

Universität Kassel  
Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften  
Studiengang Ökologische Landwirtschaft

## **Bachelorarbeit**

zum Thema

# Waldgärten als nachhaltige Landnutzungsform mit Fokus auf Wassereffizienz am Beispiel des Projektes „Wald&Wiese“

1. Prüfer: Franziska Wolpert  
Fachgebiet Sozial-ökologische Interaktionen in  
Agrarsystemen

2. Prüfer: Dr. Rüdiger Graß  
Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende  
Rohstoffe

vorgelegt von

Aleksandra Chwolka  
(geb. den 07.01.1990, Siemianowice, PL)  
Matrikelnummer: 33361606

Witzenhausen, 17. April 2020

I Abbildungs- und Tabellenverzeichnis .....	i
Inhaltsverzeichnis	
1 Einleitung .....	1
2 Stand des Wissens.....	2
2.1 Klimaprognosen .....	2
2.2 Waldgärten in der gemäßigten Klimazone .....	4
2.1.1 Struktur von Waldgärten .....	5
3 Wassereffizienz in Waldgärten.....	7
3.1 Pflanzenauswahl.....	9
3.1.1 Standortangepasstheit .....	9
3.1.2 Mehrjährige Kulturen und deren Wurzeln .....	10
3.1.3 Mischkultur.....	14
3.1.4 Mulchlieferanten (Totmulch/Auflagemulch).....	15
3.1.5 Bodendecker (Lebendmulch) .....	15
3.1.6 Multifunktionalität am Beispiel von Beinwell ( <i>Symphytum officinale</i> ) .....	16
3.2 Bodenverhältnisse und Bewirtschaftungsmethoden.....	16
3.2.1 Stabiles Bodengefüge .....	17
3.2.2 Humusaufbau .....	19
3.2.3 Wasserretentionsflächen.....	20
3.2.4 Hügelbeete .....	21
3.2.5 Bodenbedeckung .....	21
3.2.6 Bodenwasserschutz .....	21
4 Praxisbeispiel „Wald&Wiese“ .....	22
4.1 Standortbedingungen .....	22
4.1.1 Klimatische Standortbedingungen.....	22
4.1.2 Soziographische und infrastrukturelle Standortbedingungen.....	24
4.1.3 Edaphische Standortbedingungen .....	25
4.2 Bisherige Planung und Bepflanzung .....	30
4.2.1 Waldlandwirtschaftlicher Bereich .....	31

4.2.2 Waldgarten .....	33
4.2.3 Magerwiese .....	35
4.3 Bewirtschaftungsmethoden auf „Wald&Wiese“ .....	36
4.4 Hintergründe, Visionen und Einschätzung zur Wassereffizienz durch den Waldgartengestalter Thomas Kunzelmann .....	37
5 Beurteilung von „Wald&Wiese“ hinsichtlich der Wassereffizienz .....	38
6 Diskussion.....	40
7 Möglichkeiten und Potentiale des Projektes .....	42
8 Zusammenfassung.....	43
Literaturverzeichnis .....	45
Anhang.....	48

## I Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung der klimatischen Wasserbilanz in Sachsen in den Projektionszeiträumen 2036-2065 und 2071-2100 .....	4
Abbildung 2: Wurzeltypen.....	11
Abbildung 3: Monatliche Mitteltemperatur der letzten 30 Jahre in Leipzig.....	23
Abbildung 4: Monatliche Temperaturwerte 2009-2020 .....	23
Abbildung 5: Monatlicher Mittlerer Niederschlag der letzten 30 Jahre in Leipzig.....	23
Abbildung 6: Niederschlagsmengen in Leipzig 2009 - 2020 .....	24
Abbildung 7: Bodenprofil 1m „WaldWiese“/Magerwiese .....	27
Abbildung 8: Fingerprobe .....	28
Abbildung 9: Schlammproben Waldlandwirtschaft, Waldgarten und Magerwiese .....	29
Abbildung 10: „Wald&Wiese“ aus der Vogelperspektive .....	30
Tabelle 1: Beurteilung der Wassereffizienz auf „Wald&Wiese.....	38

*Ich möchte mich an dieser Stelle herzlich bedanken*

*bei Thomas Kunzelmann dafür, dass er mir die Möglichkeit gegeben hat an  
„Wald&Wiese“ teilzuhaben und für seine zahlreichen Informationen und Erklärungen,*

*bei Lars Doer dafür, dass er mir den Rücken freigehalten und mir einen ruhigen  
Raum zum Schreiben geschaffen hat,*

*bei Louise Gilbert für das Korrekturlesen und*

*bei Franziska Wolpert und Rüdiger Graß für die gute Betreuung.*

# 1 Einleitung

Wir stehen heute vor vielen Herausforderungen bezüglich des Wasserverbrauchs in der Landnutzung. Intensivierung der Landwirtschaft und Klimawandel führen auch in Deutschland zu vermehrter Bewässerung, einem größeren Wasserfußabdruck<sup>1</sup> landwirtschaftlicher Erzeugnisse und somit insgesamt zu einem erhöhten Wasserbedarf der Landwirtschaft. Hinzu kommt Grundwasserverunreinigung durch Nitrat, Pestizide, Schwermetalle und Arzneimittelrückstände, sodass Grundwasser in manchen Regionen nicht mehr als Trinkwasser verwendet werden kann (Staak 2018).

Gleichzeitig sinkt durch zunehmende Bodenversiegelung besonders in Ballungsgebieten die Grundwasserneubildungsrate während Überschwemmungen sich häufen (Umweltbundesamt 2018a).

Um Alternativen und Lösungen zu finden, ist ein Blick auf die (potenzielle) natürliche Vegetation lohnend. Was würde passieren, wenn man jetzt aufhört, den Boden zu bearbeiten?

Auf den meisten landwirtschaftlichen Standorten Deutschlands würden zuerst ein- und mehrjährige Kräuter den Boden besiedeln, dann würden nach und nach Sträucher und Bäume wachsen, welche durch die zunehmende Schattenbildung die Krautschicht ausdünnen. In der mittleren Sukzessionsstufe wären Pionierbäume dann schon so groß, dass diese wiederum die Strauch- und Krautschicht weiter auslichten. Über die nächsten Jahrzehnte hinweg würden sich in den unteren Schichten schattenverträgliche Arten durchsetzen und zusammen mit der oberen Baumschicht ein stabiles Waldökosystem bilden (Hampicke et al. 2018).

Von der Idee fasziniert, das Experiment anzugehen, die natürliche Sukzession zuzulassen bzw. sie nachzuahmen, anstatt gegen sie anzukämpfen und nur minimal lenkend einzugreifen und damit gleichzeitig eine städtische Freifläche zu sichern, entstand diese Bachelorarbeit. Auf dem annähernd 1 ha großen Grundstück in Leipzig/Paunsdorf entsteht seit 3 Jahren das Projekt „Wald&Wiese“ und bietet die Möglichkeit, seine Potenziale als zukunftssträchtige Landnutzungsart zu erforschen. Auf der Fläche gibt es momentan keine Grundwasserquelle, wodurch sich Bewässerung mühsam gestaltet. Anstatt einen Brunnen bohren zu lassen, welcher Bau- und Instandhaltungskosten verursachen würde, wurde zunächst der Weg gewählt, die Fläche möglichst so zu gestalten, dass sie wenig zusätzliche Bewässerung benötigt.

Denn ein wichtiges Kriterium nachhaltiger Landnutzung ist die Ressourceneffizienz, vielleicht sogar allen voran die Wassereffizienz, da Wasser zukünftig auch in Deutschland ein knappes Gut werden könnte (Umweltbundesamt 2020).

---

<sup>1</sup> „Wassermenge, die für die Produktion eingesetzt, verdunstet und/oder verschmutzt wird“ (Umweltbundesamt 2018b); auch virtuelles Wasser genannt

Die Fragestellung dieser Arbeit ist, ob das Projekt „Wald&Wiese“ so wie es gestaltet und bewirtschaftet wird, wassereffizient ist. Ziel ist es hierbei, Kriterien für ein wassereffizientes Landnutzungssystem auf verschiedenen Ebenen (Ökosystem, Pflanzenauswahl, Bodenverhältnisse und Bewirtschaftungsweise) herauszuarbeiten und die Projektfläche „Wald&Wiese“ auf diese Kriterien hin zu untersuchen.

Hierfür werden im ersten Schritt die Begriffe Wassereffizienz und Waldgarten anhand einer Literaturrecherche definiert und es wird erörtert, wie das Ökosystem Waldgarten, die Pflanzenauswahl, die Bodenverhältnisse und Bewirtschaftungsmethoden, Wassereffizienz beeinflussen. Hieraus werden Kriterien für Wassereffizienz in Waldgartensystemen abgeleitet. Im zweiten Schritt wird das Beispielprojekt „Wald&Wiese“ vorgestellt und dann im Ergebnisteil anhand der erarbeiteten Kriterien bezüglich seiner Wassereffizienz eingeschätzt. Dies geschieht mittels eigener Beobachtungen, Aufzeichnungen und Untersuchungen, wie der Kartierung des Grundstücks mitsamt der vorhandenen Vegetation, Erstellung und Beurteilung eines Bodenprofils, Finger- und Schlämmprobe zur Bestimmung der Oberbodenart, pH-Wert-Bestimmung des Oberbodens und mithilfe eines Interviews mit dem Waldgartengestalter Thomas Kunzelmann.

## 2 Stand des Wissens

Bei dem Vorhaben, einen Waldgarten mit mehrjährigen Kulturen anzulegen, wie z.B. Bäumen, die eine durchschnittliche Lebenserwartung von 50 Jahren (Apfelbaum) und noch viel mehr (Stieleiche: 500-800Jahre; Jost Benning 2020) haben, liegt es nahe, sich zunächst mit Klimaprognosen zu beschäftigen.

### 2.1 Klimaprognosen

Forscher gehen davon aus, dass sich die Klimasituation in Deutschland verschärfen könnte, da das Klima in Zukunft schnelleren Wechseln unterliegen wird und Wetterextreme zunehmen werden. Im Sommer wird es demnach mehr Hitzewellen, im Frühling und Herbst höhere Niederschläge und Windgeschwindigkeiten, verglichen mit den anderen Jahreszeiten, geben. Prognosen bezüglich Niederschlagsmenge und klimatischer Wasserbilanz<sup>2</sup> können auf deutschlandweiter Ebene zwar kaum gemacht werden, schon eher gelingt dies jedoch auf kleinräumigerer, regionaler Ebene. Auch die Prognose für mittlere Temperaturveränderungen kann hier präziser eingeschätzt werden (Kirady et al. 2019).

Der Regionale Planungsverband Leipzig-West Sachsen hat eine Klimaanalyse für eben dieses Gebiet, in dem auch das Praxisbeispiel dieser Arbeit liegt, in Auftrag gegeben. Die Prognosen arbeiten mit Vergleichswerten zu den Mittelwerten der Jahre 1961-1990. So liegt die Prognose

---

<sup>2</sup> Differenz aus Niederschlagssumme und Summe der potentiellen Verdunstung (Seidel 2012, S. 7).

für den mittleren Temperaturanstieg im Raum Westsachsen bis zum Jahr 2100 bei 2°C (Seidel 2012, S. 9).

Besonders im Frühling und Herbst wird „ein heftiges Erwärmungssignal für den Leipziger Raum modelliert“ (Seidel 2012, S. 12).

Die Erwärmung wird im urbanen Raum durch die dichtere Bebauung noch stärker sein als in weniger stark besiedelten Gebieten. Ein Lichtblick: Wasserflächen und Vegetation könnten diesen Effekt teilweise ausgleichen (Seidel 2012, S. 12).

Der Niederschlag in der Region wird mit einer bis zum Prognosezeitraum 2091-2100 kontinuierlich sinkenden Menge für Frühjahr und insbesondere Sommer vorhergesagt (Seidel 2012, S. 13).

Die winterlichen Niederschläge sind langfristig schwieriger zu prognostizieren als die sommerlichen, da die Winter im europäischen Raum von einem Phänomen, der nordatlantischen Oszillation (NAO)<sup>3</sup>, beeinflusst werden, welches unperiodisch wechselt und sich in den nächsten Jahrzehnten fortsetzen könnte.

Für die gesamte Region sagt die Prognose eine „angespannte klimatische Wasserbilanz“ mit Aussichten auf Verschiebung zur negativen Wasserbilanz gegen Ende des 21. Jahrhunderts vorher (vgl. Abb.1; Seidel 2012, S. 18).

---

<sup>3</sup> Die NAO beruht darauf, dass der Luftdruckunterschied zwischen dem Azorenhoch und dem Islandtief durch Westwind ausgeglichen wird. Bei positiver NAO ist der Druckunterschied hoch, es herrschen Westwinde vor und der Winter in Deutschland ist eher mild und feucht. Bei negativer NAO ist der Druckunterschied geringer, Westwinde sind abgeschwächt und es können sich andere Wetterlagen, wie z.B. ein Wetterhoch aus Osteuropa mit kalter trockener Luft durchsetzen. (Seidel 2012, S. 14; Krampitz)



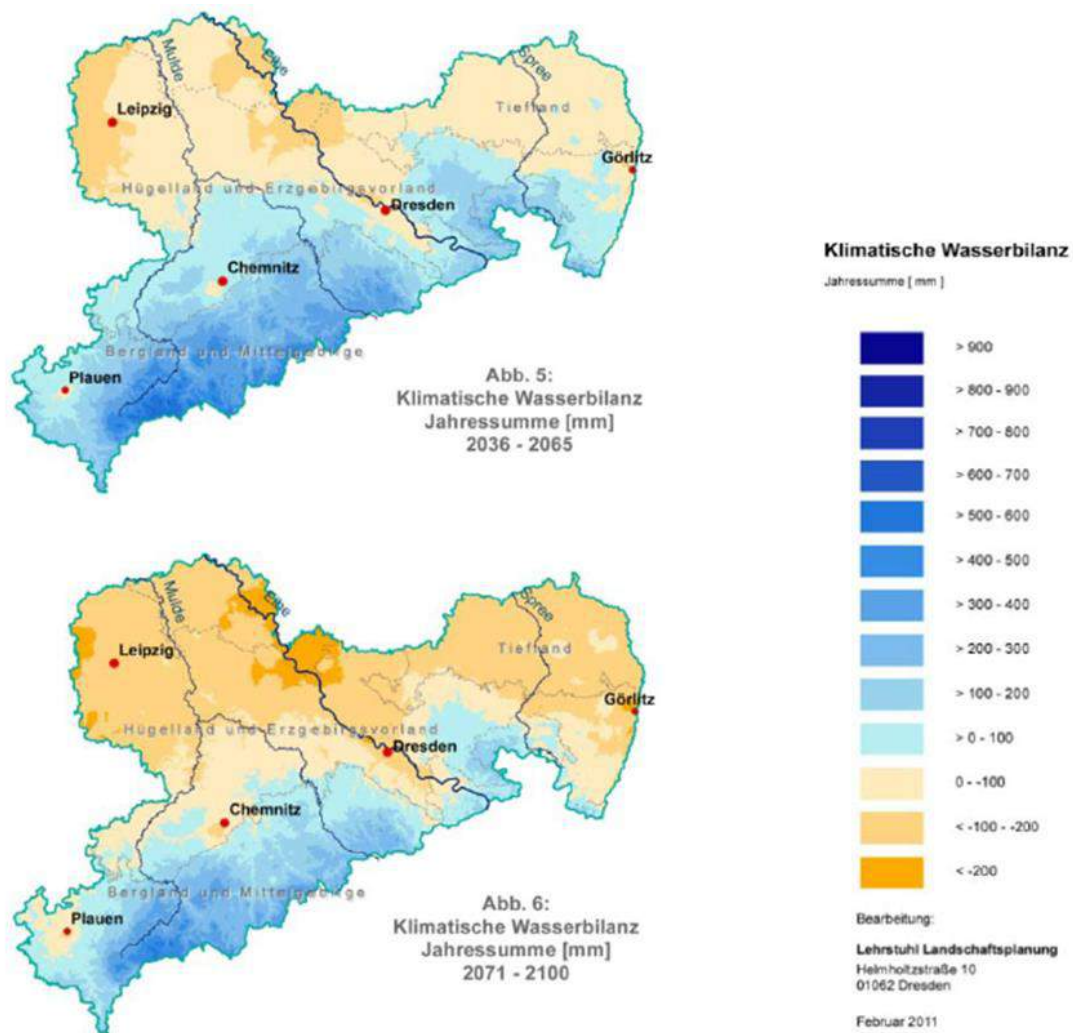


Abbildung 1: Entwicklung der klimatischen Wasserbilanz in Sachsen in den Projektionszeiträumen 2036-2065 und 2071-2100 (Seidel 2012, S. 19)

Der Bodentyp, die Vegetationsbedeckung und Landnutzung sind nicht in die in Abb.1 dargestellte klimatische Wasserbilanz eingerechnet. Diese haben jedoch großen Einfluss auf die reale Wasserverfügbarkeit (Seidel 2012, S. 9).

Da es wahrscheinlich ist, dass in Deutschland Niederschlag zukünftig - besonders in der Hauptvegetationszeit Frühling und Sommer – zeitlich unregelmäßiger verteilt sein wird, könnte ein Waldgarten mit mehrjährige Kulturen in verschiedenen Punkten Vorteile gegenüber Landnutzungsformen mit annuellen Pflanzen bieten.

## 2.2 Waldgärten in der gemäßigten Klimazone

Ein (essbarer) Waldgarten ist nach Jacke und Toensmeier (2005, S.1) „eine Mischkultur aus

mehnjährigen, multifunktionellen Pflanzen, ein „essbares Ökosystem“; eine bewusst entworfene Gemeinschaft aus Pflanzen und Tieren, die sich gegenseitig fördern und für die menschliche Nahrungsproduktion beabsichtigt sind.“<sup>4</sup>

Jacke und Toensmeier haben sieben Nutzungsmöglichkeiten (auf Englisch die sieben „F“s) eines Waldgartens definiert: Nahrung (food), Brennstoff (fuel), Faser (fiber), Futter (fodder), Dünger (fertilizer), Medizin (farmaceuticals) und Spaß (fun). Dies wird an dieser Stelle vom Autor noch um die sogenannten Ökosystemdienstleistungen ergänzt. Dazu zählen z.B. Lebensraum und Nahrung für Wildtiere, aber auch z.B. bessere Wasser- und Luftqualität.

Der englische Waldgarten-Pionier Robert Hart (1994, S.78) beschreibt seinen Waldgarten folgendermaßen: „Bei der Anlage und der Unterhaltung meines eigenen kleinen Ökosystems versuche ich, die Gesetze des Waldes als Richtlinien zu betrachten. [...] Für mich lauten diese Gesetze: Vielfalt, andauernder Kreislauf und umfassendes Recycling, Ungestörtheit und ununterbrochene Bedeckung des Bodens, ganzheitliche Entwicklung, Kontrolle und Gleichgewicht, Attraktivität und Unterschlupfmöglichkeiten für Wildtiere.

#### 2.1.1 Struktur von Waldgärten

In Waldgärten wird versucht, Waldökosysteme nachzuahmen. In der gemäßigten Klimazone (40-60 Breitengrad) muss ein Waldgarten jedoch relativ offen bzw. licht sein, damit er produktiv sein kann, da die Sonneneinstrahlung hier (anders als in Breitengraden, die dem Äquator näher sind) der limitierende Faktor ist. Waldgärten in der gemäßigten Klimazone gleichen also meist eher einer mittleren Stufe der natürlichen Sukzession mit vielen Sträuchern und Stauden, als einem sich über viele Jahrzehnte entwickelten Wald. Doch auch diese Form ist möglich, denn der Begriff Waldgarten ist sehr breit gefasst. Strukturell sind Waldgärten als mehrschichtige Vegetationssysteme definiert. Manche Autoren wie z.B. Hart (1994) differenzieren in bis zu sieben Schichten. Zu Gunsten einer einfacheren Kategorisierung wurde für diese Arbeit die Einteilung in vier Schichten gewählt, wie sie auch durch Jacke und Toensmeier vorgenommen wird. Dazu gehören in der horizontalen Ebene die obere Baumschicht, die untere Baum- und Strauchschicht, die Krautschicht und in der vertikalen Ebene die Schicht der Kletterpflanzen (Jacke und Toensmeier 2005b, S. 71).

Pilze können zudem sowohl die Krautschicht als auch die vertikale Ebene besiedeln. Um trotz der vielen Schattenwerfer auch sonnenbedürftige Pflanzen wachsen zu lassen bzw. deren Potenzial besser auszunutzen, empfiehlt es sich, möglichst viele Randzonen zu schaffen. Mit einer idealerweise von Süd nach Nord ansteigenden Vegetationshöhe kann das einfallende Sonnenlicht optimal genutzt werden. Randzonen sind laut Whitefield (1999, S. 39) und Jacke und Toensmeier (2005b, S. 94) die vielfältigsten und produktivsten Zonen von Waldgärten.

---

<sup>4</sup> Aus dem Englischen übersetzt durch die Autorin

Auch kann man sich die Zeit, in der neu gepflanzte Bäume noch klein sind und wenig Schatten werfen, zunutze machen und dort sonnenliebende krautige Pflanzen oder Sträucher ansiedeln.

Je mehr Schichten ein Ökosystem hat, umso stabiler ist es und umso höher und stabiler ist der potenzielle Ertrag, da so das Maximum an Sonnenenergie und ökologischen Nischen genutzt wird (Jacke und Toensmeier 2005b, S. 75).

