werde durch folgenden Merkmalen definiert (Gibb und Phillips, 1979):

- keine Veröffentlichung über den Verlagsbuchhandel
- das Material ist häufig so geartet, dass die Leserschaft zwangsläufig begrenzt, ist
- wenige Exemplare
- begrenzte Verteilung
- bei Erarbeitung des Dokuments ist u.U. von vornherein keine Veröffentlichung vorgesehen

Der Begriff „graue Literatur" sei dem Begriff „nichtherkömmliche Literatur" in etwa gleichzusetzen. Das wesentliche Merkmal dieser Art von Literatur bestehe darin, dass sie nur schwer zugänglich seien.

Heutzutage ist diese Barriere der schweren Zugänglichkeit durch das Internet geringer geworden. Trotzdem sind Druckschriften, die nicht in einem Verlag erschienen und nicht im Buchhandel erhältlich sind,

sondern von Autoren oder Herausgebern selbst publiziert und vertrieben werden als graue Literatur zu kennzeichnen.

Grundsätzlich spricht nichts dagegen graue Literatur in Hausarbeiten zu nutzen, solange diese einer Quellenkritik bzw. einer Quelleninterpretation unterlag. Das Ziel dieser ist die Zuverlässigkeit und Aussagekraft der Quellen zu überprüfen.

Da Waldgärten als landwirtschaftliches System noch nicht stark wissenschaftlich untersucht wurden gibt es bisher wenig wissenschaftliche Forschung und Literatur zu diesem Thema. Das sieht man zum Beispiel daran, dass vom Agroforestry Research Trust im nächsten Jahr zum erst zweiten internationalen Waldgarten Symposium eingeladen wird. Insbesondere die Definition von Waldgärten musste somit auf grauer Literatur basieren. Generell wurde zwar versucht in der Hausarbeit graue Literatur so wenig wie möglich zu nutzen, jedoch konnte nicht vollständig auf sie verzichtet werden. Aufgrund des zeitlichen Rahmens und der Längenvorgabe konnte keine ausführliche Quellenkritik durchgeführt werden. Stattdessen wurde jeweils eine kurze Beschreibung der Autorin oder des Autors der Quelle eingefügt, um die Zuverlässigkeit und Aussagekraft der Quelle darzustellen.