### **Obere Baumschicht**

Sie ist der größte „Bruttoverbraucher“ aller Schichten: Sie bekommt am meisten Sonnenlicht ab und nimmt die größte Menge an Nährstoffen und Wasser auf. Gleichzeitig liefert sie durch die hohe Photosyntheserate auch die meiste Biomasse und trägt so im Wesentlichen zur Bodenfruchtbarkeit bei. Die Baumkronen beeinflussen außerdem die Regenverteilung. Einerseits ist die Infiltration insbesondere unter einem Laubdach verringert, andererseits ergibt sich durch die geringere Wassersättigung eine höhere Wasserspeicherkapazität des Bodens. Bei Starkregenereignissen wird so der Oberflächenabfluss verringert und außerdem durch das „Abbremsen“ an der Baumkrone die z.T. zerstörerische Wirkung der aufprallenden Regentropfen abgemildert. Einen großen Einfluss hat die obere Baumschicht auf die darunter liegenden Vegetationsschichten durch Schattenwurf. Bei der Planung eines Waldgartens ist zu beachten, dass v.a. Obst- und Nussbäume lichtliebende und daher weniger schattentolerante Baumarten sind (Jacke und Toensmeier 2005b, S. 72).

### **Untere Baumschicht und Strauchschicht**

Einige der Baumarten aus der unteren Baumschicht sind kleinwüchsige Bäume, die in dieser Schicht bleiben, während andere mit der Zeit durch klimatische oder menschliche Einwirkung entstehende Lücken nutzen und zu Großbäumen aufwachsen können. Niedere Bäume und Sträucher stellen einen wichtigen Schutz und Nahrungsraum für flug- (und kletter-) unfähige Tiere dar (Jacke und Toensmeier 2005b, S. 72).

### **Krautschicht**

Hier ist die größte Biodiversität/m<sup>2</sup> zu finden. Durch den höheren CO<sub>2</sub>-Gehalt in Bodennähe ist diese Schicht sehr produktiv (Jacke und Toensmeier 2005b, S. 73).

Besonders wenn man möglichst viele essbare Pflanzen im Waldgarten haben möchte, wird man in der Gruppe der mehrjährigen krautigen Pflanzen die meisten finden (Jacke und Toensmeier 2005a, S.35).

Viele krautige Pflanzen, die für Waldgärten empfohlen werden, sind Schattenpflanzen, es gibt aber auch einige, die ihre Vegetationszeit auf die Zeiten verlagern, in denen die Laubbäume und -sträucher keine Blätter tragen. Bestes Beispiel hierfür sind alle Frühblüher.

### **Vertikale Schicht (Kletterpflanzen)**

Um zusätzlich vertikalen Raum zu erschließen, sind Kletterpflanzen eine gute Möglichkeit. Rankhilfen können je nach Klettertyp (Selbstklimmer bzw. Haftwurzelkletterer oder Gerüstkletterer) Gebäudewände, Zäune, Bäume oder eigens dafür gebaute Konstruktionen sein. Bei einigen Kletterpflanzen, wie z.B. dem Schlingknöterich (*Fallopia aubertii*), muss man allerdings aufpassen, dass sie nicht Überhand nehmen und andere Pflanzen verdrängen.

### **Pilze**

Pilze kommen meist auf natürliche Weise im Wald vor, da die meisten von ihnen schattige feuchte Standorte bevorzugen. Eine häufige Einkommensquelle von Waldlandwirtschaften (vgl. Kapitel 4.2.1) ist die Pilzzucht. Hervorragende Speisepilze, wie z.B. Shiitake können auf Baumstämme geimpft werden, aber auch eine Beimpfung des Bodens mit z.B. Pfifferlingen ist möglich. Somit kann man Pilze sowohl in die vertikale als auch horizontale Schicht einordnen.

## **3 Wassereffizienz in Waldgärten**

Ein zentrales Planungselement eines essbaren Waldgartens ist, neben der Gewinnung von Nahrung und anderen Produkten für den menschlichen Gebrauch, der Selbsterhalt des Ökosystems. Dieser beinhaltet die Nährstoff- (Selbstdüngung) und Wasserversorgung, die Selbsterneuerung und die Selbstregulation (Jacke und Toensmeier 2005b, S. 2).

Auf der selbsterhaltenden Wasserversorgung liegt der Fokus dieser Arbeit und wird daher im weiteren Teil ausführlich behandelt. Die Nährstoffversorgung soll durch natürliche Kreisläufe und tief wurzelnde Pflanzen garantiert werden. Die Selbsterneuerung erfolgt bei mehrjährigen Pflanzen über Ableger und Absenker, Stolonen, Knollen, Zwiebeln, Rhizomteilung und Selbstausaat (letztere ist auch die Vermehrungsstrategie der einjährigen Pflanzen). Mit Selbstregulation sind sowohl Krankheits- und Schädlingskontrolle als auch Beikrautregulation gemeint. Die Rolle des Gärtners sollte sich im Laufe der Zeit auf die des Beobachters, Designers, und „guider of change“ („Initiator und Begleiter von Veränderungen“) beschränken (Jacke und Toensmeier 2005b, S. 48).

Wassereffizienz kann sehr unterschiedlich definiert werden. Ein Ansatz ist der des nachhaltigen Wasserbedarfs. Dieser ist gegeben wenn der Wasserbedarf der Pflanzen mit dem vorhandenen Wasserangebot im Gleichgewicht ist (Jacke und Toensmeier 2005a, S. 21).

In Deutschland herrscht ein humides Klima vor, das heißt die jährliche Niederschlagsrate ist höher als die Verdunstungsrate. Die Vegetationshauptphasen mit dem höchsten Wasserbedarf sind hier Frühling und Sommer. Wie in Kapitel 2.1 beschrieben, nehmen die Frühlings- und Sommerniederschläge ab. In Kombination mit steigenden Temperaturen kommt es in diesen Jahreszeiten immer häufiger zu einer Wasserverknappung. Das Wasserangebot liegt dann

also temporär unter dem Wasserbedarf. Zusätzliche Bewässerung verschärft die Wasserverknappung (Bücker 2012, S. 93–94).

Darauf, wie der Wasserverbrauch dem Wasserangebot angepasst werden kann, wird in den Kapiteln 3.1.1 bis 3.1.3 näher eingegangen.

Der andere Ansatz ist über die Begriffe Effizienz und Nettoertrag definierbar. Effizienz bedeutet Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit (Duden | Effizienz | Rechtschreibung, Bedeutung, Definition, Herkunft). Der Nettoertrag (NE) ergibt sich aus Output (O) minus Input (I) (Jacke und Toensmeier 2005b, S. 30). Effizient wäre in dem Fall, wenn der Nettoertrag positiv ist, weil der Input kleiner ist als der Output.

$$NE=O-I \rightarrow NE \text{ positiv bei } I < O$$

Betrachtet man die Nettoenergieproduktion von landwirtschaftlich genutzten Flächen, würden die meisten von ihnen, aufgrund des hohen Energieinputs in Form von z.B. fossiler Energie, sogar einen negativen Wert erzielen. Wenn man die Biomasseproduktion insgesamt vergleicht (Output unabhängig vom Input), ist zwar die Biomasseproduktion von Einzelpflanzen auf landwirtschaftliche Fläche häufig höher als in einem Waldgarten, wenn man jedoch die Biomasseproduktion/m<sup>2</sup> betrachtet, ergibt sich durchschnittlich im Waldgarten durch die mehrschichtige Vegetation eine höhere Menge als auf Äckern oder in anderen einschichtigen Vegetationen (Jacke und Toensmeier 2005b, S. 31).

In einem Waldgarten steigt der Nettoertrag mit den Jahren. Bei der Neuanlage und in den ersten Jahren hat man einen – je nach Ausgangssituation nicht unrelevanten- Input in Form von Pflanz-, Much- und Düngematerial, menschlicher Energie- und Zeitaufwand sowie Bewässerung. Zeitgleich ist der Output eines neu angelegten Waldgartens sehr gering. Hat sich dann nach mehreren Jahren ein nahezu selbsterhaltendes Ökosystem etabliert, minimiert sich der Aufwand auf menschliche Energie als Input. Und selbst diese reduziert sich idealerweise. In des steigt der Ertrag mit den Jahren immer weiter, da Bäume und Sträucher nun Früchte tragen und andere mehrjährige und selbstaussamende Kulturen sich selbst vermehrt haben. Somit ergibt sich nach der Etablierungsphase ein positiver Nettoertrag, da dann der Output größer ist als der Input. Würde man eine detaillierte Input-Output-Bilanz machen, könnte man auf der Output-Seite außer den stofflichen Erträgen noch eine Vielzahl an Ökosystemdienstleistungen, wie z.B. Förderung des biologischen Gleichgewicht, CO<sub>2</sub>-Speicherung in Biomasse und Boden, Grundwasserschutz durch Bindung von Nähr- und Schadstoffen, als auch Erholungswert für den Menschen aufzählen. Zusätzlich ist die Ertragssicherheit ist in einem Waldgarten durch die Biodiversität höher als auf den meisten landwirtschaftlich genutzten Flächen (Jacke und Toensmeier 2005b, S. 31).

Bezieht man diese Betrachtungen allein auf Wasser als Input, könnte ein nicht bewässerter Waldgarten wassereffizienter als z.B. eine bewässerte Gemüseproduktionsfläche sein. Durch die Mehrschichtigkeit hat ein Waldgarten verglichen mit der einschichtigen Gemüseproduktionsfläche, einen höheren potenziellen Output in Form von Biomasse und gleichzeitig einen geringeren Input (wenig bis keine zusätzliche Bewässerung). Damit die Pflanzen im Waldgarten auch ohne zusätzliche Bewässerung auskommen und gut wachsen können, ohne den Boden auszutrocknen, sind einige Faktoren zu beachten. Diese werden in den folgenden Kapiteln erörtert.

### 3.1 Pflanzenauswahl

Die Vegetation im Waldgarten sollte möglichst so gewählt und gestaltet werden, dass sich das Ökosystem selbst erhalten kann. Optimalerweise sollten maximal Neupflanzungen angeeignet und später nicht mehr bewässert werden. Man kann dies als wassersparende Bewirtschaftungsweise bezeichnen. Damit das funktioniert, bedarf es allerdings Analysen der gegebenen Standortfaktoren (Klima, Boden, Licht- und Schattenverhältnisse, vorhandene Flora und Fauna (vgl. Kapitel 4.1), Kenntnisse zu verschiedenen Pflanzenarten und deren Wuchsform, Wurzeltyp, Wasser- und Nährstoffbedarf, bevorzugten Standortbedingungen, Allelopathien und Nutzungsmöglichkeiten, und Vorüberlegungen bzgl. bevorzugter Nutzungsarten und bzgl. Zeit- und Budgetplanung.

#### 3.1.1 Standortangepasstheit

Da Pflanzen sich im Gegensatz zu Tieren nicht fortbewegen können, haben sie sich im Laufe ihrer Evolution an verschiedene Standorte morphologisch und physiologisch angepasst. Für die Gestaltung eines möglichst selbsterhaltenden Ökosystems ist es entscheidend, aus dieser Vielfalt an Pflanzen diejenigen auszuwählen, die gut an die gegebenen Standortbedingungen angepasst sind. Diese Überlegungen sind umso wichtiger bei Pflanzen mit langer Lebensdauer wie Sträuchern und Bäumen. Hier macht es sogar Sinn, die Klimaprognosen mit in die Überlegungen einzubeziehen. Zukünftige Wälder sollten z.B. mehr trockenheitstolerante Bäume wie Winterlinde, Lärche, Stieleiche oder Spitzahorn beherbergen (Avila und Albrecht 2017).

Die Konstellation an krautigen Pflanzen wird sich mit der Zeit bedingt durch sich wandelnde Standortbedingungen (Schatten, Feuchtigkeit, Nährstoffe, u. Ä.) von selbst verändern bzw. kann nach und nach angepasst werden.

In Anhang 2 wurden die meisten Pflanzen, die im Beispielprojekt „Wald&Wiese“ vorkommen tabellarisch aufgeführt. Die Tabelle dient als Erklärung zur schematischen Karte (Anhang 1)

und soll dem Leser einen Überblick über die dort vorhandene Vegetation geben, ohne ins Detail zu gehen. Zu den meisten Pflanzen, die sich für einen Waldgarten in der gemäßigten Breitenzone eignen, gibt es jede Menge Information bezüglich Wuchsform, bevorzugten Standortbedingungen und Nutzungsformen. An dieser Stelle wird auf Jacke und Toensmeier (2005b), Whitefield (1999), als auch die vielen weiteren Bücher und Internetquellen zur heimischen Flora verwiesen.

### 3.1.2 Mehrjährige Kulturen und deren Wurzeln

Da an den meisten Standorten in Deutschland die natürliche Sukzession Wald wäre, sind hier mehrjährige Kulturen häufig die erste Wahl für ein sich weitestgehend selbst erhaltendes Ökosystem. Mehrjährige Kulturen tragen maßgeblich zur Nachhaltigkeit in der Bewirtschaftung eines Waldgartens bei. Einmal angelegt, benötigen sie nach den ersten pflegebedürftigeren Jahren viel weniger Pflege als einjährige Kulturen, erhalten sich bestenfalls komplett selbst. Die alljährliche Einsaat oder Pflanzung mit einhergehender Bodenbearbeitung fällt weg, somit ist die Instandhaltung langfristig besser gesichert und ganz nebenbei wird das Bodenleben unter ihnen und um ihren Wurzelraum herum gefördert, da es nicht ständig gestört wird. Mehrjährige Pflanzen haben meist eine längere Vegetationszeit als einjährige, wodurch sie über einen längeren Zeitraum den Boden bedecken und vor Evaporation schützen (wenn auch sie in der Zeit natürlich mehr Wasser aus dem Boden aufnehmen).

Ein weiterer Nachhaltigkeitsaspekt ist ihre erhöhte Resilienz gegenüber Wetterextremen, verglichen mit einjährigen Pflanzen. Sie halten nicht nur Dürren gut Stand, sondern verbessern die Wasserspeicherkapazität des Bodens und mindern damit die Gefahr der Bodenerosion und Überschwemmungen (Bücker 2012, S. 103 nach Springmann et al. 2010; UFZ 2010).

Die Fähigkeit zum Selbsterhalt und die Vorteile, welche mehrjährige Kulturen gegenüber einjährigen haben, basiert darauf, dass sie Zeit haben ein weites Wurzelwerk zu bilden.

Der potenzielle Hauptwurzelraum von Waldbeständen wird von Scheffer und Schachtschabel (2018, S. 494) mit 15 dm angegeben (vgl. Intensivgrünland: 5 dm; Ackerkulturen: 10 dm).

Bei Bäumen und Sträuchern kann eine grobe Einteilung in drei Wurzeltypen, wie in Abb.2 zu sehen, vorgenommen werden. Dabei ist zu bedenken, dass Wurzelformen immer sowohl durch die Erbanlage, als auch durch die Umwelt bedingt sind und somit z.B. ein Gehölz, welches seiner Art nach als Pfahlwurzler eingestuft wird, auf einem staunassen Boden eher zu einem Senkwurzler (häufig auch Flachwurzler genannt) wird (Kutschera und Lichtenegger 2002, S. 40).

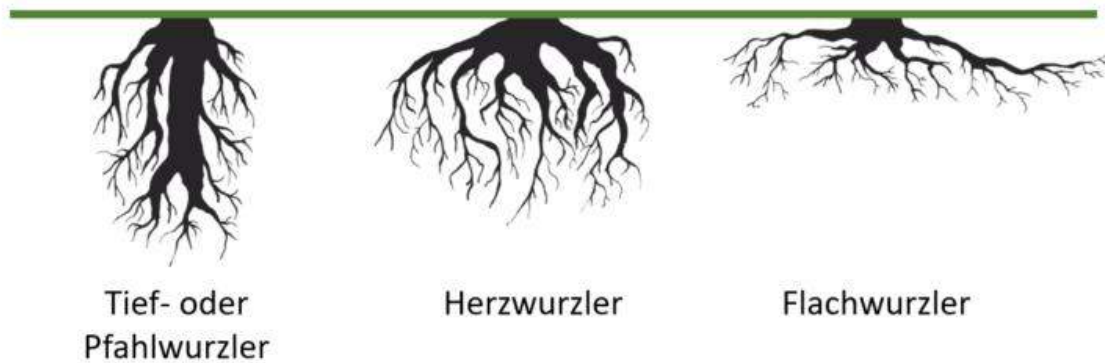


Abbildung 2: Wurzeltypen (Büschken 2020)

**Pfahlwurzeltyp:** Markant und namensgebend ist die mittige, dicke Pfahlwurzel, auch Polwurzel genannt. Sie entsteht zunächst bei fast allen jungen Holzgewächsen, bildet sich mit der Zeit aber häufig zurück, besonders bei Verdichtungen, Staunässe, hohem Grundwasserstand, geringer Bodendurchlüftung und -erwärmung. Dieser Wurzeltyp wird häufig auch Tiefwurzler genannt. Die Pfahlwurzel bleibt auf warmen, oberbodentrockenen Standorten auch später noch weitestgehend erkennbar bei Edelkastanie, Eiche, Ulme, Lärche und Kiefer. Weißtannen bilden selbst auf kühleren, feuchteren Standorten eine deutliche Pfahlwurzel aus (Kutschera und Lichtenegger 2002, S. 39).

Weitere eher dem Pfahlwurzeltyp zugeordnete Bäume und Sträucher sind Eibe, Linde, Sumpfyzypresse, Esche, Walnuss, Wacholder, Robinie, Eberesche, Flieder, Ginster, Hainbuche, Pflaume, Sanddorn und Weißdorn (Klitzsch 2018).

Unter den krautigen Pflanzen gehören Leguminosen wie Luzerne, Rotklee und v.a. Lupine, aber auch Acker-Kratzdistel, die ihre starken Pfahlwurzeln bis in eine Tiefe von 1,5-3 m treiben, zum Pfahlwurzeltyp (Kutschera et al. 2009, S. 94).

**Herzwurzeltyp:** Sie entsteht aus der Pfahlwurzelformen junger Holzgewächse, stellt also immer eine reifere Wurzelform dar. Die Pfahlwurzel bildet sich zurück, mehrere vom Wurzelstock ausgehende, dicke Wurzelstränge ziehen glockenförmig in die Tiefe und lassen so die namensgebende Form entstehen. Typisch ist die Herzwurzel bei Douglasie, Lärche, Birke, Linde, Hain- und Rotbuche. Auch die Herzwurzelform nimmt mit dem Alter ab (Kutschera und Lichtenegger 2002, S. 40).

**Senkwurzeltyp (Flachwurzler):** Hierbei handelt es sich ebenfalls um eine reifere Wurzelform. Sowohl die Pfahlwurzel, als auch die Herzwurzeln haben sich weitestgehend zurückgebildet



oder haben sich gar nicht erst herausgebildet. Übrig bleiben kräftige, oberbodennah horizontal wachsende Wurzeln mit (in Stocknähe oft dickeren) vertikal abzweigenden Senkwurzeln. Dieser Wurzeltyp ist viel mehr standort- als artbedingt und entsteht oft auf staunassen, verdichteten Böden. Senkwurzeln können aber auch abgestorbene, ehemals vom Stock aus abwärts wachsende, Wurzeln bei meist älteren Bäumen ersetzen. Die Standfestigkeit eines Baumes mit Senkwurzel ist geringer als bei den anderen Wurzeltypen und somit anfälliger, ausgewurzelt zu werden (Kutschera und Lichtenegger 2002, S. 39–40).

In einem Mischwald wachsen immer Pflanzen mit unterschiedlichen Wurzeln unterschiedlichen Alters, was Kutschera und Lichtenegger (2002, S. 36) als „Soziologie der Wurzeln“ beschreiben. In dieser Soziologie können z.B. tiefwurzelnde Pflanzen Nährstoffe aus tieferen Bodenschichten aufschließen, aufnehmen und mittels absterbender und zu Boden fallender Biomasse für andere, oberflächennah wurzelnde Pflanzen verfügbar machen. Ein Paradebeispiel für Selbsterhalt im Sinne von Selbstdüngung. Diese „Soziologie der Wurzeln“ vermindert außerdem Konkurrenz im Bodenraum.

Zur Wassereffizienz tragen Grobwurzeln (>2 mm) und Feinwurzeln (Durchmesser <2 mm) auf unterschiedliche Weisen bei (Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 493).

Grobwurzeln bilden das Gerüst und sind für die Weiterleitung von Wasser und Nährstoffen zuständig. Durch die Feinwurzeln werden Wasser und Nährstoffe aufgenommen. Außerdem stabilisieren Feinwurzeln und die sie besiedelnden Pilze maßgeblich die Bodenstruktur und tragen durch die Porenbildung in großem Umfang zur Wasserspeicherfähigkeit des Bodens bei (Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 140).

Ein hoher Anteil an Feinwurzeln bedeutet auch einen hohen Anteil an unterirdischer organischer Substanz. Davon profitieren insbesondere leichte Böden, da der hierbei entstehende Humus Wasser bindet (Kutschera und Lichtenegger 2002, S. 130).

Auf die Bedeutung von Humus wird in Kapitel 3.2.2 expliziter eingegangen.

Laubgehölze, insbesondere die Pfahlwurzler unter ihnen, haben generell einen höheren Feinwurzelbesatz als Nadelgehölze. Auffallend niedrig ist der Feinwurzelanteil bei Eichenarten, aber auch bei Walnuss, Berberitze, Birne, Wildapfel, Robinie, Alpen-Goldregen und Stechpalme. Herausragend hoch ist er beim Pfaffenhütchen, aber auch bei Weiden, Erlen, Eschen, gewöhnlichem Schneeball, Weißbirke, Rotbuche und Faulbaum ist er relativ hoch (Kutschera und Lichtenegger 2002, S. 46).

Schwerere Böden profitieren eher von der auflockernden Wirkung der Wurzeln, wobei auch die Grobwurzeln wichtig sind. Besonders wichtig ist dabei die Durchwurzelung in der Tiefe. Bei

wasserstauenden Böden kann dies mit starken Tiefwurzeln, wie dies z.B. bei der Stieleiche, Schwarz-Erle oder auch Weißtanne der Fall ist, gelingen (Kutschera und Lichtenegger 2002, S. 130).

Auch gibt es unter den tiefwurzelnden Bäumen einige, die während Trockenphasen nachts Wasser aus unteren, feuchten Bodenschichten an obere Wurzeln und obere, trockene Bodenschichten abgeben können. Dieses Phänomen nennt sich hydraulischer Lift. „*Hydraulic lift*“ wurde zunächst in Klimaten nachgewiesen, in denen periodische Trockenheiten auftreten, also in ariden, semiariden und mediterranen Regionen, ist aber auch in borealen Nadelwäldern und im Regenwald zu finden, und vermutlich auch für unsere Breiten relevant, wenn tiefwurzelnde Pflanzen Zugang zu Unterbodenwasser haben. Es ist allerdings in den gemäßigten Breiten bis dato noch wenig erforscht. Dabei würde es sich lohnen, weiter zu forschen, da die Wassermenge, die dabei bewegt wird, nicht unerheblich ist. Sie kann mindestens 14-35 % der Evapotranspiration<sup>5</sup> betragen. Ebenso wie die Wasserbewegung und -abgabe von unten nach oben, gibt es auch die von oben nach unten und in horizontaler Ebene. Diese Arten der Wasserbewegung werden zusammengefasst als „hydraulic redistribution“ (Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 500).

Ein weiteres Phänomen von Wurzeln, welches noch nicht ausreichend erforscht ist, ist die Ausscheidung und Wirkung von Mucilage. Der in der Rhizosphäre ausgeschiedene Schleimstoff, ist wenige Mikrometer dick und viskoser als Wasser (Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 499).

Es wird vermutet, dass sie dadurch die Wasseraufnahme unter sehr feuchten Bedingungen reduziert, bei trockenen Bedingungen durch erhöhten Wassergehalt in der Rhizosphäre den Wasserfluss verbessert und bei Austrocknung hydrophob wird. Im letzteren Fall könnte sie als trennende Schicht zwischen trockenem Boden und Wurzel fungieren und die Wurzel vor Austrocknung schützen (BayCMS 2020).

Eine Verbesserung der Wasserversorgung von Pflanzen wurde auch bei der Besiedlung der Wurzeln mit Mykorrhiza festgestellt. Auch gegen eine zu hohe Wurzelkonkurrenz untereinander haben einige Bäume und Sträucher eine Strategie. Es wurde nachgewiesen, dass sowohl Wurzeln der gleichen als auch unterschiedlicher Arten bei gegenseitigem Kontakt miteinander verwachsen und über diese Verwachsungen ein Stofftransport stattfindet. Es ist möglich, dass sie so Wasser- und Nährstoffkonkurrenz untereinander reduzieren. Je diverser die Mischkultur

---

<sup>5</sup> „Die meisten Kulturpflanzen weisen in Mitteleuropa bei Bezug auf die gesamte Vegetationsperiode mittlere ET-Werte von 2–3 mm pro Tag auf, Waldbestände von etwa 1 mm d<sup>-1</sup>. Während der Hauptwachstumszeit von Kulturpflanzen beträgt die Evapotranspiration aus geschlossenen, voll entwickelten Beständen durchschnittlich 3,5–4,5 mm d<sup>-1</sup> und kann an klaren Sommertagen auf über 8 mm ansteigen, in Waldbeständen bis auf 3 mm d<sup>-1</sup>. Durch Schließen der Stomata sind Pflanzen in der Lage, die stomatare Wasserverdunstung an heißen Sommertagen stark einzuschränken“ (Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 501).

ist, umso wahrscheinlicher ist es, dass Wurzeln, die sich miteinander verbinden können, aufeinandertreffen (Kutschera und Lichtenegger 2002, S. 37).

Ein weiterer positiver Faktor einer Bewirtschaftungsform ohne zusätzliche Bewässerung könnte sein, dass dadurch die Pflanze angeregt wird, mehr und tiefere Wurzeln zu bilden. Denn laut Kutschera und Lichtenegger (2002, S. 36) nehmen die Wurzelverzweigung und das Wurzel-Spross-Verhältnis von feuchteren zu trockeneren Gebieten hin zu.

Scheffer und Schachtschabel (2018, S. 499) schreiben dazu folgendes: „Allgemein gilt, je geringer die ungesättigte Wasserleitfähigkeit ist, umso stärker müssen die Wurzeln dem Wasser nachwachsen und umso dichter muss die Durchwurzelung sein, um einen gleich bleibenden Anteil des pflanzenverfügbaren Wassers aufzunehmen. Das Tiefenwachstum der Wurzeln kann hierbei bis zu 2 cm pro Tag betragen.“

Allerdings gäbe es Richtung Trockenheit einen Kippunkt, bei dessen Überschreitung die Wurzelverzweigung wieder abnimmt (Kutschera und Lichtenegger 2002, S. 25). Darauf, wo sich dieser Kippunkt befindet, gehen Kutschera und Lichtenegger (2002) nicht ein.

Auch mit steigender Bodentemperatur nimmt die Durchwurzelungsrate zu und ein gut durchwurzelter und somit durchlüfteter, dunkler (d.h. humusreicher) Boden erwärmt sich besser. Somit fördert letztlich eine gute Durchwurzelung sich selbst (Kutschera und Lichtenegger 2002, S. 39).

### 3.1.3 Mischkultur

Nun stellt sich vielleicht die Frage, ob es eine Plantage nicht auch tun würde - ein System von Dauerkulturen, welches durch ihre Einheitlichkeit effizient maschinell zu bewirtschaften ist?

Hart (1994, S. 85, nach Mollison und Holmgren 1978) gibt dazu folgende Antwort: “[...] die Summe der Erträge aus einer Permakultur ist höher, da ein System aus einer Art nie alle verfügbaren Ressourcen an Energie und Nährstoffen nutzen kann [...] verschiedene Baumarten haben verschiedene Wurzelsysteme, um unterschiedliche Nährstoff- und Wasserquellen anzuzapfen. Deshalb ist in einem Mischwald die Nutzung an vorhandenen Ressourcen größer als in einer Kiefernsonne“.

Wie schon in Kapitel 3 beschrieben, hat ein etablierter Waldgarten gerade durch die Vielzahl an verschiedenen Pflanzen/m<sup>2</sup> potenziell hohe und stabile Erträge. Denn unterschiedliche Pflanzen nebeneinander können unterschiedliche Nischen ober- und unterirdisch erschließen. Ein weiterer Vorteil der Mischkultur sind die verschiedenen Mikroklimata, die dadurch entstehen. Das Mikroklima eines Gartens kann den Wassergehalt der Luft und des Bodens beeinflussen. Dort wo Wind- und Sonnenschutz ist, ist es feuchter. Somit kann der Bewässerungs-

bedarf in einem Waldgarten deutlich geringer sein als auf einer exponierten Fläche. Abschließend sind die zahlreichen Symbiosen, welche verschiedene Pflanzen, Pilze und Tiere miteinander eingehen, zu erwähnen (vgl. Mykorrhiza, Kapitel 3.1.2 und 3.2.2).

### 3.1.4 Mulchlieferanten (Totmulch/Auflagemulch)

Die Wirksamkeit von Mulch, Evaporation zu vermindern ist vielfach nachgewiesen. Müller (2003, S. 31) beispielsweise legte einen breiten Versuch mit verschiedenen Mulchmaterialien an, dessen Ergebnis u.a. war, dass der Gehalt an pflanzenverfügbarem Wasser im Boden unabhängig von der Art des Mulchmaterials im Vergleich mit der Brachfläche stieg. Es ist daher empfehlenswert, gerade bei der Neuanlage eines Waldgartens auf einer Fläche mit vorerst wenig Vegetation, schnell wachsende, mulchliefende Pflanzen, welche Laub liefern oder geschnitten und so als Mulch verwendet werden können, zu einem ausreichenden Teil in die Anbauplanung mit einzubeziehen. Unter den Gehölzen sind dies häufig Pionierbäume, wie z.B. Birke oder Bäume aus der Familie der Leguminosen (z.B. *Acacia* spp. oder *Gleditsia* spp.), unter den krautigen Pflanzen ist beispielsweise Beinwell aus einem Waldgarten nicht wegzudenken.

### 3.1.5 Bodendecker (Lebendmulch)

Ein Vorteil des Lebendmulchs gegenüber dem oben beschriebenen Totmulch ist, dass es zu weniger Nährstoffverlusten durch Volatilisierung und Auswaschung kommt, da die Nährstoffe im Lebendmulch gebunden sind und langsam nach dem Absterben von Pflanzenmasse zersetzt und pflanzenverfügbar gemacht werden. Viele Pflanzen, die sich als Lebendmulch eignen sind laut Whitefield (1999, S.66) zudem noch sogenannte dynamische Akkumulatoren (Pflanzen, die bestimmte Elemente anreichern), besonders die Leguminosen als Stickstoffsammler sind hier zu nennen.

Lebendmulch bietet weitere Vorteile gegenüber dem Auflagemulch, wie die Durchwurzelung unterirdischer Räume, somit Bildung von Bioporen und dortige Anreicherung mit organischer Masse. Lebendmulch muss nicht örtlich transferiert werden und kann häufig zahlreiche weitere Funktionen erfüllen – sei es als Bienenweide oder menschliche Nahrung. Allerdings kann Lebendmulch auch ein Wasser- und Nährstoffkonkurrent für die Pflanzen, die er umgibt, sein. Auch in diesem Fall ist eine sorgsame Auswahl der Pflanzengesellschaften wichtig. Tot- und Lebendmulch kann auch gut kombiniert werden, beispielsweise ist es manchmal hilfreich, stark wuchernde Lebendmulchpflanzen zu schneiden und an einer anderen Stelle als Totmulch zu verwenden (sog. Transfermulch). Ebenso kann in Auflagemulch eine Gründüngung eingesät werden (Grünefeld und Schneevoigt 2019).

### 3.1.6 Multifunktionalität am Beispiel von Beinwell (*Symphytum officinale*)

Die Pflanzen, die im Waldgarten wachsen, sollten möglichst multifunktionell sein. Beinwell ist ein hervorragendes Beispiel hierfür. Die schnellwüchsige, tief wurzelnde Pflanze liefert viel Mulchmaterial, lockert den Boden tief und kann viele Nährstoff aus den unteren Bodenschichten für andere Pflanzen verfügbar machen. Beinwell ist auch dynamischer Akkumulator. Er akkumuliert beispielsweise viel Phosphor, Calcium und Kalium, welches entweder nach dem Absterben der Blätter im Herbst oder durch Schnitt in der Vegetationszeit für andere Pflanzen verfügbar gemacht werden kann. Besonders Kalium ist ein Nährstoff, der nur in wenigen organischen Düngern (Asche, Farne) in größerer Menge vorkommt. Beinwell ist ein guter Begleiter neben Obstbäumen, da diese für die Fruchtbildung einen hohen Phosphor- und Calciumbedarf haben und die meisten Obstbäumen im älteren Stadium Flachwurzler sind und es somit weniger zu Wasser- und Nährstoffkonkurrenz zwischen den beiden Kulturen kommt. Auch das C:N-Verhältnis liegt beim Beinwell mit 10:1 in einem Bereich, den Pflanzen sehr gut verwerten können (Whitefield 1999, S. 66); (Grünefeld und Schneevoigt 2019, S. 58).

Die jungen Blätter von Beinwell können außerdem roh im Salat oder auch gedünstet verzehrt werden und die Wurzel wird in der Naturheilkunde verwendet und ist namensgebend. Beinwell ist zu guter Letzt auch eine Bienenweide.

### 3.2 Bodenverhältnisse und Bewirtschaftungsmethoden

Wie in Scheffer und Schachtschabel (2018, S. 501) beschrieben, reichen im Sommer in vielen mitteleuropäischen Gebieten die mittleren Niederschlagsmengen nicht aus, um den Wasserbedarf der Pflanzen zu decken. Das Bodenwasser, welches zu Vegetationsbeginn gespeichert ist, als auch später in niederschlagsreichen Zeiten wieder nachgefüllt wird, beeinflusst daher die Pflanzenerträge entscheidend.

„Unter den für Mitteleuropa prognostizierten Klimaveränderungen mit wärmeren und trockeneren Sommern sowie feuchteren Wintern wird die Effizienz der Wassernutzung während der Sommermonate vermutlich von zunehmender Bedeutung sein. Eine optimale Transpiration und Ertragsbildung ist möglich, wenn die Bodenfeuchte im Wurzelraum nicht wesentlich unter 80 % der nFK<sup>6</sup> absinkt. [...] Speichern die Böden über längere Zeit dagegen weniger als 40–50 % der nFK in der Hauptwachstumsphase, kann es zu deutlichen Mindererträgen kommen“ (Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 502).

Wassereffizienz zu verbessern bedeutet also auch, das verfügbare (natürliche) Wasserange-

---

<sup>6</sup> Nutzbare Feldkapazität; auch pflanzenverfügbares Wasser genannt

bot zu vergrößern. Man kann Wasser in beschränkten Mengen in Behältnissen wie Regentonnen, Auffangbecken, Teichen, etc. speichern. Dies ist wichtig, um Wasservorräte zu haben, mit denen man im Notfall besonders austrocknungsgefährdete Pflanzen in Trockenzeiten bewässern kann. Der größte und (auch im Sinne des Selbsterhaltes) effizienteste Wasserspeicher jedoch ist der Boden. Damit dieser wie ein Schwamm funktionieren kann, muss man ihn mit bodenaufbauenden Methoden pflegen und schützen.

Ein in Hinblick auf Wasser gut funktionierender Boden wird gerne mit einem Schwamm verglichen, weil dieser sowohl Wasser aufnehmen als auch wieder abgeben kann. Im Boden sind dafür einerseits Räume nötig, die sich mit Wasser füllen können – im Fall des Bodens ist das ein stabiles Bodengefüge - und andererseits Material, an dem Wasser anhaften kann - in dem Fall organisches Material.

### 3.2.1 Stabiles Bodengefüge

Mit Bodengefüge ist die Struktur des Bodens gemeint, die sich aus der räumlichen Anordnung der festen Bodenbestandteile ergibt. Hierbei entstehen Poren mit verschiedenen Durchmessern.

Grobporen: weite:  $>50\ \mu\text{m}$ ; enge:  $50\text{-}10\ \mu\text{m}$

Mittelporen:  $10\ \mu\text{m}\text{-}0,2\ \mu\text{m}$

Feinporen:  $<0,2\ \mu\text{m}$

Dabei kann noch in Primärporen (Poren zwischen den einzelnen Körnern) und Sekundärporen (Poren zwischen Kornaggregaten, die durch Quellung, Schrumpfung, Bioturbation und Wurzelwachstum entstanden sind), unterschieden werden. Die Bildung von Sekundärporen durch Bioturbation und Wurzelwachstum (v.a. das von Gehölzen) und deren Stabilisierung durch organisches Material, dessen Abbauprodukte und Wurzelexsudate (organische Ausscheidungen aus den Wurzeln), kann durch eine geeignete Pflanzenauswahl sowie durch die Bewirtschaftungsweise beeinflusst werden.

Bioturbation bezeichnet die „wühlende und grabende Tätigkeit von Bodentieren“ inklusive ihrer Ausscheidungen. Regenwürmer beispielsweise nehmen organisches und mineralisches Material auf und scheiden dieses teilweise vermengt zu Ton-Humus-Komplexen wieder aus (Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 140).

Damit die so gebildeten Gefüge von den Mikroorganismen nicht weiter abgebaut werden, ist es wichtig, dass immer ausreichend Nachschub an weniger stark zersetztem organischem Material vorhanden ist (Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 262).

Genauso wie organische Substanz im Boden immer einem Wandel unterliegt, ist auch die

Wurzelmasse im Boden nicht konstant gleich groß. Wurzeln wachsen, werden teilweise wieder abgestoßen und sterben ab. Dies gilt insbesondere für Feinstwurzeln. Sie hinterlassen so organische Masse (=Wurzelstreu) und Porenräume im Boden. Besonders bedeutsam sind tiefwurzelnende Baumarten, welche auch tiefe Bodenhorizonte mit organischer Masse anreichern und dort Poren bilden.

„Eine Porengrößenverteilung mit einem möglichst großen Anteil an pflanzenverfügbarem Wasser (nFK) ist für den kontinuierlichen Wasserbedarf der Pflanzen umso wichtiger, je weniger regelmäßige Niederschläge oder hochstehendes Grundwasser eine gleichmäßige Wasserversorgung gewährleisten“ (Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 274)

Die nutzbare Feldkapazität (nFK) ist der Anteil der gegen die Schwerkraft im wassergesättigten Boden in den Poren gehaltenen Wassermenge (Feldkapazität), der für die Pflanzen verfügbar ist. Sind die Poren zu eng ( $<2\ \mu\text{m}$ ), so sind die Adhäsionskräfte zu hoch – das Wasser wird zwar in den Poren gehalten, kann aber nicht von den Wurzeln aufgenommen werden. Sind die Poren zu grob, so sind die Adhäsionskräfte zu gering, um das Wasser gegen die Schwerkraft im Boden zu halten – das Wasser fließt schneller ab, als die Wurzeln es aufnehmen können.

Daher ist in den meisten Böden der Anteil der mittleren Poren für die nFK entscheidend. Für die Durchlüftung hingegen sind Grobporen nötig. Gerade in Böden mit Stauwassereinfluss ist ein hoher Anteil an Grobporen wichtig, denn ein Luftmangel führt immer zu einem geringeren Ausnutzungsgrad des Wasserangebots. Auch die Porenkontinuität spielt für einen optimalen Wasser- und Lufthaushalt eine wichtige Rolle.

Da letztendlich die Poren (ob luft- oder wassergefüllt) von den Wurzeln erreicht werden müssen, um genutzt zu werden, ist die Durchwurzelungsintensität und -tiefe ausschlaggebend für eine gute Versorgung und optimale Ausnutzung des verfügbaren Bodenwassers. Daher wird die nutzbare Feldkapazität häufig ergänzt um die räumliche Dimension des effektiven Wurzelraums zu nFKWe (nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum) (Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 274).

Für die Praxis heißt das, den Aufbau und Erhalt eines stabilen Bodengefüges sowie eine intensive und tiefe Durchwurzelung zu fördern. Das Bodengefüge kann in erster Linie durch eine ausreichende Zufuhr an organischem Material, optimalen pH-Wert, eine nichtwendende und reduzierte Bodenbearbeitung und ständige Bodenbedeckung gefördert werden. All diese Maßnahmen zielen darauf ab, für die Bodenorganismen, als „Bauer der Bodengefüge“, optimale Bedingungen zu schaffen. Die intensive und tiefe Durchwurzelung wird durch verschiedene mehrjährige Kulturen, v.a. durch Bäume gefördert.

### 3.2.2 Humusaufbau

Dieses Kapitel ist eng an das vorhergehende geknüpft, denn Humus wirkt stark stabilisierend auf das Bodengefüge.

Humus wird definiert als „die Gesamtheit toter organischer Substanz im Boden“ (Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 64).

Er beinhaltet Reste und Umwandlungsprodukte von abgestorbenen Pflanzen, Pilzen, Mikroorganismen und höheren Tieren, sowie deren Ausscheidungen (Ahl et al. 2013, S. 89).

„Die Humusbildung wird heute als Prozess der Speicherung organischer Substanzen in unterschiedlichem Abbaugrad in der Bodenstruktur verstanden“ (Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 65).

Humus hat vor allem zwei bedeutende Eigenschaften für die Wasserspeicherfähigkeit von Böden.

Erstens kann er das 3-5 fache seines Gewichtes an pflanzenverfügbarem Wasser speichern (Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 85) und zweitens wirkt er stabilisierend auf das Bodengefüge. Letzteres ist v.a. darauf zurückzuführen, dass er, wie bereits im vorhergehenden Kapitel erwähnt, Verbindungen mit mineralischen Substanzen, wie z.B. Ton (sog. Ton-Humus-Komplexe) eingehen kann und so über Mikro- und Makroaggregate sehr stabile, teils hydrophobe Gefüge bildet. Dies geschieht häufig mithilfe von z.B. Schleimstoffen bei Bioturbation (Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 79).

Die Humusanreicherung in tieferen Bodenschichten kann hauptsächlich durch tiefwurzelnde Pflanzen erreicht werden. Diese hinterlassen dort durch Rhizodeposition (=organische Ausscheidungen aus den Wurzeln, auch Wurzelexsudate genannt) und Wurzelstreu (aus abgestorbenen Wurzeln oder Wurzelteilen, meist von Feinwurzeln) organisches Material, welches von Bodenorganismen zu Humus umgebaut wird.

„In Wäldern kühl-gemäßigter Klimate macht der Beitrag der Wurzelstreu zum Input organischer Substanz in Abhängigkeit von der Baumart und der Lebensform (immergrün oder laubwerfend) zwischen 20 und 50 % aus“ (vgl. unter Weizen: 25%, unter Grünland: 40%) (Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 66).

Ein weiterer Effekt von Wurzelexsudaten ist, dass sie in Symbiose mit Mikroorganismen Nährstoffe aufschließen.

„Mineralstoffe, die in tieferen Bodenschichten aufgenommen werden, werden durch Humusmineralisierung teilweise den oberen Bodenschichten zugeführt. Besonders auf leichten Böden werden dadurch die Mineralstoffverluste durch Auswaschung gemildert“ (Kutschera und



Lichtenegger 2002, S. 30).

Humus wirkt sich außerdem günstig auf das Wurzelwachstum, besonders auf das der Feinwurzeln, aus. Nährstoffe aus Humus werden bei Wärme vermehrt freigesetzt und Wurzeln können diese bei Wärme besser aufnehmen und nutzen. Ein Nährstoffangebot zur richtigen Zeit also. Eine ausreichende Versorgung mit Nährstoffen ist wiederum für eine gute Wasserausnutzung durch die Pflanze wichtig.

Außerdem ist Moderhumus („meist Kot von Gliederfüßern und Enchytraeiden ohne Mineral Körner“; Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 358) Nährboden für z.B. Mykorrhizapilze, welche die Feinwurzeln besiedeln. Diese verbessern die Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanzen (Kutschera und Lichtenegger 2002, S. 30).

Weitere Funktionen von Humus im Boden sind:

- Schadstoffbindung und somit Schutz vor Auswaschung
- Nährstoffspeicherung
- Habitat und Nährstoffquelle für Bodenlebewesen
- Dunkelfärbung des Bodens, wodurch er sich besser erwärmt

(Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 84–85)

Zusammenfassend wirkt Humus „...Gefüge schaffend und Gefüge stabilisierend indem er die Mineralteilchen zu einem hohlraumreichen Bodenverband verklebt. Er beeinflusst damit das Porensystem und schließlich den Luft- und Wasserhaushalt des Bodens. Dadurch werden die Wasser- und Nährstoffzufuhr zur Pflanzenwurzel, die Wurzelentwicklung, die Durchlüftung und somit die mikrobielle Aktivität, die Wasserspeicherefähigkeit, die Wasserversickerung und die Wasserstabilität der Bodenaggregate des Bodens beeinflusst. Zudem wird die mechanische Belastbarkeit des Bodens erhöht und die Bodenbearbeitung erleichtert“ (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 2020).

Für die Praxis bedeutet das, dem Boden möglichst viel standortangepasstes organisches Material zuzuführen (bzw. das Ökosystem so anzulegen, dass eine natürliche Nachlieferung gewährleistet ist), den Boden durch die ständige Bedeckung vor Austrocknung zu schützen und mit tiefwurzelnden Pflanzen eine Humusanreicherung in tieferen Bodenschichten zu gewährleisten.

### 3.2.3 Wasserretentionsflächen

Eine weite Möglichkeit, den Wasserspeicher des Bodens zu vergrößern ist, die Kontaktzeit zwischen Regenwasser und Boden zu verlängern und so die Infiltrationsrate zu verbessern.

Dies gelingt mittels sogenannter Wasserretentionsflächen. Das können Teiche mit Naturuntergrund, Terrassen, Gräben, Muldenbeete, als auch Kraterbeete sein. Diese Strukturen helfen, Wasser aufzufangen, zu verteilen und langsam in den Boden einsickern zu lassen.

### 3.2.4 Hügelbeete

Hügelbeete können im Inneren aus unterschiedlichen Materialien bestehen. Eine gängige Methode ist, verschiedenes organisches Material, wie z.B. Äste (im Ganzen oder gehäckselt), mit Erde zu bedecken.

Holzer (2008, S. 63) empfiehlt, eher grobes Material ins Innere des Hügelbeetes einzubringen, da so die Durchlüftung besser gewährleistet ist und das Hügelbeet eine längere Lebensdauer hat. Das organische Material zersetzt sich umso langsamer, je gröber es ist. Die Neigung der Hügelbeetseiten sollte mindestens 45° betragen, damit sich die Erde nicht so schnell wieder verdichtet (Holzer 2008, S. 67). Es gibt laut Holzer (2008, S.63) aber ansonsten keine Pauschalbauanleitung für Hügelbeete, man solle auch bezüglich der Form der Hügelbeete immer je nach Verwendung, Lage, Bodenverhältnissen und vorhandenen Materialien entscheiden.

Hügelbeete bieten gegenüber Flachbeeten mehrere Vorteile. Zum einen ist ihre Wasserspeicherfähigkeit im Inneren und zwischen den Hügeln (Muldenbeet) deutlich erhöht. Gleichzeitig trocknen sie oberflächlich schneller ab. Hierdurch und durch das Mikrorelief als solches entstehen unterschiedliche Mikroklimazonen, in denen verschiedene Pflanzen einen optimalen Standort finden können. Durch die bessere Durchlüftung erwärmen sich die Hügelbeete besser, die Verrottungswärme aus dem Inneren trägt ebenfalls dazu bei. Durch die Verrottung werden außerdem Nährstoffe nach und nach freigesetzt. Zu guter Letzt hat ein Hügelbeet eine größere Anbaufläche als ein Flachbeet und ist zusätzlich ein optisches Gestaltungselement (Holzer 2008, S. 59).

### 3.2.5 Bodenbedeckung

Damit schließlich das gespeicherte Wasser im Boden-Pflanze-Kontinuum bleibt, und nicht zu viel (durch die Pflanze ungenutztes) Wasser evaporiert, sollte der Boden immer bedeckt sein. Dies gelingt mit Mulch und Dauerbegrünung (Tot- und Lebendmulch), wie bereits beschrieben. Eine Bodenbedeckung verbessert zudem die Wasserinfiltration in den Boden.

### 3.2.6 Bodenwasserschutz

Nicht das gesamte Wasser zirkuliert zwischen Boden und Pflanze bzw. Atmosphäre. Wasser, welches nicht gegen die Schwerkraft im Boden gehalten wird, fließt ab und trägt zur Grundwasserneubildung bei. Hierbei besteht vielerorts die Gefahr der Nährstoff und Schadstoffauswaschungen. Ein mehrjähriges Mischkultursystem wie das eines Waldgartens beugt dem vor.

Durch das Prinzip der Selbstdüngung wird eine Überdüngung vermieden und da in mehrjährigen Mischkulturen jederzeit verschiedene Pflanzen mit unterschiedlichen Nährstoffbedarfen zu unterschiedlichen Zeiten vorhanden sind, ist eine Nährstoffauswaschung unwahrscheinlich. Vorhandener Humus trägt ebenfalls zur Stick- und Schadstoffbindung bei.

## 4 Praxisbeispiel „Wald&Wiese“

Das Beispielprojekt „Wald&Wiese“ ist eine Mischung aus Waldlandwirtschaft, Waldgarten und Magerwiese und wird seit drei Jahren wieder bewirtschaftet. Mit knapp einem Hektar ist es für eine städtische Freifläche relativ groß und bietet viele Möglichkeiten. Im Folgenden werden die Standortbedingungen beschrieben, die drei Teilbereiche der Fläche mit ihren Eigenschaften und Funktionen erläutert und anschließend die bisherige Planung und Bewirtschaftung durch in Hinblick auf Wassereffizienz erklärt. Das Kapitel schließt mit einer Zusammenfassung des Interviews mit dem Waldgartengestalter Thomas Kunzelmann ab. Diese Informationen dienen als zur Beurteilung der Wassereffizienz im Beispielprojekt „Wald&Wiese“.

### 4.1 Standortbedingungen

Die Fläche des Projektes „Wald&Wiese“ liegt in Mitteldeutschland in Leipzig im Stadtteil Paunsdorf. Das Relief ist hier – entsprechend der Leipziger Tieflandbucht überwiegend flach. Nachfolgend werden klimatische, soziographische, infrastrukturelle und edaphische Standortfaktoren erörtert.

#### 4.1.1 Klimatische Standortbedingungen

Laut Climat-Data.org herrscht in Leipzig, welches auf ca. 117 m über NN liegt, mit einer jährlichen Durchschnittstemperatur von 8,9° und mittleren jährlichen Niederschlagsmenge von 518mm/m<sup>2</sup>, ein warmes, gemäßigtes Klima. Februar wird als der durchschnittlich trockenste und Juni als der niederschlagreichste Monat angegeben. Juli ist mit durchschnittlich 24°C der wärmste und der Januar mit durchschnittlich -3°C der kälteste Monat (Climat-Data.org 2020).

Diese Daten sind auch in den Abbildungen 3 und 5 von meteostat.net, welche die Durchschnittswerte der letzten 30 Jahre zusammenfassen, nachzuvollziehen. Dass die Durchschnittswerte v.a. für die letzten 10 Jahre so nicht mehr stimmen, ist in den Abbildungen 4 und 6 zu sehen: Die Jahresmitteltemperatur ist seitdem um 1,4°C gestiegen und die durchschnittlichen monatlichen Niederschläge sind, wie in Abbildung 6 zu sehen, v.a. in den Sommermonaten zurückgegangen. Diese Tendenz entspricht der in Kapitel 2.1 beschriebenen Prognose.

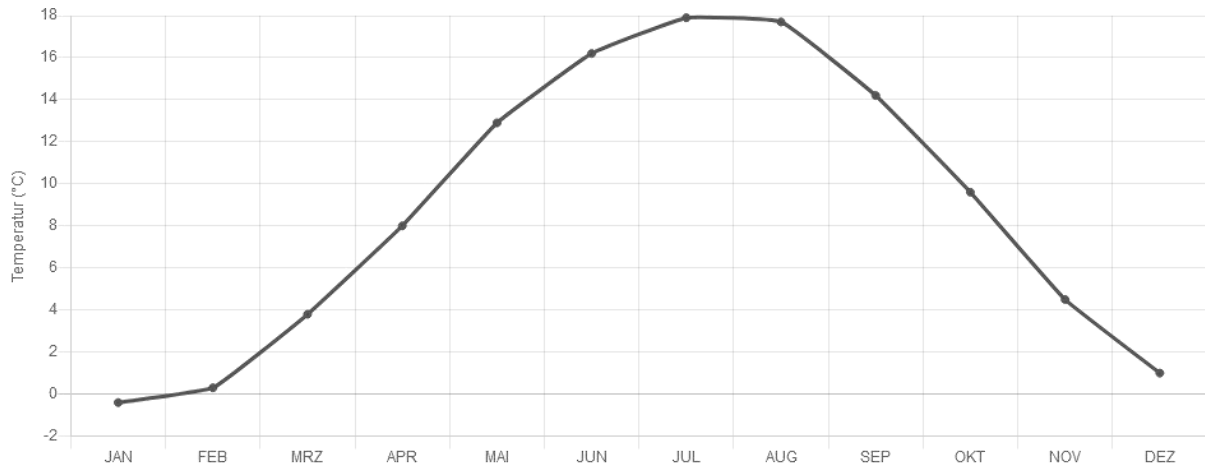


Abbildung 3: Monatliche Mitteltemperatur der letzten 30Jahre in Leipzig (meteostat 2020)

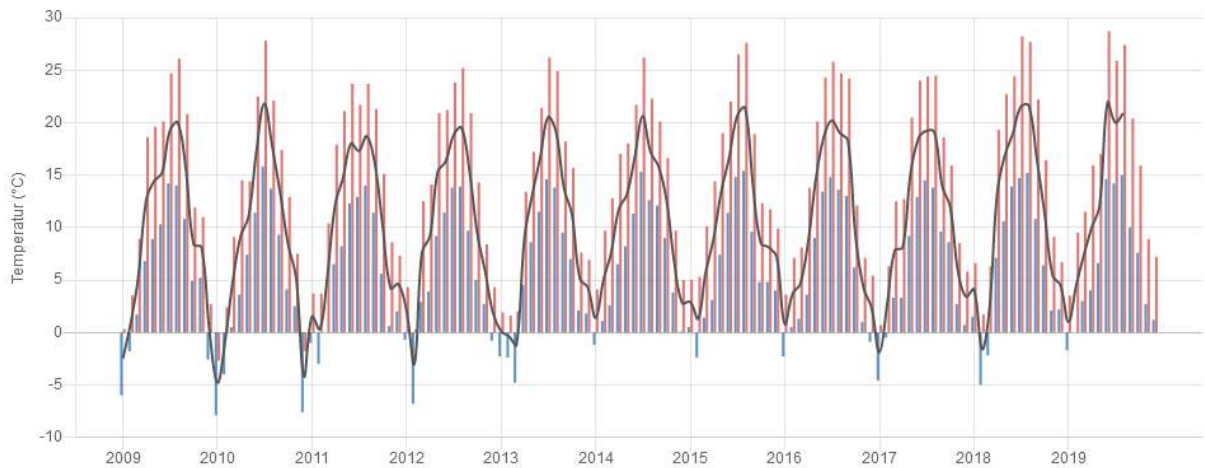


Abbildung 4: Monatliche Temperaturwerte 2009-2020 in Leipzig; \_\_\_Min.Temperatur; \_\_\_Max.Temperatur; \_\_\_Mitteltemperatur (meteostat 2020)

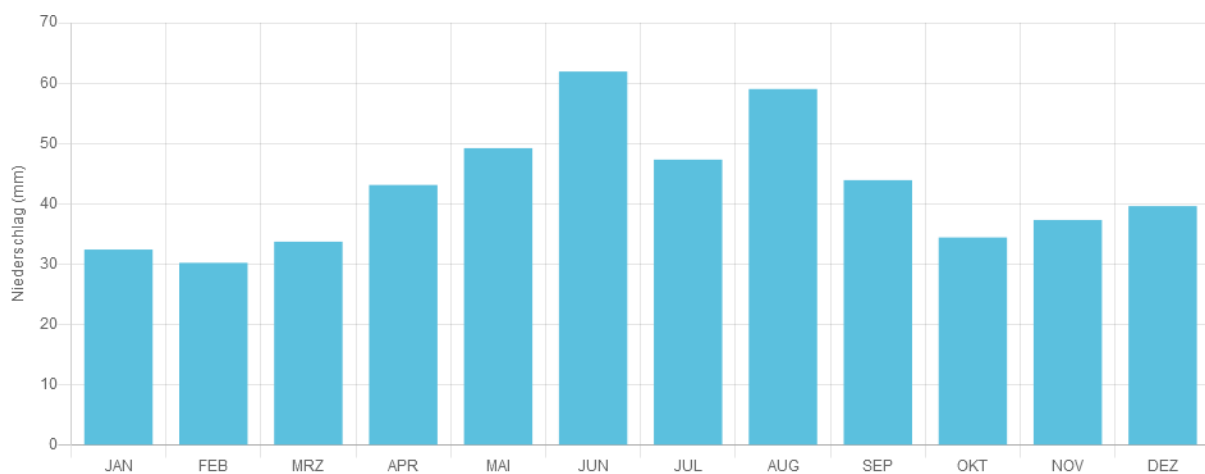


Abbildung 5: Monatlicher Mittlerer Niederschlag der letzten 30 Jahre in Leipzig (meteostat 2020)

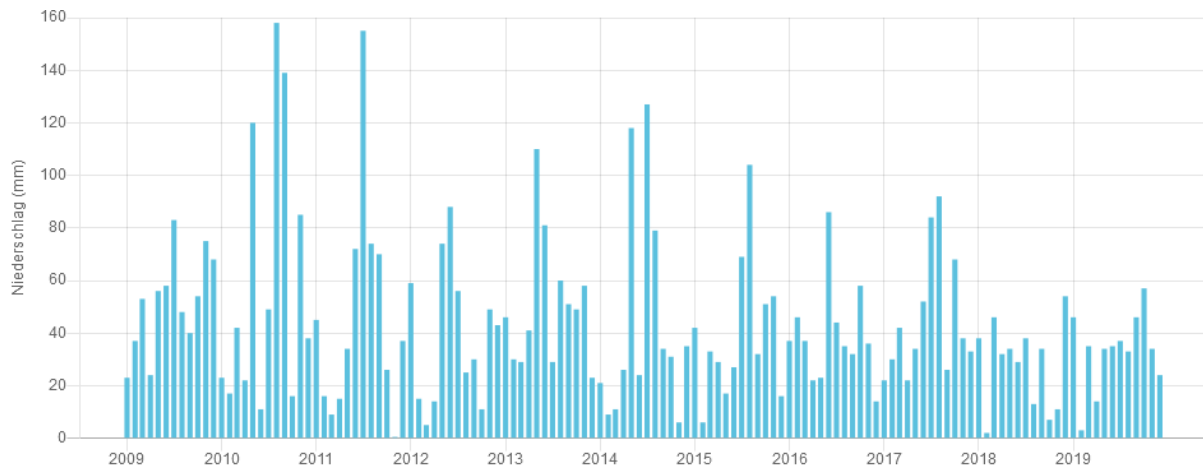


Abbildung 6: Niederschlagsmengen in Leipzig 2009 - 2020 (meteostat 2020)

Die dominierende Windrichtung in Leipzig ist aus West bis Südwest (Windfinder.com 2020).

Leipzig liegt bei der Einstufung in „plant hardiness zones“ („Winterhärte-Zonen“) in Zone 7 a, das heißt hier können Pflanzen wachsen, die Frost bis zu  $-17.8^{\circ}\text{C}$  aushalten (Germany Interactive Plant Hardiness Zone Map 2020).

Der erste Frost tritt hier im Durchschnitt zwischen Anfang und Mitte Oktober und der letzte Anfang Mai ein (Germany Interactive Last Frost Map 2020).

Das bedeutet die Vegetationszeit für Pflanzen, die keinen Frost vertragen, beträgt in Leipzig durchschnittlich 6,5 Monate. In Städten weht aufgrund der dichten Bebauung zwar meist weniger Wind und es ist wärmer als in ländlichen Regionen, allerdings liegt die gegebene Fläche in einem relativ offenen und wenig bebauten Gebiet, sodass man hier nicht von einem Stadtklima ausgehen kann.

#### 4.1.2 Soziographische und infrastrukturelle Standortbedingungen

Paunsdorf ist ein Stadtteil von Leipzig, der sich ca. 6 km nordöstlich vom Zentrum befindet. Der Teil Neu-Paunsdorf, in dem auch das Projekt „Wald&Wiese“ liegt, ist architektonisch durch Plattenbauten geprägt. Laut der offiziellen Internetseite der Stadt Leipzig (Stadt Leipzig 2018a) ist das Plattenbaugebiet Neu-Paunsdorf mit 6290 Wohnungen eine der letzten Großwohnsiedlungen der DDR und der Großteil der Paunsdorfer Bürger wohnt hier. Außer der Plattenbausiedlung prägen noch das zweitgrößte Einkaufszentrum Deutschlands, das Paunsdorf-Center, sowie das Naherholungsgebiet „Grüner Bogen“ das Stadtteilbild.

Neu-Paunsdorf ist von der Stadt Leipzig zum Fördergebiet ernannt worden, da es „problematische sozio-demographische Entwicklungen“ wie eine hohe Arbeitslosenquote (darunter überdurchschnittlich viele Langzeitarbeitslose), einen hohen Anteil an Transferleistungsempfängern und Überalterung aufweist (Stadt Leipzig 2018b).

Das Grundstück grenzt nach Westen an eine schmale Straße an, gegenüber ist ein Freizeitgrundstück mit Pferden, daneben erstreckt sich ein kleines Gewerbegebiet mit Logistikunternehmen, Autoselbsthilfewerkstatt und nur noch teilweise bewirtschafteten Gewächshäusern. Die nördliche Längsseite grenzt an ein verwildertes Grundstück an, welches ähnlich aussieht, wie „Wald&Wiese“ vor drei Jahren. Nach Osten hin schließt sich ein Neubaugebiet an und die westliche Längsseite grenzt, optisch getrennt durch einen alten Drainagegraben und einen ca. 3 m breiten Gehölzstreifen aus Weiden und Pappeln an einen Sport- und Spielplatz an.

#### 4.1.3 Edaphische Standortbedingungen

Die Fläche gehörte bis zur Wende der Gärtnerischen Produktionsgenossenschaft (GPG) an und wurde konventionell gärtnerisch bewirtschaftet. Seit der Wende lag die Fläche bis 2016 brach und es entstand ein von West nach Ost lichter werdender Eschenwald darauf. Die Umgestaltung zum Waldgarten erfolgt seit dem Jahr 2016.

Nach Informationen des Sächsisches Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2008) liegt Leipzig in einer Löss- und Sandlösslandschaft. Diese sind von Lessivierung geprägt, ein Prozess der Tonverlagerung durch Sickerwasser aus dem Oberboden in tiefere Bodenschichten. Eine charakteristische Bodenform, die dabei entsteht, ist die Parabraunerde.

Pseudogley-Parabraunerde oder Parabraunerde-Pseudogley (je nach Gewichtung von Tonverlagerung und Staunässe) ist der am häufigsten vorkommende Bodentyp im Leipziger Stadtgebiet (Stadt Leipzig 2020).

Nach einer detaillierteren Bodenkartierung Leipzigs von Tinapp (2015) gehören die Böden in Paunsdorf entweder zur Gruppe der Reduktosole, Hortisole und versiegelten Flächen oder zur Gruppe der Parabraunerde, Pseudogley und Braunerde aus Sandlöss über Sand und Lehm. Durch Abgleichen der Beschreibungen und Fotos der genannten Bodentypen mit dem selbst erstellten Bodenprofil (siehe Abb.7) ergibt sich die Annahme, dass es sich um eine Pseudogley-Parabraunerde handelt.

Eine Pseudogley-Parabraunerde weist nach Bodensystematik (2020) die Bodenhorizonte Ah/Al-Sw/Bt-Sd/C auf. Zu Oberst ist meist noch der O-Horizont (organischer Auflagehorizont) zu erkennen. Dieser ist auf der Magerwiese relativ gering, was vermutlich an der langjährigen bodenzehrenden Bewirtschaftung liegt. Auch seit der Neuaufnahme der Bewirtschaftung wurde hier nicht viel organische Masse aufgebracht, um Kräuter zu fördern, die eher nährstoffarme Böden bevorzugen. In den anderen beiden Teilen ist der O-Horizont mächtiger. Der A-Horizont ist oben humos (Ah) und unten lessiviert, das heißt an Tonmineralen und daran gebundenen Eisenoxiden und organischer Materie verarmt. Am unteren Ende des Ah-Horizontes ist eine stauwasserleitende Schicht (Sw). Darunter befindet sich der Unterboden Bt, in dem sich die Tonminerale abgelagert haben und einen wasserstauenden, dichten Horizont (Sd)

bilden. Die unterste Schicht (C-Horizont) besteht bei Parabraunerde typischerweise aus schwach verwittertem Ausgangsgestein, in diesem Fall Sandlöss und Geschiebemergel.

Tinapp (2015) beschreibt die Bodenentstehung im Leipziger Raum folgendermaßen:

„Bevor am Ende der Weichsel-Kaltzeit Sandlöss aufgeweht wurde, sorgten Auswehungsprozesse für starke Erosion der Geschiebelehme. Zurück blieben die im Sediment enthaltenen Steine und Blöcke, die heute eine deutliche Marke zwischen den saalezeitlichen Moränenablagerungen und dem vom Wind herangetragenen Sandlöss bilden. Dieser ist heute zu großen Teilen durch die ackerbauliche Nutzung in den Pflughorizont eingearbeitet. Staunässe und parallel ablaufende Tonverlagerung haben einen Übergangsbodentypen in Form eines Parabraunerde-Pseudogleys entstehen lassen.“

Da die Fläche früher sehr staunass war, wurden für die landwirtschaftliche Nutzung zu Zeiten der DDR zwei Drainagegräben erstellt – eine an der kurzen und eine an der langen Seite des Grundstücks. Mittlerweile fließt eventuell entstehendes Stauwasser jedoch eher in Richtung des Teiches im Grünen Bogen, da das hier installierte Drainagesystem vermutlich einen stärkeren Sog verursacht.



O  
=Organischer Auflagehorizont

Ah  
= humoser Oberboden

Al-Sw  
lessivierter Oberbodenhorizont (Al) mit  
stauwasserführender Schicht (Sw)

Bt-Sd  
Unterbodenhorizont mit Ton angerei-  
chert (Bt)  
Geschiebemergel  
wasserstauenden Schicht (Sd)  
und  
Eisenoxidverlagerungen

C-Horizont  
aus  
schwach verwittertem  
Ausgangsgestein

Abbildung 7: Bodenprofil 1m „WaldWiese“/Magerwiese (eigene Aufnahme)



Die Pflanzenverfügbare Bodenwassermenge gleicht der effektiven nutzbaren Feldkapazität (nFKWe) des im Boden gespeicherten Wassers plus Grundwasserkapillarsaum (Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 495)

Da der Grundwasserstand (laut Aussage eines Nachbarn) bei ca.12 m ist, ist eine Wassernachlieferung aus Grundwasserkapillarsaum irrelevant, da dies laut Scheffer und Schachtschabel (2018, S. 498) in sandigem Lehmboden nur bis ca.2,6 m Grundwasserspiegelle funktioniert, in tonigem Boden müsste der Grundwasserspiegel dafür sogar noch höher anstehen.

Der Oberboden als sandiger Lehm hat eine nFKWe von 160mm und nimmt damit eine Mittelstellung zwischen Ton und Schluff ein (Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 496).

Betrachtet man Parabraunerde insgesamt, so wird sie bei einem angenommenen Humusgehalt von 1-4% mit 140-200mm die nFKWe als hoch eingestuft (Scheffer und Schachtschabel 2018, S. 497).

Der pH-Wert des Bodens wurde mit einem pH-Test von Niemdorff ermittelt und ergab laut Farbabgleich auf der Packung einen neutralen pH-Wert (pH~7).

Es wurde eine Fingerprobe (vgl. Abb.8) gemacht, bei der eine Hand voll Oberboden zuerst auf Bleistiftstärke, dann auf halbe Bleistiftstärke gerollt wurde. Da sich das auch noch gut machen ließ, fiel die Probe in die Gruppe von Lehm und Ton. Um hier nochmal zu differenzieren, wurde noch der Quetschtest gemacht, bei dem die Probe nah am Ohr zwischen den Fingern ge-



Abbildung 8: Fingerprobe (eigene Aufnahme)

quetscht wird. Es war ein deutliches Knirschen zu hören, was auf die Bodenart sandiger Lehm schließen lässt (Unterscheidungsmerkmale | bodenwelten).

Anschließend wurde eine Schlämmprobe gemacht, bei dem eine Hand voll Erde, von unterschiedlichen Stellen des Oberbodens in einem Glas mit Wasser vermischt wird. Wenn sich dann die Bodenpartikel wieder setzen, ist eine Schichtung erkennbar. In Abbildung 9 ist zu sehen, dass bei allen drei Proben auch nach dem Absetzen der Erde das Wasser noch trüb ist. Feine Tonpartikel bewirken die Trübung des Wassers. Der auf der Wasseroberfläche schwimmende Moderhumus ist bei der Bodenprobe aus dem Waldlandwirtschaftsbereich am

höchsten, dicht gefolgt von der Probe aus dem Waldgartenbereich, am niedrigsten ist der Humusanteil auf der Magerwiese. In allen drei Proben lässt sich als oberste abgesetzte Schicht von ca.1 cm Ton zu sehen, darunter ein weicher Übergang zu Schluff und zu unterst ca.2 cm Sand. Alle drei Proben sind relativ dunkel gefärbt (am dunkelsten die Probe aus der Waldlandwirtschaft). Die Färbung ist auf Mullhumus zurückzuführen.



Abbildung 9: Schlammproben Waldlandwirtschaft, Waldgarten und Magerwiese (von links nach rechts, eigene Aufnahmen)

Scheffer und Schachtschabel (2018, 87, Tab.3) geben den durchschnittlichen Humusanteil von Pseudogley-Parabraunerden mit 0-8cm im Ah-Horizont (Humusauflagehorizont) an, was verglichen mit anderen Bodentypen gering ist.

Diese Schlussfolgerungen für eine wassereffiziente Bewirtschaftung von „Wald&Wiese“ ergeben sich aus der Bodenart Pseudogley-Parabraunerde:

Der Boden besitzt durch den hohen Tonanteil eine gute Wasserspeicherfähigkeit. Dennoch kann es bei einer Pseudogley-Parabraunerde dazu kommen, dass der lessivierte Oberboden gerade durch die hohe Durchwurzelungsrate in diesem Bereich austrocknet, während der Unterboden noch feucht ist. Um die wasserstauende Schicht (welche durch früheren Maschineneinsatz wahrscheinlich zusätzlich verdichtet wurde) aufzubrechen und darunter liegende Bodenschichten zu durchwurzeln und mit Humus anzureichern, sind Dauerkulturen mit langer starker Pfahlwurzel besonders wichtig. Da der Oberboden relativ humusarm ist, wird auch eine Anreicherung des Bodens mit organischem Material im Oberboden empfohlen. Dies führt hier zu einer verbesserten Wasserspeicherkapazität, da einerseits die Bodenstruktur durch Bildung von stabilen Ton-Humus-Komplexen verbessert wird, Hohlräume gebildet werden und somit die Infiltration begünstigt wird und andererseits Humus wasserspeichernde Eigenschaften hat. Zusätzlich vermindert eine ständige Bodenbedeckung die Evaporation.

## 4.2 Bisherige Planung und Bepflanzung

In Abb.10 ist das Grundstück von oben zu sehen (Stand April 2019). Die detaillierte Kartierung basiert auf dieser Aufnahme und wurde auf Rundgängen mit dem Grundstücksbesitzer um die einzelnen Gestaltungselemente und Pflanzungen ergänzt. Hierbei entstanden mehrere Grobskizzen, die anschließend zusammengefasst und sauber gezeichnet wurden. Die Karte und dazugehörige Legende im Anhang der Arbeit einsehbar. Anmerkung zur Legende: Viele krautige Pflanzen sind in mehreren oder allen Teilen der Fläche vorhanden. Sie wurden für eine bessere Übersichtlichkeit dem Flächenteil zugeordnet, in welchem sie am häufigsten vorkommen.



Abbildung 10: „Wald&Wiese“ aus der Vogelperspektive (Amt für Geoinformation und Bodenordnung, 16.04.2019)

Das Grundstück ist rund 9141m<sup>2</sup> groß (130,55mx70,02m). Es ist durch eine Längs- und 3,5 Querachsen strukturiert und bezüglich der Flächennutzung quer gedrittelt in drei Teilbereiche. Nach der Definition von Jacke und Toensmeier (2005b) können alle drei Bereiche Waldgarten genannt werden, sie werden jedoch zur besseren Unterscheidbarkeit im Folgenden als 1.Waldlandwirtschaft, 2.Waldgarten und 3.Magerwiese bezeichnet. Die Merkmale, welche für die drei Bereiche namensgebend sind, werden in den jeweiligen Kapiteln erläutert. In Anhang 4 sind einige Impressionen von der Fläche zu sehen. Das Grundstück ist umzäunt durch einen Wildschutzzaun, welcher teilweise mit Brombeeren bewachsen ist. Dies soll noch verstärkt werden, da es immer wieder zu Einbrüchen in das Grundstück kommt, welche mit

Zerschneiden des Zaunes einhergehen. Auch andere Rankpflanzen, wie Kiwi und Weinreben finden am Zaun einen Platz. Die Achsen geben der Fläche eine Symmetrie, die zusammen mit anderen, teilweise symmetrisch angeordneten und sich wiederholenden Elementen, wie einem rechteckigen Wasserbecken, einem Brunnen, einem Weidengang, Weidenpergolas, Buchsbäume im Inneren des Kreises und Eiben am äußeren Rand ein gelungenes Gleichgewicht zur bunten Mischkultur darstellen und zusammen mit vielen Kunstobjekten aus Naturmaterialien der Fläche eine sehr ansprechende Ästhetik verleihen. Die nach Süden hin niedriger werdende Vegetation erhöht die Ausnutzung der Sonneneinstrahlung (auch Sonnenfalle genannt) um unnötige Beschattung zu vermeiden und bietet, v.a. mit dem Eschenwald auf der westlichen Seite, der Fläche einen Windschutz. Durch die Vegetation entsteht ein Mikroklima, welches Verdunstung reduziert. Die folgenden Beschreibungen basieren auf eigenen Beobachtungen und auf Gesprächen mit dem „Wald&Wiese“-Gestalter und -Besitzer Thomas Kunzelmann. Das gesamte Interview mit Thomas Kunzelmann ist in Anhang 3 nachzulesen. Für alle folgenden Beschreibungen sollte außerdem im Hinterkopf behalten werden, dass die Planung dynamisch ist, das heißt sich mit der Zeit verändert, da Vegetation an sich dynamisch ist.

#### 4.2.1 Waldlandwirtschaftlicher Bereich

Das vordere Drittel bestand zu Beginn der Bewirtschaftung vor drei Jahren aus einem relativ jungen Wald, mit Eschen als Hauptbaumart. Eschen sind allgemein eine sehr häufig vorkommende Baumart in Leipzig, v.a. im Auenwald.

Die größten Eschen hier haben einen Stammumfang um die 60cm, woraus man schließen kann, dass sie um die 30Jahre alt sind (Jost Benning 2020).

Dies entspricht auch der Zeit, die seit der Wende vergangen ist. Das Grundstück lag seit der Wende brach und die Eschen konnten dort ungestört wachsen, was zeigt, dass hier die natürliche florale Sukzession Wald ist.

Auch dieser Bereich des Grundstückes kann laut Jacke und Toensmeier (S.35-36) Waldgarten genannt werden, da er die Merkmale des Natur-Landwirtschaft-Kontinuums zeigt: Widerstandsfähigkeit, Diversität, funktionelle Verbindungen, Selbsterhalt, selbsterneuernde Fruchtbarkeit, Sonnenökonomie und Nahrungsproduktion.

Da dieser Bereich jedoch im Gegensatz zu den anderen beiden Dritteln aus einem Wald mit bereits geschlossenem Kronendach hervorgeht, passt nach den Kriterien von Mudge und Gabriel (2014) hier eher die Bezeichnung als Waldlandwirtschaft. Der Begriff „Waldlandwirtschaft“ ist eine Übersetzung des englischen „Forest farming“ und beschreibt Wälder mit in der Ausgangssituation geschlossenen Baumkronen, die durch Bewirtschaftung in Richtung mittleren Sukzessionsstadiums mit Nutzung „nichtholziger Produkte“ verschoben wird. Das können

Nahrung, als auch Medizin, Handwerkskunst oder Zierpflanzen sein.

Viele der Eschen sind vom sogenannten „Eschentriebsterben“ betroffen, welches 2007 zum ersten Mal in Deutschland nachgewiesen wurde. Hierbei handelt es sich um eine Pilzkrankheit (verursacht durch den Pilz „Hymenoscyphus fraxineus“), welche v.a. junge Bäume binnen weniger Jahre absterben lässt (Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft 2020).

### **Lichtverhältnisse**

Dies ist der schattigste Bereich der ganzen Fläche. Da jedoch viele der dort noch stehenden Bäume teilweise oder schon ganz tot sind, ist die Baumkrone nicht so dicht, wie es bei einem anderen, mindestens 30jährigen Wald der Fall wäre. Durch das allmähliche Absterben der Eschen werden Lücken frei, in die andere Bäume oder Sträucher gepflanzt werden können bzw. in denen Sämlinge mehr Licht bekommen und größer werden können. Durch die Auslichtung kann auch die Artenzusammensetzung der Krautschicht diversifiziert werden.

Da Eschen ihr Laub aber erst sehr spät im Jahr (Juni) austreiben, haben hier viele Frühblüher sehr gute Bedingungen.

### **Vegetation**

Der Eschenwald wird nach und nach mit anderen, überwiegend heimischen Baum- und Straucharten wie Linde, Rotbuche, Eberesche, Spitz- und Feldahorn, Eichen, Traubenkirsche, Kirschpflaume, Esskastanie, Hasel, u.a. aufgeforstet und somit durchmischt. Auch wilde Sämlinge, wie z.B. Holunder oder Weißdorn haben sich mittlerweile in den Lücken angesiedelt. Zu beiden Seiten des Mittelweges, zum kleinen Tor hin, sind Herbsthimbeeren der Sorte „Golden Everest“ gepflanzt. Himbeeren sind ursprünglich Waldpflanzen, welche im Halbschatten gut gedeihen. Daher ist der Wegesrand ein guter Standort. Des Weiteren wurden einige Frühblüher, wie z.B. Schneeglöckchen, Märzenbecher oder Bärlauch gepflanzt. Im Sommer dominieren Brennnesseln die Krautschicht. Der Übergang zum Waldgarten ist eine klassische Waldrandvegetation mit kleineren Bäumen und Sträuchern und einer sehr diversen Krautschicht bewachsen, wie sie heute nur noch selten vorgefunden wird, da häufig direkt an den die äußersten Großbäume ran gepflügt wird.

### **Boden/Wasser**

Die dominierende Baumart Esche ist relativ wasserbedürftig und genetisch eher tiefwurzeln. Der Boden ist hier humusreicher als in den anderen zwei Abschnitten, da hier schon über längere Zeit Bäume vorhanden sind, die den Boden mit organischer Masse anreichern konnten. Außerdem ist viel Totholz vorhanden, da die meisten abgestorbenen Eschen im Wald gelassen werden und hier langsam verrotten. Holz nimmt schneller Wasser auf, als es wieder abgibt und ist damit ein guter Wasserspeicher. Totholz erfüllt außerdem viele weitere ökologische

Funktionen, z.B. ist es Lebensraum für viele Insekten.

### **Fokus/Potential**

Die absterbenden Eschen können als Bau- und Brennholz genutzt werden.

Der Wald liefert außerdem momentan schon Nahrungsmittel wie Himbeeren, Weißdornbeeren, Ebereschenbeeren, Walderdbeeren, Farne, Bärlauch, Brennessel und weitere Waldkräuter (vgl. Anhang: 2). Viele der jungen Laubblätter sind ebenfalls essbar. Wenn die Nusssträucher und -bäume größer sind, wird es Hasel- und Walnüsse geben. Auch einige Maroni (Esskastanien) wurden gesteckt. Außerdem ist angedacht, hier Pilze zu züchten. Dies ist auf Stämmen als auch auf dem Boden möglich. Ornamentale Pflanzen, wie z.B. Geranium oder Farne können als Zierpflanzen verkauft werden. Verschiedene Waldmaterialien wie Zweige, Rinde, Moos werden auch für floristische Kunstobjekte verwendet. Nicht zu vergessen ist der Waldlandwirtschaftliche Bereich ein wichtiger Rückzugsort für Tiere.

#### 4.2.2 Waldgarten

Hinter dem Eschenwäldchen, am Mittelweg, optisch durch ein Holzgatter davon getrennt, befindet sich der angelegte Waldgarten. Das Kernelement des Waldgartens sind die bogenförmigen Beete, welche, durch zwei zueinander senkrechte Wegachsen in vier Viertel unterteilt, einen Kreis bilden. Hier wurde die sogenannte sofortige Sukzession umgesetzt, das heißt Pflanzen aller Sukzessionsstadien wurden in der Kraut- Strauch- und Baumschicht (hierunter sowohl Pionier- als auch Klimaxbaumarten) zur gleichen Zeit gepflanzt (Jacke und Toensmeier 2005b, S. 41). Teilweise wird hier auch mit gestaffelten Pflanzungen gearbeitet: Starkwüchsige, sonnenliebende Pflanzen, wie z.B. der Wollziest bilden relativ schnell eine dicke Mulchdecke, unter der keine anderen Pflanzen wachsen. So bekommt man eine Fläche relativ schnell und einfach beikrautfrei. Wenn der Wollziest überhandnimmt, können Einzelpflanzen ausgegraben und umgepflanzt, verkauft oder kompostiert/gemulcht werden. Die freigewordene Fläche kann dann mit anderen Pflanzen bepflanzt oder von den Nachbarpflanzen eingenommen werden. Genauso kann auch mit anderen Pflanzen verfahren werden.

Die Pflanzenauswahl ist insbesondere bei den krautigen Pflanzen nicht komplett vorgeplant, sondern teilweise experimentell. Es kann oft nicht genau vorhergesagt werden, welche Pflanzen wo gut wachsen, da es viele Faktoren gibt, die dies beeinflussen, wie z.B. Boden, Schatten/Licht, Wind, Pflanzenkonstellationen, Tiere. Ebendiese Faktoren ändern sich mit der Zeit und beeinflussen sich gegenseitig. So werden beispielsweise in der Nähe eines Jungbaumes lichtbedürftige Pflanzen mit dem Größerwerden des Baumes immer weiter zurückgedrängt, andere, schattenverträglichere Arten etablieren sich. Hier kommt das Prinzip des „sukzessional Intercropping“ ins Spiel. Hierbei werden gezielt zunächst lichtbedürftige, schnellwüchsige und somit ertragreiche Pflanzen zwischen Jungbäume und -sträucher gepflanzt, um die Jahre

mit keinem oder geringem Ertrag bei den Bäumen zu überbrücken. (Jacke und Toensmeier 2005b, S. 42) nennen diese Art der Pflanzung auch „relay planting“, also gestaffeltes Pflanzen. Das können krautige Pflanzen (wie z.B. Feldsalat oder Spinat) unter Jungbäumen aber auch dicht gepflanzte Pionierbäume sein. Beispielsweise war eine der ersten Baumpflanzungen auf „Wald&Wiese“ eine Reihe Birken vor einem Bereich zur Stecklingsanzucht, um hier relativ schnell ein schattigeres und feuchteres Mikroklima zu schaffen und Humus aufzubauen. Die Birken werden mit zunehmender Größe ausgedünnt.

Außerhalb der Beete befindet sich im rechten vorderen Bereich ein kleiner Holzbauwagen, welcher als Imkerwagen genutzt wird, und 16 Bienenstöcke. Ein Teil davon ist überdacht und ein Teil steht frei, umrahmt von einer Benjeshecke. Im linken Randbereich befindet sich eine ca.2x2m große Holzhütte mit nach hinten verlängertem Dach. Das Häuschen dient als Lager- und Pausenraum und unter dem verlängerten Dach findet eine kleine Werkstatt und Kräutertrocknung Platz. Um die Hütte herum ist die Verkaufsfläche für Gestecke, Kräuter u.Ä. Östlich neben der Hütte ist eine Station zur Pflanzenvermehrung, weiter hinten befinden sich ein Kompostklo und eine Feuerstelle.

### **Lichtverhältnisse**

Der Eschenbestand war schon zu Beginn der Bewirtschaftung zur südöstlichen Schmalseite des Grundstückes hin immer lichter, zudem wurden viele Eschen, die sowieso schon abgestorben waren, entfernt und z.B. als Bau Rankhilfen verbaut. Momentan erhält dieser Bereich also verhältnismäßig viel Licht, da die neu gepflanzten Bäume noch klein sind.

### **Vegetation**

Hier wurden für die Baumschicht Obst, Nuss-, Laub- und Nadelbäume (mengenmäßig absteigend) gepflanzt. Sie sind in dem Pflanzschema und der dazugehörigen Tabelle (Anhang 1 und 2) zu sehen. Vereinzelt ältere Bäume (Vogelkirsche, Zwetschge, Walnuss, Esche) stehen an den Rändern des Waldgartenbereiches. Es gibt mehrere Rankgerüste aus Eschenstämmen in Form von Tipis, welche von Kletterpflanzen, wie z.B. Brombeere, Hopfen, Waldrebe bewachsen sind. So kann zusätzlich zur Baum- und Strauchschicht die vertikale Ebene genutzt werden. Unter den Sträuchern befinden sich sowohl Wild- als auch Kultursträucher wie z.B. verschiedene Beerensträucher. In der Krautschicht wurden überwiegend mehrjährige Kräuter, Blumenstauden und Gemüsepflanzen angesiedelt. Im linken Halbkreis der Beetformation wurden im äußersten Beet gezielt Wildkräuter angesiedelt.

### **Boden/Wasser**

Hier sind die meisten Regenauffangbehälter zu finden, nämlich zwei Regentonnen, in welche das Regenwasser vom Dach der Holzhütte und der Werkstatt eingeleitet wird, ein ca.5mx5m und 30cm tiefes Wasserbecken am Übergang zur Magerwiese mittig und eine „Zierfontäne“ im

Zentrum der kreisförmigen Beete. Außerdem sind einige Bottiche im ganzen Waldgarten verteilt, z.Zt. besonders an den Pfirsich- und Aprikosenbäumen, um sie während der Blüte vor potenziellem Frost zu schützen, später um Wasserreservoirs an möglichst vielen Stellen zu haben. Jeweils die ersten drei inneren Beete wurden als Hügelbeete angelegt. Die Erde dafür wurde von den jeweils hinteren Beeten abgetragen, welche dadurch zu Muldenbeeten wurden. Die Beetformen werden in Kapitel 3.2.4 näher beschrieben.

### **Fokus/Potential**

Momentan ist dies der wirtschaftlichste Teil, da schon jetzt der Verkauf von Duft- und Teekräutern als auch (Dauer-)Gemüse, Beeren (später auch Baumobst), Ablegern, Schnittblumen und anderen floralen Elementen (Gestecke, Kränze, etc.) möglich ist. Er bildet außerdem durch die kreisförmigen Beete, die intensivste Bewirtschaftung und die Gebäude, das Zentrum des Grundstücks.

### **4.2.3 Magerwiese**

Das hinterste Drittel kann man mittlerweile als Magerwiese bezeichnen, weil sich hier durch die Bewirtschaftungsweise Kräuter etabliert haben, die für eben solche Landschaften kennzeichnend sind (vgl. Ortner 2013, S. 19). Vorne mittig wurde hier kürzlich eine ca. 80cm tiefe und ca.20m<sup>2</sup> große, asymmetrische Grube ausgehoben, um ein Feuchtbiotop (vgl. Kapitel 4.2. Bewirtschaftungsweise) zu kreieren.

### **Lichtverhältnisse**

Es waren schon zu Beginn der Bewirtschaftung nur wenige Eschen vorhanden, am Nordoststrand wachsen zudem einige ältere Eichen; Nussbäume und Pappeln. Die Mitte der Wiese wird bewusst baum- und strauchfrei gehalten, um hier lichtliebende Arten zu fördern.

### **Vegetation**

Die neu gepflanzten Bäume und Sträucher wachsen zusammen mit dem Altbestand in Baumgruppen an den Rändern der Wiese. Dabei handelt es sich vorwiegend um einheimische Laub- und Nadelbäume und einzelne Nuss- und Obstbäume. Durch wenig Beschattung über längere Zeit hatte sich hier ein dichter Bewuchs an Brombeeren gebildet. Diese wurden zurückgeschnitten, mit Holzfaserplatten abgedeckt und so an den südöstlichen Rand des Grundstücks zurückgedrängt. Dort und überall am Zaun entlang sind sie gewollt, da sie hier eine gute natürliche Barriere gegen Einbrecher bilden. Anfangs dominierten außerdem in der Krautschicht Rainfarn und kanadische Goldrute. Auch diese wurden durch Mahd zurückgedrängt. Verschiedene teils schon vorhandene und teils eingesäte Kräuter (siehe Anhang 2) haben sich mittlerweile etabliert. Längerfristig ist geplant, hier noch mehr Obstbäume anzusiedeln.

### **Boden/Wasser**



Da dieser Flächenteil bewusst nährstoffarm gehalten werden soll, ist dies der humusärmste Teil. Als Wasserretentionsfläche wurde hier das oben beschriebene Feuchtbiotop geschaffen. Die ursprüngliche Idee war, die wasserstauende Tonschicht weiter zu verdichten, so dass sich Regenwasser darin ansammelt. Dies ist bis dato allerdings noch nicht geschehen, daher wird es doch nötig sein, das Feuchtbiotop mit Teichfolie auszukleiden.

### **Fokus/Potential**

Zukünftig lässt sich ein Ertrag von den Obst-, Nuss- und Esskastanienbäumen erhoffen. Brombeeren können schon jetzt jeden Sommer geerntet werden. Auch die Ernte von Kräutern, wie z.B. Oregano ist möglich. Im linken hinteren Bereich ist ein Rosenhalbkreis, der zukünftig eine Bühne für kleine Auftritte, o.ä. beheimaten könnte. Dieser Bereich hat hohen ökologischen Wert sowohl für trockenheits- als auch für feuchtigkeitsliebende Flora und Fauna. Zukünftig ist eine Weitergestaltung zur Streuobstwiese möglich.

### **4.3 Bewirtschaftungsmethoden auf „Wald&Wiese“**

Eine Arbeit, die fast das ganze Jahr über anfällt, ist das Mulchen mit unterschiedlichen Materialien, je nach Bedürfnissen der Pflanzen und Zielen des Mulchens. Auf die flachen Blumen-, Stauden- und Gemüsebeete, die Baumscheiben der Obstbäume und neu gepflanzter Laubbäume, um die Sträucher (v.a. die Beerensträucher) herum wird Strohmist von den Pferden des Nachbarn als Mulch verteilt (Stroh:Mist-Verhältnis ca. 2:1). Dieser hat ein gutes weil ausgewogenes C:N-Verhältnis (~35:1) und eignet sich daher gut zum Düngen (Grünefeld und Schneevoigt 2019, S. 53).

Im Wald, vor allem in den Waldrand, aber auch an andere Bäume und Wildsträucher, die auf der Fläche verteilt sind, wurde Laub eingebracht. Das Laub stammt aus städtischen Laubsammlungen. Hackschnitzel aus städtischem Hecken- und Baumschnitt bedeckt die Wege. Auch diese Schicht muss regelmäßig erneuert werden. Um eine ständige Bodenbedeckung zu erreichen, wird neben dem Auflagemulch auch durch die Pflanzenauswahl Dauerbegrünung angesteuert. Diese besteht teilweise aus Nutzpflanzen im Sinne von „sukzessional Intercropping“, wie in Kapitel 4.2.2 beschrieben. Ein weiteres Merkmal der Bewirtschaftungsmethode auf „Wald&Wiese“ ist, dass möglichst nicht umgegraben wird. Dadurch wird die Bodenstruktur nicht zerstört und Bodenlebewesen nicht gestört. Lediglich bei der Anlage der Beete im Waldgartenbereich wurde umgegraben. Danach wurde versucht, die Beete mit mehrjährigen Kulturen und/oder Mulch möglichst dauerhaft bedeckt zu halten. Bäume und Sträucher werden direkt in die vorhandene Vegetation eingepflanzt, bei starkem Krautbewuchs kann mit Laub/ Tannenzweigen/Strohmist gemulcht werden.

Die Hügelbeete bestehen aus Erde, die teils aus den jeweils dazwischenliegenden Muldenbeeten und teils aus dem Feuchtbiotop ausgehoben wurde. Die Grassoden bilden als organisches, verrottbares Material das Innere der Hügelbeete und die darunterliegende, Erde das Äußere. So ist das Beikrautpotenzial der Hügelbeete minimiert. Da auf den Hügelbeeten hauptsächlich Kräuter kultiviert werden, welche nährstoffarme Böden bevorzugen, wurde nur wenig organisches Material in die Hügelbeete eingebracht. Nährstoffbedürftigere Kulturen, wie verschiedene Gemüsearten und Schnittblumen, werden in den strohmistgedüngten Muldenbeeten kultiviert.

#### 4.4 Hintergründe, Visionen und Einschätzung zur Wassereffizienz durch den Waldgartengestalter Thomas Kunzelmann

Thomas Kunzelmann ist der Besitzer und Bewirtschafter des Beispielprojektes „Wald&Wiese“. Die bisherige Planung und Umsetzung sind hauptsächlich auf seinen Schultern entstanden. Ergänzend zu den Informationen aus Gesprächen und gemeinsamen Geländebegehungen, welche bereits in die vorhergehenden Kapitel eingeflossen sind, wurde ein semi-strukturiertes Interview entworfen und durchgeführt, welches in Anhang 3 nachzulesen ist. Die Fragen wurden so ausgesucht, dass man Hintergrundinformation zur Planung und Entstehung des Waldgartens erhält, näheres zu Ideen und Visionen des Gestalters, als auch seine Einschätzung bezüglich der Wassereffizienz des Grundstücks erfährt. Die Fragen wurden offen und ohne Nachfragen gestellt. Das gesamte Interview wurde aufgenommen und anschließend transkribiert. Hier die zusammengefasste Version:

Thomas Kunzelmann hat im Laufe seiner beruflichen Laufbahn viele verschiedene Wirtschafts- und Produktionsformen kennengelernt, sodass er bei „Wald&Wiese“ aus seinem vollen Erfahrungsschatz schöpfen konnte. Da die Fläche mittlerweile als Wald deklariert war, war die Nutzungsform vorgegeben, welche trotzdem eine vielfältige Nutzung („Wald, Wiese und gärtnerische Nutzung“) ermöglicht. Ihm war von Anfang an wichtig, Pädagogik, Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit, Erhalt von Biodiversität und das Grundprinzip von Kreislaufwirtschaft auf der Fläche zu vereinen. Er möchte die Fläche nicht für sich alleine beanspruchen, sondern gerne sein Umfeld mit einbeziehen.

Bei der Pflanzenauswahl hat Thomas darauf geachtet, dass die Pflanzen einheimisch sind, and die jeweiligen Standorte angepasst sind, vielfältige Nutzungsmöglichkeiten für Mensch als auch Natur haben und eine große Artenvielfalt entsteht. Dafür hat er die bereits am Standort und in der Umgebung vorhandene Vegetation, Boden und Lichtbedingungen studiert und zusätzlich passende, überwiegend einheimische Pflanzen aus dem Großraum Leipzig eingebracht. Im Waldgartenbereich, in dem (auf die Gesamtfläche betrachtet) die meisten nicht-

einheimischen bzw. Kulturpflanzen Pflanzen wachsen, hat er wiederum den Boden zu Hügel- und Muldenbeeten modelliert, um ihn den Standortansprüchen verschiedener Pflanzen anzupassen.

Invasive Arten, wie z.B. die kanadische Goldrute, welche große Teile der Fläche bedeckte und andere Pflanzen unterdrückte, wurden durch z.B. Mahd zurückgedrängt.

Thomas Kunzelmann findet „Wald&Wiese“ momentan noch nicht wassereffizient. Seiner Aussage nach war die Fläche früher wassereffizient, als sie noch nicht so stark durch Drainage entwässert und durch die konventionelle Bewirtschaftung verdichtet und enthumifiziert wurde. Er hält Humusaufbau, Bildung von Wasserretentionsflächen, angepasste Pflanzenauswahl und Mischkultur für geeignete Methoden, um die Fläche wieder wassereffizient werden zu lassen.

Für die Zukunft wünscht er sich eine gute Entwicklung des Waldgartens zu einem stabilen System, auch mit einer veränderten Klimasituation zurechtkommt, sich selbst erhält, biologische Vielfalt bietet und eine sanfte Nutzung zulässt.

## 5 Beurteilung von „Wald&Wiese“ hinsichtlich der Wassereffizienz

In Tabelle 1 sind Kriterien von Wassereffizienz, wie sie größtenteils bereits in Kapitel 3 erläutert wurden, aufgelistet und stichpunktartig deren praktische Umsetzung auf „Wald&Wiese“ beurteilt.

Tabelle 1: Beurteilung der Wassereffizienz auf „Wald&Wiese“

	Gut	kritisch/verbesserungswürdig
<b>Pflanzenauswahl</b>		
Angepasstheit an Standort	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es werden überwiegend heimische Arten verwendet</li> <li>- die Fläche ist in 3 unterschiedliche Vegetationszonen eingeteilt, in welchen den Licht- und Wasserbedingungen entsprechende Pflanzen wachsen</li> <li>- es wurden Tal- und Hügelbeete gebaut, um den Standortbedingungen verschiedener Pflanzen gerecht zu werden</li> <li>- in Hinblick auf den Klimawandel wurden viele trockenheitstolerante Pflanzen integriert</li> <li>- Windschutz durch Eschenwald an westlicher Stirnseite des Grundstücks</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- einjährige Kulturen mit hohem Wasserbedarf (Gemüse und Schnittblumen)</li> <li>- einige Neupflanzungen haben (teilweise trotz zusätzlicher Bewässerung) nicht überlebt</li> </ul>
Mehrjährige Kulturen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mehrjährige Kulturen überwiegen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- viele der Bäume und Sträucher sind tendenziell Flachwurzler</li> </ul>

	Gut	kritisch/verbesserungswürdig
	- darunter einige potenziell tiefwurzelnende Kulturen	
Mischkultur	- Mischkulturen mit unterschiedlichen (Wasser-) Bedarfen zu unterschiedlichen Zeiten und/oder in unterschiedlichen Bodentiefen	- die Pflanzengesellschaften könnten noch optimiert werden.
Mulchlieferranten	- einige bedeutende Mulchlieferranten, wie z.B. Beinwell, Farne, Laubbäume, sind vorhanden	- momentan noch nicht genügend mulchlieferrnde Pflanzen, sodass noch Mulchmaterial von extern eingebracht werden muss
Bodendecker	- es sind bereits einige winterharte Bodendecker vorhanden	- der Anteil an nicht winterharten Bodendeckern überwiegt - in der Trockenwiese und im Wald hauptsächlich Moos als winterliche Bodendecker, ansonsten Totmulch
Multifunktionalität	- weitestgehend gegeben, da die meisten vorhandenen Pflanzen mehr als eine Funktion erfüllen	
<b>Bodenverhältnisse und Bewirtschaftungsmethoden</b>		
Bodeneigenschaften	- Parabraunerden haben eine hohe nFKWe - sandiger Lehm des Oberbodens hat eine gute Wasserspeicherkapazität - Evaporationsrate niedrig durch nahezu vollständige Bodenbedeckung rund ums Jahr	- es bedarf noch mehr Tiefwurzler, um die wasserstauende Tonschicht im Boden an möglichst vielen Stellen zu durchwurzeln - weitere Methoden, wie z.B. Terra Preta können noch ausprobiert werden
Stabiles Bodengefüge	- Erhalt des Bodengefüges durch größtenteils minimale, nicht wendende Bodenbearbeitung - Aufbau einer stabilen Bodenstruktur durch hohe Zufuhr an organischer Masse - Durchwurzelung wird durch viele mehrjährige Kulturen gefördert	- manche Beete wurden zu Beginn der Bewirtschaftung umgegraben, um ein reines Saat- bzw. Pflanzbeet zu erhalten
Humus	- humusaufbauende Bewirtschaftungsweise durch Eintrag von viel organischem Material	- noch nicht ausreichend organisches Material auf allen Beeten
Wasserretentionsflächen	- Regentonnen - Wasserbecken - Muldenbeete - Feuchtbiotop	- Untergrund des Feuchtbiotops staut kein Wasser → Auslegen von Teichfolie nötig
Hügelbeete	- vorhanden und für trockenheits- und wärmeliebende Kulturen genutzt	- flach angelegt wg. Annahme, dass Wind sie sonst zu sehr austrocknen würde - könnten auch noch in anderer Zusammensetzung für Gemüse angelegt werden
Bodenbedeckung	Nahezu die gesamte Fläche ist rund ums Jahr mit Lebend- oder Totmulch bedeckt	- Auf den Beeten, die über den Winter nicht bedeckt waren, ist nun relativ hoher Beikrautdruck - der Auflagemulch müsste eigentlich im

	Gut	kritisch/verbesserungswürdig
		Frühling von den Beeten geräumt werden, damit sich der relativ schwere Boden besser erwärmt (aber Boden trocknet dabei aus und Beikrautdruck steigt)
Bodenwasserschutz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine Schadstoffquellen aus Bewirtschaftungsweise</li> <li>- Schutz vor Stickstoffauswaschung durch Dauerbegrünung, Mischkultur und Humus</li> </ul>	- Schadstoffeintrag aus Verkehr möglich (stark befahrene Straßen in der Nähe)

## 6 Diskussion

Auf „Wald&Wiese“ werden die Kriterien von Wassereffizienz schon relativ gut umgesetzt. Dass die Effizienz im Sinne von hohem Output bei niedrigem Input momentan noch nicht gegeben ist, liegt hauptsächlich daran, dass sich das Projekt in der Anfangsphase befindet. Die meisten neugepflanzten Bäume und Sträucher sind noch nicht in der Hauptertragsphase und Humusaufbau ist ein langsamer Prozess, der über mehrere Jahre hinweg stattfindet. Alle Gestaltungs- und Bewirtschaftungsmethoden, die jetzt umgesetzt werden, zielen jedoch darauf ab, „Wald&Wiese“ zu einem wassereffizienten System zu machen. Wie in Kapitel 4.2.2 unter dem Stichwort „sukzessional intercropping“ beschrieben, kann hier zum Teil die Kultivierung von lichtbedürftigere Gemüse- und Kräuterarten den Minderertrag der jungen Bäume und Sträucher aufwiegen.

Die Mulchmaterialien als solche sind zwar gut an die jeweiligen Verwendungsorte angepasst (Laub im Wald und auf Baumscheiben, Strohmist auf den Beeten, Hackschnitzel auf den Wegen), die Problematik liegt jedoch in der Herkunft der Materialien. Konventionelles Stroh kann mit Halmverkürzern oder Pestiziden behandelt worden sein und dadurch auf die damit gemulchten Pflanzen wuchshemmend wirken. Besser wäre es, Stroh von Gerste, Triticale, Roggen oder Hafer, da hier meist keine Halmverkürzer verwendet werden, oder am besten Stroh aus ökologischem Landbau zu nehmen (Grünefeld und Schneevoigt 2019, S. 50).

Die Problematik beim Mulchen mit Laub aus städtischen Laubsammlungen ist, dass darin evtl. enthaltenes Straßenlaub mit Schwermetallen behaftet sein kann. Um das herauszufinden wäre eine Laboruntersuchung nötig.

Hackschnitzel können wiederum mit Pilzkrankheiten und Krebs befallen sein (Grünefeld und Schneevoigt 2019, S. 46).

Aus Mangel an erschwinglichen Alternativen werden dennoch diese Materialien verwendet und bisher wurden keine der genannten negativen Effekte daraus beobachtet.

Am schwierigsten zu beurteilen ist die tatsächliche Durchwurzelung des Bodens allein mithilfe

des theoretischen Hintergrundes. Der genetisch vorgegebene Wurzeltyp verschiedener Kulturen (v.a. der Bäume und Sträucher) wird in der Literatur teilweise sehr unterschiedlich angegeben. Außerdem beeinflussen die Bodenverhältnisse, wie in Kapitel 3.1.2 beschrieben, maßgeblich die Ausbildung des Phänotyps der Wurzel. Es ist also möglich, dass die meisten adulten Bäume auf der Fläche durch frühere Stauwassereinflüsse eine eher flache Wurzel ausgebildet haben. Es ist genauso möglich, dass die anlagebedingten Tiefwurzler unter den jüngeren Sämlingen und neu gepflanzten Bäumen ihre Pfahlwurzel auch im adulten Stadium beibehalten und tiefere Bodenschichten durchwurzeln werden, aufgrund a) der Drainage und b) trockeneren Klimas. Ohne mehrere Bodenprofile zur Untersuchung der Wurzeltiefe zu graben, kann man den Wurzelwuchs nur vage anhand von Beobachtungen, wie gut die Bäume und Sträucher nach einigen Jahren wachsen, beurteilen. Dabei muss auch immer das Klima in die Einschätzung mit einbezogen werden. Nicht zu missachten ist, dass die bodenaufbauende Bewirtschaftungsweise zu einer verbesserten Wasserspeicherkapazität im Oberboden führt und guter Wuchs auch darauf zurückzuführen sein kann.

Trotz der Tatsachen, dass Bäume und Sträucher, wie in Kapitel 3.1.2 und 3.1.3 beschrieben, untereinander Wurzelverbindungen eingehen, feuchte Mikroklimata mit geringerer Verdunstungsrate kreieren, den Boden mit Humus anreichern und die Bodenwasserspeicherefähigkeit verbessern, kann dennoch eine Konkurrenz um Wasser, Nährstoffe und Licht auftreten. Es bedarf also viel Wissen und gutes Management, um diese Konkurrenz möglichst gering zu halten. Die mehrschichtige Nutzung und Stabilität des Systems kann einen aus Konkurrenz resultierenden Minderertrag prinzipiell wieder aufwiegen. Und letztlich zählen nicht nur die durch den Menschen verwendbaren Pflanzenteile zum Ertrag, sondern wie bereits erwähnt, auch Biodiversität, Ökosystemdienstleistungen, Umweltbildung und -erleben und ein geringerer Bedarf an Input in Form von Material, Zeit und Energie.

Um die Wassereffizienz des Waldgartens exakter beurteilen zu können, wäre die Erstellung einer Wasserbilanz oder des „Wasserausnutzungskoeffizienten der Photosynthese“ (Lösch 2001, S. 412) hilfreich.

Dies erfordert jedoch einige umfangreiche Untersuchungen und deren Auswertung. Denkbar wäre dies in einer aufbauenden Arbeit (z.B. Masterarbeit).

Eine weitere Beurteilungsmöglichkeit der Wassereffizienz wäre, den Wasserfußabdruck (virtuellen Wasserabdruck) der von „Wald&Wiese“ stammenden Produkte zu messen. Auch hierzu wären jede Menge Daten nötig. Tendenziell kann aber gesagt werden, dass die Produkte von „Wald&Wiese“ einen geringen internen Wasserfußabdruck haben, da sie z.B. kaum bewässert werden und kein Wasser verunreinigen (vgl. Kapitel 3.2.6) und dass ihr externer Wasserfuß-

abdruck gegen Null geht, da sie kaum importierte Produkte beanspruchen (Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e.V 2020).

Messungen des Wasserverbrauchs pro Ertragseinheit allein wären nicht aussagekräftig über die Wassereffizienz, wie sie in dieser Arbeit definiert ist, da diese von weiteren Faktoren, wie Vegetation, Bodenart und Bewirtschaftungsart stark beeinflusst wird. Die gewählten Kriterien sind zwar schwieriger zu beurteilen, aber dafür holistischer, da hierbei das Ökosystem mit seinen vielen Wechselwirkungen betrachtet wird.

## 7 Möglichkeiten und Potentiale des Projektes

Das Grundstück soll so lange wie nur möglich als Waldgarten erhalten bleiben. Dies ist durch das Prinzip der weitestgehenden Selbsterhaltung (vgl. Kapitel 2.2) einfacher umzusetzen als bei einem Gemüsegarten mit einjährigen Kulturen. Es wäre aus dem Grund sehr wünschenswert, dass „Wald&Wiese“ auch in mehreren Jahrzehnten noch besteht, denn das Ertragspotenzial eines Waldgartens wird mit den Jahren immer weiter ausgeschöpft (Bäume und Sträucher kommen in die ertragreichsten Jahre) und gleichzeitig gesteigert (Bodenfruchtbarkeit verbessert sich stetig) werden kann. Doch nicht nur das Ertragspotenzial von „Wald&Wiese“ ist groß, auch das Nutzungspotential ist groß und vielseitig.

Die Multifunktionalität des Projektes zeigt sich auf drei Ebenen: Ökologisch, sozial und ökonomisch.

Ökologisch gesehen ist ein Waldgarten durch die vielen verholzenden Pflanzen und die konservierende und humusaufbauende Bewirtschaftungsweise ein wichtiger CO<sub>2</sub>-Speicher. Je länger eine Pflanze lebt, umso mehr CO<sub>2</sub> kann sie speichern. Ein Baum beispielsweise speichert 1/3 CO<sub>2</sub> in Form von Kohlenstoff in der oberirdischen Biomasse, und 2/3 unterirdisch in den Wurzeln (welche 20-40% der oberirdischen Biomasse ausmachen), über abgestorbene Teile wie Blätter und Feinwurzeln, als auch mittels Wurzelexsudaten (Toensmeier 2016, S. 22).

Auf makroklimatischer Ebene kann eine begrünte Fläche in der Stadt, wie bereits in Kapitel 2.1 erwähnt, eine in dicht bebauten Gebieten erhöhte Erwärmung teilweise ausgleichen und durch die Einteilung in verschiedene Biotope (Wald, Waldgarten/Magerwiese/Feuchtbiotop) entstand bereits eine hohe biologische Vielfalt.

Auf sozialer Ebene gibt es durch die urbane Lage ein breites Publikum, welches man mit verschiedenen Angeboten in das Projekt einbinden kann. Ein niedrigschwelliges Angebot ist, den Ort als Schaugarten für Anwohner und Interessierte zu öffnen. Es gibt Tage der offenen Tür, an denen das Projekt besucht und kennengelernt werden kann. 2019 fanden außerdem

bereits umweltpädagogische Angebote mit Kindergärten und Grundschulklassen statt. Das Angebot an gezielten Bildungsangeboten zu verschiedensten Themenbereichen, wie Umweltschutz, Landwirtschaft, Ernährung, Naturheilkunde und vieles mehr, mit unterschiedlichen Altersgruppen kann noch ausgeweitet werden. Es ist außerdem denkbar, Kooperationen mit Forschungseinrichtungen wie der Universität Leipzig oder dem Umweltforschungszentrum (UFZ) einzugehen und Experimentierfläche zur Verfügung zu stellen.

Auch ökonomisch wird das Projekt schon genutzt. Ein Erlös wird beispielsweise mit dem Verkauf von Honig, Kräutern, Jungpflanzen, Gestecken und anderen floralen Objekten, als auch mit den Umweltbildungsveranstaltungen erzielt. Zukünftig könnten noch Obst und Pilze, evtl. auch Gemüse verkauft werden. Angedacht ist auch, das Angebot an eigenen Veranstaltungen und Workshops zu erweitern oder auch die Fläche an andere Anbieter zu vermieten.

Da zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit die „Corona-Krise“ ausgebrochen ist, soll die Bedeutung von selbstbestimmter und stabiler, da im kleinen Kreislauf und lokal wirtschaftender, Nahrungsmittelproduktion im Sinne der Ernährungssouveränität, wie es in „Wald&Wiese“ der Fall ist, auch erwähnt sein.

Dieser Waldgarten stellt mit seinem experimentellen Charakter ein Modell- oder Pilotprojekt dar mit Übertragbarkeit auf andere Orte, wenn auch nur begrenzt. Denn Waldgärten sind keine Universalmodelle für Wassereffizienz weltweit. In Trockengebieten sind tief wurzelnde Pflanzen angewiesen auf Wasserreserven aus tiefen Bodenschichten, die sich nur langsam durch seltene Niederschläge auffüllen. Pflanzte man hier viele Tiefwurzler, so riskiert man einen sinkenden Grundwasserspiegel. Ein Beispiel dafür ist der Raum Odessa in der Ukraine. Dort wurde zum Schutz vor Wind aufgeforstet, obwohl die natürliche Vegetation dort Steppe ist (Kutschera und Lichtenegger 2002, S. 136).

Es ist also immer ratsam, dem natürlichen Sukzessionsverlauf entsprechend zu wirtschaften

## 8 Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund des Klimawandels wird es zunehmend wichtiger, bezüglich der Wassereffizienz nachhaltige Landnutzungsformen zu finden. Das Ziel der Arbeit war es, Kriterien für Wassereffizienz in einem Waldgarten zu erarbeiten und das Beispielprojekt „Wald&Wiese“ mit diesen Kriterien abzugleichen. Hierfür wurden zunächst die Begriffe Waldgarten und Wassereffizienz im Kontext der vorliegenden Arbeit definiert. Die Landnutzungsart Waldgarten beinhaltet zwar immer Mehrschichtigkeit, Multifunktionalität, und Selbsterhalt, in ihrer Erscheinungsform sind Waldgärten dennoch sehr unterschiedlich. Deswegen wurden an den Einzelfall adaptierbare Kriterien bezüglich des Ökosystems, der Pflanzenauswahl (Stand-



ortangepasstheit, mehrjährige Kulturen, Mischkultur, Mulchlieferanten, Bodendecker und Multifunktionalität) und der Bodenverhältnisse und Bewirtschaftungsmethoden (stabiles Bodengefüge, Humusaufbau, Wasserretentionsflächen, Hügelbeete, Bodenbedeckung und Bodenwasserschutz) erarbeitet. Im weiteren Teil folgte die Vorstellung des Projektes „Wald&Wiese“. Klimatische, soziographische, infrastrukturelle und edaphische Standortbedingungen wurden recherchiert, beobachtet und analysiert. Für die Bestimmung der Bodenart wurde ein Bodenprofil gegraben, eine Fingerprobe, eine Schlämmprobe und ein pH-Test gemacht und mit Angaben aus der Literaturrecherche abgeglichen. Das Grundstück wurde mithilfe des Grundstücksbesitzers kartiert. In der per Hand gezeichneten Karte sind alle Bauten, Bäume und Sträucher enthalten, als auch die verschiedenen Bereiche der krautigen Pflanzen. Die drei unterschiedlichen Bereiche „Waldlandwirtschaft“, „Waldgarten“ und „Magerwiese“ wurden allgemein und speziell bezüglich Lichtbedingungen, Vegetation, Boden/Wasser und Fokus/Potential beschrieben. Anschließend folgte analog zur Literaturrecherche ein Kapitel über die Bewirtschaftungsmethoden auf „Wald&Wiese“. Viele informelle Gespräche mit dem Grundstückbesitzer und -gestalter, als auch ein transkribiertes Interview dienten dabei als Informationsquelle. Das zusammengefasste Interview schließt die Vorstellung von „Wald&Wiese“ ab. Im Ergebnisteil wurden die zuvor erarbeiteten Kriterien von Wassereffizienz tabellarisch aufgelistet und „Wald&Wiese“ daran abgeglichen, inwieweit es die Kriterien erfüllt. Es konnte dargestellt werden, dass das Grundstück schon auf einem guten Weg zur wassereffizienten Landnutzung ist, nur wenige Punkte, wie z.B. den Bezug der Mulchmaterialien oder Optimierung der Pflanzengesellschaften gab es zu bemängeln. Die Diskussion stellte klar, dass es schwierig ist, die Wassereffizienz eines Grundstückes mit den gewählten Kriterien valide zu beurteilen. Zusätzliche Untersuchungen, wie z.B. eine Wasserbilanzierung wären hilfreich, jedoch im Rahmen einer Bachelorarbeit nicht machbar. Die Frage, ob „Wald&Wiese“ wassereffizient ist, lässt sich hiermit also nicht endgültig beantworten. Es ist jedoch eine deutliche Tendenz in Richtung Wassereffizienz erkennbar und die erarbeiteten Kriterien bieten gute Anhaltspunkte für die Anlage und Bewirtschaftung eines wassereffizienten Waldgartens.

## Literaturverzeichnis

- Ahl, Christian; Gernandt, Peter; Jörgensen, Rainer Georg (2013): Aspekte und Grundlagen der Bodenkunde. 37. Aufl. Göttingen und Witzhenhausen: Eigenverlag.
- Avila, Angela Luciana de; Albrecht, Axel (2017): Alternative Baumarten im Klimawandel. Artensteckbriefe : eine Stoffsammlung. Freiburg: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), zuletzt geprüft am 15.04.2020.
- BayCMS (2020): Bodenphysik: Forschung: Forschung. Online verfügbar unter [https://www.bayceer.uni-bayreuth.de/soilphysics/de/forschung/gru/html.php?id\\_obj=141521](https://www.bayceer.uni-bayreuth.de/soilphysics/de/forschung/gru/html.php?id_obj=141521), zuletzt aktualisiert am 23.03.2020, zuletzt geprüft am 23.03.2020.
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2020): Bedeutung des Humus für die Bodenfruchtbarkeit. Online verfügbar unter <https://www.lfl.bayern.de/iab/boden/031125/>, zuletzt aktualisiert am 16.03.2020, zuletzt geprüft am 16.03.2020.
- Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2020): Das Eschentriebsterben. Online verfügbar unter <http://www.lwf.bayern.de/waldschutz/monitoring/063829/index.php>, zuletzt geprüft am 02.02.2020.
- Bodensystematik (2020). Online verfügbar unter [https://www.bodensystematik.de/bodentypen.php?par\\_ctd=42&par\\_parent\\_sid=1082&par\\_sid=1082&par\\_status=4&par\\_akt\\_abteilung=1001&par\\_akt\\_klasse=1081&par\\_akt\\_typ=1082&par\\_akt\\_subtyp=0&par\\_selected\\_index=8](https://www.bodensystematik.de/bodentypen.php?par_ctd=42&par_parent_sid=1082&par_sid=1082&par_status=4&par_akt_abteilung=1001&par_akt_klasse=1081&par_akt_typ=1082&par_akt_subtyp=0&par_selected_index=8), zuletzt aktualisiert am 11.03.2020, zuletzt geprüft am 11.03.2020.
- Bücker, Amelie Desiree Luisa (Hg.) (2012): Geoessource Wasser - Herausforderung globaler Wandel. Ansätze und Voraussetzungen für eine integrierte Wasserressourcenbewirtschaftung in Deutschland. Unter Mitarbeit von Monika Damm. Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. Berlin: Springer (Acatech Position). Online verfügbar unter [http://web.archive.org/web/20160328002552/http://www.acatech.de:80/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Stellungnahmen/acatech\\_POSITION\\_Geoessource\\_WEB.pdf](http://web.archive.org/web/20160328002552/http://www.acatech.de:80/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Stellungnahmen/acatech_POSITION_Geoessource_WEB.pdf).
- Büschken, Volker (2020): Sind Feigen Tief- oder Flachwurzler ? - Ficus Carica. Online verfügbar unter <http://feigen.bueschken.com/faq/sind-feigen-tief-oder-flachwurzler/>, zuletzt aktualisiert am 20.03.2020, zuletzt geprüft am 20.03.2020.
- Climat-Data.org (Hg.) (2020): Klima Leipzig: Wetter, Klimatablelle & Klimadiagramm für Leipzig - Climate-Data.org. Online verfügbar unter <https://de.climate-data.org/europa/deutschland/sachsen/leipzig-6378/>, zuletzt aktualisiert am 09.03.2020, zuletzt geprüft am 09.03.2020.
- Duden | Effizienz | Rechtschreibung, Bedeutung, Definition, Herkunft. Online verfügbar unter <https://www.duden.de/rechtschreibung/Effizienz>, zuletzt geprüft am 18.02.2020.
- Germany Interactive Last Frost Map (2020). Online verfügbar unter <https://www.plantmaps.com/interactive-germany-last-frost-date-map.php>, zuletzt aktualisiert am 01.03.2020, zuletzt geprüft am 01.03.2020.
- Germany Interactive Plant Hardiness Zone Map (2020). Online verfügbar unter <https://www.plantmaps.com/interactive-germany-plant-hardiness-zone-map-celsius.php>, zuletzt aktualisiert am 01.03.2020, zuletzt geprüft am 01.03.2020.
- Grünefeld, Dettmer; Schneevogt, Margret (2019): Das Mulchbuch Praxis der Bodenbedeckung im Garten. 4. Aufl. Darmstadt: pala-verlag.
- Hampicke, Ulrich; Küstner, Anett; Litterski, Birgit; Schäfer, Achim (2018): DBU - Sukzessionswälder als Flächennutzungsalternative | Projektdatenbank. Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Online verfügbar unter [https://www.dbu.de/projekt\\_23880/01\\_db\\_2848.html](https://www.dbu.de/projekt_23880/01_db_2848.html), zuletzt aktualisiert am 15.04.2020, zuletzt geprüft am 15.04.2020.
- Hart, Robert A. de J. (1994): Die Wald-Gärtnerei. Steyerberg: PiKS-Verl.
- Holzer, Sepp (2008): Sepp Holzers Permakultur. Praktische Anwendung für Garten, Obst und Landwirtschaft. 4. Aufl. Graz: Stocker.

- Jacke, Dave; Toensmeier, Eric (2005a): Ecological design and practice for temperate climate permaculture. 1. print. White River Junction, Vt.: Chelsea Green (Edible forest gardens, / Dave Jacke with Eric Toensmeier ; Volume 2).
- Jacke, Dave; Toensmeier, Eric (2005b): Ecological vision and theory for temperate climate permaculture. 1. print. White River Junction, Vt.: Chelsea Green (Edible forest gardens, / Dave Jacke with Eric Toensmeier ; Volume 1).
- Jost Benning (2020): Baum Alter bestimmen | Baumportal, zuletzt geprüft am 02.02.2020.
- Kutschera, Lore; Lichtenegger, Erwin (2002): Wurzelatlas mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher (Wurzelatlas-Reihe).
- Lösch, Rainer (2001): Wasserhaushalt der Pflanzen. 61 Tabellen. 1. Aufl. (UTB für Wissenschaft : Große Reihe).
- meteostat (Hg.) (2020): Leipzig-Schkeuditz - Wetterrückblick & Klimadaten - meteostat. Online verfügbar unter <https://meteostat.net/de/station/10469?t=2009-01-01/2020-03-08>, zuletzt aktualisiert am 09.03.2020, zuletzt geprüft am 09.03.2020.
- Mudge, Ken; Gabriel, Steve (2014): Farming the woods an integrated permaculture approach to growing food and medicinals in temperate forests. White River Junction, Vermont: Chelsea Green Publishing.
- Müller, Siegfried (2003): Wirkung verschiedener organischer Mulchmaterialien auf den Nährstoff- und Wasserhaushalt des Bodens - Quantifizierung der Bedeutung für den ökologischen Landbau - 17201-02OE565-fh\_erfurt-mueller-2003-mulchmaterialien.pdf. Online verfügbar unter [https://orgprints.org/17201/1/17201-02OE565-fh\\_erfurt-mueller-2003-mulchmaterialien.pdf](https://orgprints.org/17201/1/17201-02OE565-fh_erfurt-mueller-2003-mulchmaterialien.pdf), zuletzt geprüft am 05.04.2020.
- Ortner, Marlies (2013): Essbare Wildpflanzen aus dem Hausgarten. 150 Arten: Obst, Kräuter, Gemüse. 3. Aufl. Staufen bei Freiburg: Ökobuch-Verl.
- Scheffer, Fritz; Schachtschabel, Paul (Hg.) (2018): Lehrbuch der Bodenkunde: Springer, zuletzt geprüft am 06.03.2020.
- Seidel, Andrea (2012): Klimaanalyse für die Planungsregion Leipzig-West-sachsen und den Südraum Leipzig. Online verfügbar unter [https://www.rpv-west-sachsen.de/wp-content/uploads/2015/05/Moro2\\_Ergebnisse\\_klimalyse\\_endber\\_2012\\_07\\_31.pdf](https://www.rpv-west-sachsen.de/wp-content/uploads/2015/05/Moro2_Ergebnisse_klimalyse_endber_2012_07_31.pdf), zuletzt geprüft am 03.02.2020.
- Staa, Andreas (2018): Wasser & Landnutzung - Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ. Online verfügbar unter <https://www.ufz.de/index.php?de=36164>, zuletzt aktualisiert am 15.01.2018, zuletzt geprüft am 14.04.2020.
- Stadt Leipzig (2018a): Paunsdorf - Mein Stadtteil. Online verfügbar unter [https://static.leipzig.de/fileadmin/mediendatenbank/leipzig-de/Stadt/02.6\\_Dez6\\_Stadtentwicklung\\_Bau/64\\_Amt\\_fuer\\_Stadterneuerung\\_und\\_Wohnungsbauforderung/Paunsdorf\\_2019/Paunsdorf-Integriertes-Handlungskonzept-2-2018.pdf](https://static.leipzig.de/fileadmin/mediendatenbank/leipzig-de/Stadt/02.6_Dez6_Stadtentwicklung_Bau/64_Amt_fuer_Stadterneuerung_und_Wohnungsbauforderung/Paunsdorf_2019/Paunsdorf-Integriertes-Handlungskonzept-2-2018.pdf), zuletzt geprüft am 15.02.2020.
- Stadt Leipzig (2020): Böden in Leipzig - Stadt Leipzig. Online verfügbar unter <https://www.leipzig.de/umwelt-und-verkehr/umwelt-und-naturschutz/bodenschutz-und-altlasten/boden-in-leipzig/>, zuletzt aktualisiert am 11.03.2020, zuletzt geprüft am 11.03.2020.
- Stadt Leipzig, A. W.S. (2018b): Paunsdorf Integriertes Handlungskonzept Soziale Stadt Paunsdorf. Online verfügbar unter [https://static.leipzig.de/fileadmin/mediendatenbank/leipzig-de/Stadt/02.6\\_Dez6\\_Stadtentwicklung\\_Bau/64\\_Amt\\_fuer\\_Stadterneuerung\\_und\\_Wohnungsbauforderung/Paunsdorf\\_2019/Paunsdorf-Integriertes-Handlungskonzept-2-2018.pdf](https://static.leipzig.de/fileadmin/mediendatenbank/leipzig-de/Stadt/02.6_Dez6_Stadtentwicklung_Bau/64_Amt_fuer_Stadterneuerung_und_Wohnungsbauforderung/Paunsdorf_2019/Paunsdorf-Integriertes-Handlungskonzept-2-2018.pdf), zuletzt geprüft am 09.03.2020.
- Tinapp, Christian (2015): Unter dem Asphalt – Böden: natürlich entstanden, vom Menschen verändert - <http://landschaften-in-deutschland.de>. Landschaften in Deutschland Online. Online verfügbar unter [http://landschaften-in-deutschland.de/themen/78\\_B\\_136-unter-dem-asphalt-bodenprofile/](http://landschaften-in-deutschland.de/themen/78_B_136-unter-dem-asphalt-bodenprofile/), zuletzt aktualisiert am 26.06.2015, zuletzt geprüft am 11.03.2020.
- Toensmeier, Eric (2016): The carbon farming solution. A global toolkit of perennial crops and regenerative agriculture practices for climate change mitigation and food security. White River Junction, Vermont: Chelsea Green Publishing.

- Umweltbundesamt (2018a): Bebauung und Versiegelung. Hg. v. Umweltbundesamt. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/bodenbelastungen/bebauung-versiegelung>, zuletzt aktualisiert am 14.04.2020, zuletzt geprüft am 14.04.2020.
- Umweltbundesamt (2018b): Wasserfußabdruck. Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasser-bewirtschaften/wasserfussabdruck#was-ist-der-wasserfussabdruck>, zuletzt aktualisiert am 14.04.2020, zuletzt geprüft am 14.04.2020.
- Umweltbundesamt (Hg.) (2020): Trockenheit in Deutschland – Fragen und Antworten. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/trockenheit-in-deutschland-fragen-antworten>, zuletzt aktualisiert am 14.04.2020, zuletzt geprüft am 14.04.2020.
- Unterscheidungsmerkmale | bodenwelten. Online verfügbar unter <https://www.bodenwelten.de/content/unterscheidungsmerkmale?printpreview=1>, zuletzt geprüft am 08.02.2020.
- Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e.V (2020): Virtuelles Wasser • Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e.V.: Weltkarte. Online verfügbar unter <http://virtuelles-wasser.de/wasserfussabdruck.html>, zuletzt aktualisiert am 30.03.2020, zuletzt geprüft am 30.03.2020.
- Whitefield, Patrick (1999): Das große Handbuch Waldgarten. Xanten: OLV Organischer Landbau-Verl.-Ges.
- Windfinder.com (2020): Wind- & Wetterstatistiken Leipzig/Halle Flughafen - Windfinder. Online verfügbar unter [https://de.windfinder.com/windstatistics/leipzig\\_halle](https://de.windfinder.com/windstatistics/leipzig_halle), zuletzt aktualisiert am 09.03.2020, zuletzt geprüft am 09.03.2020.

## Anhang

Anhang 1: Schematische Kartierung von „Wald&Wiese“

Anhang 2: „Wald&Wiese“ – Pflanzenarten

Anhang 3: Interview mit Thomas Kunzelmann am 17.02.2020

Anhang 4: Impressionen aus „Wald&Wiese“ (April 2020, eigene Aufnahmen)



Anhang 2: „Wald&Wiese“ – Pflanzenarten

<b>Bäume</b>	<b>Sträucher</b>	<b>Rankende Pflanzen</b>	<b>Krautschicht der Wiesenvegetation</b>
<b>Ahorn</b> (Acer): Spitz~; Feld~ ( <b>Ah</b> )	<b>Apfelbeere</b> (Aronia melanocarpa) ( <b>Ar</b> )	<b>Brombeere</b> (Rubus fruticosus) ( <b>Br</b> )	Acker-Kratzdiestel (Cirsium arvense)
<b>Apfel</b> (Malus domestica): Sorten:Gravensteiner; James Grieve; Boskop; Karda; Rote Sternrenette; Hosteiner Cox; Jacob Label; Schöner von Herrenhut ( <b>A</b> )	<b>Bambus</b> (Bambusoideae) (gehört zu den Süßgräsern) ( <b>Ba</b> )	Efeu (Hedera helix)	Ampfer (Rumex): Sauer~; stumpblättriger~
<b>Aprikose</b> (Prunus armeniaca): „Harlayne“ ( <b>Ap</b> )	<b>Berberitze</b> (Berberis communis) ( <b>Be</b> )	<b>Himbeere</b> ((Rubus idaeus): “Glen coe”; “Golden Everest” ( <b>Hi</b> )	Baldrian (Valeriana officinalis L.)
<b>Birne</b> (Pyrus communis): „Pauls~“; „Flaschen~“ ( <b>B</b> )	<b>Buchsbaum</b> (Buxus sempervirens) ( <b>Bs</b> )	<b>Hopfen</b> (Humulus lupulus)	Beifuß (Artemisia vulgaris)
<b>Birke</b> (Betula) ( <b>Bi</b> )	<b>Blutjohannisbeere</b> (Ribes sanguineum)	Kapuziner Kresse (Tropaeolum majus)	Dost (Origanum vulgare)
<b>Buche</b> (Fagus sylvatica): Rot~ ( <b>Bu</b> )	<b>Forsythia</b> ( <b>Fo</b> )	<b>Kiwi</b> (Actinidia ): „Kiwai Rouge“; „Milano“ ( <b>Ki</b> )	Gänsefingerkraut (Potentilla anserina)
<b>Douglasie</b> (Pseudotsuga menziesii) ( <b>D</b> )	<b>Hartriegel</b> (Cornus mas): Kornellkirsche ( <b>HR</b> )	<b>Rose</b> (Rosa): “Hunds~”; “Perennial Blue”; “Edel~”; “Mandarinen~” „Rosa villosa“; “Anastasia”; “Königin von Dänemark”; “Marie de Blois”; “Reine de Centrefeuille”; “Goldfinch”; “Remblerrose” „Lykkefund“; “Polstjärnan“, “Multiflora” ( <b>Ro</b> )	Goldrute, kanadische (Solidago canadensis)
<b>Eberesche</b> (Sorbus aucuparia) ( <b>EE</b> )	<b>Heckenkirsche</b> (Lonicera purpusii; ( <b>HK</b> )	Schlingknöterich (Fallopia aubertii)	Hornklee (Lotus corniculatus)
<b>Eibe</b> (Taxus baccata) ( <b>Eib</b> )	<b>Holunder</b> (Sambucus): „Schwarzer~“ ( <b>Ho</b> )	<b>Waldrebe</b> (Clematis vitalba) ( <b>WR</b> )	Johanniskraut (Hypericum perforatum)
<b>Eiche</b> (Quercus rubor: Stieleiche) ( <b>Ei</b> )	<b>Jostabeere</b> (Ribes × nidigrolaria) ( <b>Jo</b> )	<b>Weinreben</b> (Vitis): „Venus“; „Heike“; „Attika“; „Arkadia“; „Nero“ ( <b>Wi</b> )	Kamille, echte (Matricaria chamomilla)
<b>Esche</b> (Fraxinus) ( <b>Es</b> )	<b>Kirschlorber</b> (Prunus laurocerasus)		Kamille, geruchlose (Tripleurospermum maritimum)
<b>Esskastanie</b> (Castanea sativa) ( <b>EK</b> )	<b>Liguster</b> (Ligustrum vulgare) ( <b>Li</b> )		Kartäuser Nelke (Dianthus carthusianorum)

Anhang 2: „Wald&Wiese“ – Pflanzenarten

<b>Bäume</b>	<b>Sträucher</b>	<b>Rankende Pflanzen</b>	<b>Krautschicht der Wiesenvegetation</b>
<b>Felsenbirne</b> (Amelanchier lamarckii) ( <b>FB</b> )	<b>Mahonia aquifolium</b> ( <b>Ma</b> )		Klatschmohn (Papaver rhoeas)
<b>Fichte</b> (Picea): „serbische (omorika)~“ ( <b>Fi</b> )	<b>Pfaffenhütchen</b> (Euonymus europaeus) ( <b>Pfa</b> )		Kompass-Lattich (Lactuca serriola)
Hibalebensbaum ( <b>Thujopsis dolabrata</b> ) ( <b>Thj</b> )	<b>Schwarze Johannisbeere</b> (Ribes nigrum) ( <b>Jh</b> )		Königskerze (Verbascum)
<b>Kirschpflaume</b> (Prunus cerasifera) ( <b>KP</b> )	<b>Stachelbeere</b> (Ribes uva-crispa): „Resistent“ ( <b>SB</b> )		Kornblume (Centaurea cyanus)
<b>Kornellkirsche</b> (Cornus mas) ( <b>KK</b> )	<b>Stechpalme</b> (Ilex)		Leinkraut (Linaria vulgaris)
<b>Lärche</b> (Larix): „europäische~“, „japanische~“ ( <b>Lä</b> )	<b>Tayberry</b> (Rubus idaeus x fruticosus): „Buckingham~“ ( <b>Ty</b> )		Löwenzahn (Taraxacum officinale)
<b>Linde</b> (Tilia): „Sommer~“, „Winter~“ ( <b>Li</b> )	<b>Wacholder</b> (Juniperus Communis) ( <b>Wa</b> )		Natternkopf (Echium vulgare)
<b>Magnolie</b> (Magnolia) ( <b>Mg</b> )	<b>Hasel</b> (Coryllus avellana Korkenzieher; „Contora“) ( <b>Ha</b> )		Pastinak (Pastinaca sativa)
<b>Maulbeere</b> (Morus alba) ( <b>MB</b> )	<b>Heidelbeere</b> (Jersey; Bluecorp; Northland; Reka) ( <b>He</b> )		Pimpinelle (Sanguisorba minor)
<b>Mirabelle</b> (Prunus domestica subsp. syriaca): „Nancy“ ( <b>Mi</b> )	<b>Rote Johannisbeere</b> (Ribes rubrum): „Ovada“; „Rolan“; „Rovada“; Weiße Johannisbeere „Versailler“; „Zitavia“ ( <b>Jh</b> )		Rainfarn (Tanacetum vulgare)
<b>Pappel</b> (Populus) ( <b>Pa</b> )	<b>Schneeball</b> (Viburnum): gewöhnlicher~; wolliger~ ( <b>SchB</b> )		Seifenkraut (Saponaria officinalis)
<b>Pfirsich</b> (Prunus persica): Roter Weinbergs~; „Rubira“ (Blut~); „früher roter Ingelheimer“; „Benedict“; „Pilot“; „Rétiva“; Sämling ( <b>Pf</b> )			Skabiosen-Flockenblume (Centaurea scabiosa)
<b>Quitte</b> (Cydonia Oblonga): „Apfel~“ ( <b>Q</b> )			Taubenkropf-Leimkraut (Silene vulgaris)
<b>Reneclaudie</b> (Prunus domestica var. claudiana): „große Grüne~“ ( <b>Re</b> )			Vogelknöterich (Polygonum aviculare L.)
<b>Robinie</b> (Robinia pseudoacacia) ( <b>Rb</b> )			Vogelwicke (Vicia cracca)
<b>Sauerkirsche</b> (Prunus cerasus): „Saphir“; „Voví“ ( <b>SK</b> )			Wegerich (Plantago): Breit~, Spitz~



Anhang 2: „Wald&Wiese“ – Pflanzenarten

Bäume	Sträucher	Rankende Pflanzen	Krautschicht der Wiesenvegetation
<b>Süßkirsche</b> (Prunus avium): „Herzkirsche“ „Cassins Frühe“ <b>(K)</b>			Wegwarte (Cichorium intybus)
<b>Tanne</b> (Abies): „Nordmann~“, „Weiß~“, „Korea~“ <b>(T)</b>			Weißklee (Trifolium repens)
<b>Lebensbaum</b> (Thuja) <b>(Th)</b>			Wiesen-Margerite (Leucanthemum vulgare)
<b>Traubenkirsche</b> (Prunus padus) <b>(Tr)</b>			Wiesen-Salbei (Salvia pratensis)
<b>Vogelkirsche</b> (Prunus avium) <b>(V)</b>			Wilde Karde (Dipsacus fullonum)
<b>Wacholder</b> (Juniperus communis) <b>(Wa)</b>			Wilde Möhre (Daucus carota subsp. carota)
<b>Walnuss</b> (Juglans) <b>(WN)</b>			
<b>Weide</b> (Salix): „Bänder~“, „Purpur~“, <b>(Wd)</b>			
<b>Weißdorn</b> (Crataegus)			
<b>Zierapfel</b> (Malus sylvestris): „Everest“; „Red Sentinel“ <b>(ZA)</b>			
<b>Zwetschge</b> (Prunus domestica): „Jule“ <b>(Zw)</b>			
<b>Zypresse</b> (Cypressus): „Arizonica~“, „Leylandi~“ <b>(Zy)</b>			

Anhang 2: „Wald&Wiese“ – Pflanzenarten

Kräutschicht des Waldgartens			Kräutschicht des Waldes	
Tee- und Würzkräuter	Wild- und Arzneipflanzen	Gemüsekulturen	Waldrandpflanzen	Waldpflanzen
Artemisia: verschiedene Arten	Acker-Hellerkraut (Thlaspi arvense)	Ampferarten (Rumex): Schild~, Sauer~, Gemüse~	Akelei (Aquilegia vulgaris)	Bittersüßer Nachtschatten (Solanum dulcamara)
Borretsch (Borrago officinalis) (nicht mehrjährig aber leicht versamend)	Alant (Inula helenium)	Artischocke (Cynara scolymus)	Beinwell (Symphytum officinale)	Blaustern (Scilla)
Drachenkopf (Dracocephalum)	Behaarte Franzosenkraut (Galinsoga ciliata)	Brunnenkresse (Nasturtium officinale)	Bergeniaarten	Brennnessel (Urtica dioica)
Gewürzfenchel (Foeniculum vulgare)	Bienenfreund (Phacelia)	Cardy (Cynara cardunculus)	Elfenblume (Epimedium)	Farn (Hirschhornzungen~; Pfauenrad~; Schild~;
Herzgespann (Leonurus cardiaca)	Braunelle (Prunella vulgaris)	Feldsalat (Valerianella locusta)	Gedenkemein (Omphalodes verna)	Fingerhut (Digitalis purpurea)
Indianernessel (Monarda didyma)	Ehrenpreis (Veronica): verschiedene Arten	Guter Heinrich (Chenopodium bonus-henricus)	Golderdbeere (Waldsteinia fragarioides)	Funkie (Hosta spezie)
Lavendel (Lavandula): verschiedene Arten	Frauenmantel (Alchemilla vulgaris)	Hirschhornwegerich (Plantago coronopus)		Gefleckte Taubnessel (Lamium maculatum)
Liebstockel (Levisticum officinale)	Gänseblümchen (Bellis perennis)	Margarite (Chrysanthemum leucanthemum)	Kriechendes Fingerkraut (Potentilla reptans)	Hohler Lerchensporn (Corydalis cava); GIFTIG
Minze (Mentha): verschiedene Arten	Giersch (Aegopodium podagraria)	Pfeilkraut (Sagittaria sagittifolia)	Lampionblume (Physalis alkekengi var.alkekengi)	Klettenlabkraut (Galium aparine)
Mohnbrötchenblume (Scrophularia chrysantha)	Greiskraut (Senecio vulgaris)	Rhabarber (Rheum rhabarbarum)	Märzenbecher (Leucojum vernum)	Maiglöckchen (Convallaria majalis)
Rosmarin (Rosmarinus): verschiedene Arten	Gundermann (Glechoma hederacea)	Spargel (Asparagus officinalis)	Nelkenwurz (Geum urbanum)	Schneeglöckchen (Galanthus nivalis)
Salbei (Salvia): verschiedene Arten	Hirtentäschelkraut (Capsella bursa-pastoris)	Taglilie (Hemerocallis spezie)	Pelargonium: verschiedene Arten	Sternmiere (Stellaria holostea)
Thymian (Thymus): verschiedene Sorten	Huflattich (Tussilago farfara)	Taubnessel (Lamium): purpurote~; weiße~	Purpurglöckchen (Heuchera)	Walderdbeere (Fragaria vesca)
Ysop (Hyssopus): verschiedene Arten	Kriechender Günsel (Ajuga reptans)	Vogelmiere (Stellaria media)	Salomonsiegel (Polygonatum multiflorum)	Waldgeißbart (Aruncus dioicus)
Zitronenmelisse (Melissa officinalis)	Lungenkraut (Pulmonaria officinalis)	Weißer Gänsefuß (Chenopodium album)	Scharbockskraut (Ficaria verna) -	Wald-Veilchen (Viola reichenbachiana)
Zitronenverbene (Aloysia citrodora)	Muskatellersalbei (Salvia sclarea L.)	Wilde Rauke (Diplotaxis tenuifolia)	Schöllkraut (Chelidonium majus)	Wald-Vergissmeinnicht (Myosotis sylvatica)

Anhang 2: „Wald&Wiese“ – Pflanzenarten

	Mutterkraut (Tanacetum parthenium)	Wild-Kohl (Brassica oleraceae var. oleraceae)	Schwarzer Schlangenbart (Ophiopogon planiscapus 'Niger')	Weidenröschen, schmalblättriges (Epilobium angustifolium)
	Nachtkerze (Oenothera biennis)	Zwiebelgewächse (Allium spp.): Winterheckzwiebel, Etagezwiebel, Schnittlauch	Silberblatt (Lunaria annua) (nur zweijährig, aber samt leicht aus)	
	Ochsenszunge (Anchusa azurea)		Waldmeister (Galium odoratum)	
	Pfennigkraut (Lysimachia nummularia)			
	Rotklee (Trifolium pratense)			
	Schafgarbe (Achillea millefolium)			
	Veilchen (Viola): verschiedene Arten			
	Vergissmeinnicht (verschiedene Arten),			
	Wegmalve (Malva neglecta)			
	Wiesen-Bärenklau (Heracleum sphondylium)			
	Wollziest (Stachys byzantina)			
	Zypressen-Wolfsmilch (Euphorbia cyparissias)			

**Aleksandra Chwolka (A): Wie ist dein Konzept für die Fläche entstanden?**

*Thomas Kunzelmann (T): Ich bin jetzt seit 1980 im Gartenbau unterwegs und hab viele Sachen gemacht, viele Konzepte und viele Wirtschaftsformen und Produktionsmethoden kennengelernt. Durch den elterlichen Betrieb, durch die Lehre, durch die Nachwendezeit. Die Fläche hat das Konzept schon fast vorgegeben, da sie als Wald deklariert wurde. Damit musste ich mich dann beschäftigen, was für mich neu war. Eine Umdeklarierung ist zwar möglich [...] aber würde ich gar nicht wollen. Denn es ist eine schöne Kombination, dass man die Vielfalt hat auf einem Grundstück. Wald, Wiese und die gärtnerische Nutzung. Wenn die Fläche nicht als Wald festgeschrieben wäre, hätte ich eine klassische Gärtnerei draus gemacht – biologisch und mit vielen Wildpflanzen. Das ist gerade in Mode, es ist gesellschaftlich akzeptiert und man gilt nicht mehr so als Spinner. Die Leute sind interessiert dran. Eine Sache direkt zu sehen ist besser, als sie im Buch anzuschauen [...] somit ist Teil des Konzeptes auch das Pädagogische – für jede Altersgruppe. Ich möchte kein reines Arboretum mit exotischen Pflanzen, sondern Pflanzen, die eine Bedeutung und Nutzen haben, Jetzt und in der Zukunft. Somit ist klar, dass es auf der Fläche auch um Wirtschaftlichkeit geht und darum, zu zeigen, wie Wirtschaftlichkeit sich mit Nachhaltigkeit und Erhalt von Biodiversität verbinden lässt.*

**A: Nach welchen Kriterien hast du die Pflanzen ausgewählt?**

*T: Einheimisch, Pflanzen die hier eine Zukunft haben, Nutzungsmöglichkeiten, Artenvielfalt. Dadurch dass es Wald-, Wiesen-, und Nutzfläche ist, ist vorgegeben, dass ich aus diesen Bereichen Pflanzen raussuche. Dort im Einzelnen wieder die Mischung zwischen der Bedeutung für die Natur und für die Nutzung durch den Menschen, am besten möglichst eine Verbindung von beiden. Da gibt es sehr viele einheimische Pflanzen, die dafür geeignet sind.*

**A: Worauf hast du bei der Anordnung der Pflanzen geachtet?**

*T: Waldbereich: auf den Standort passende Pflanzen, Erhalt der Geländeformation. Es wird geschaut, welche Pflanzen dort schon vorhanden sind, auch welche in der Umgebung, im Großraum Leipzig, wachsen. Dann danach, was zu dem Boden passt.*

*Bewirtschaftete Fläche: Die Kräuter brauchen einen sonnigen und trockenen Standort. Dies kann man über Bodenmodellierung erreichen. Für das Gemüse genau anders herum – für sie schafft man Tal- oder Kraterbeete mit einem sehr starken Humusaufbau und einer guten Nährstoffversorgung. Hier differenziert man auch wiederum zwischen Gemüse, dass aus dem mediterranen Raum kommt und mehr Sonne braucht und Pflanzen, die eher hier einheimisch sind und einen schattigeren, kühleren Standort brauchen.*

*Wiese: Der Standort, der vorhanden ist wird respektiert und Saatgut aus der näheren Umgebung (Sachsen/Sachsen-Anhalt) eingebracht. Was dann wächst darf wachsen.*

Neophyten, wie z.B. die kanadische Goldrute, indisches Springkraut, werden möglichst unterdrückt.

Neophyten gibt es auch im Waldbereich, wie z.B. die amerikanische Traubenkirsche, Eschenahorn. Die Neophyten kann man teilweise durch Beschattung verdrängen oder raussägen/-schneiden/-graben. Bei den neophytischen Wiesenpflanzen muss man darauf achten, dass sie sich nicht aussäen oder Wurzelausläufer bilden. Die Goldrute konnte z.B. durch Mähen gut zurückgedrängt werden.

Vieles ändert sich sowieso schon durch die veränderten Temperaturen und Niederschläge. Eingesäte Pflanzen wie die Kardendiestel oder Oregano kommen jetzt von alleine auf der Wiese wieder, obwohl diese [vom Boden her] gar nicht dafür geeignet ist, weil sie viel zu fett ist. Durch die Trockenheit haben diese eben jetzt vielleicht auch eine Chance. Und da diese Pflanzen einheimisch sind, dürfte es eigentlich kein Problem sein, wenn man sie hier ansiedelt.

**A: Findest du die Fläche so, wie sie gestaltet ist, wassereffizient?**

T: Momentan nicht, wir arbeiten dran. Früher war sie es durch die Auenlandschaft, die jetzt aber sehr stark entwässert wird durch verschiedene städtische Planungen und Baugebiete. Da können wir nichts gegen machen. Wir müssen versuchen, das Wasser zu halten, welches auf der Fläche vorhanden ist. Das geht durch Retentionsflächen.

Da es sowieso nicht mehr so viel regnet, kann die Regenmenge, die kommt, eigentlich sehr gut versickern. Wenn es mehr werden würde – durch z.B. eine hohe Schneedecke, ist es wichtig, dass sehr stark Humus aufgebaut wird. Das wird schon gemacht, durch Laub, Mist, Totholz im Wald. Durch die Bodenmodellierung entstehen kleine Wasserlachen, sozusagen Mini-Wasserretentionsflächen, wo das Wasser steht und langsam in den Boden einsickern kann. Der lehmige Boden braucht sehr lange, bis er Wasser aufnimmt und wenn man dieses zu zeitig abführt, hat der Boden keine Chance. Dann trocknet er von Jahr zu Jahr immer mehr aus und die Schnelligkeit, mit der dieser Wandel von Statten geht, ist für die vorhanden Pflanzen sehr schwierig.

Es ist außerdem momentan kaum Humus da, der wie ein Schwamm wirken würde, um das Wasser zu halten. Der Boden war jahrzehntelang, vielleicht jahrhundertlang nur Acker, also fand ein sehr starker Humusabbau mit einer Verdichtung der unteren Bodenschicht statt. Das ist bei einem „normalen“ Boden schon ein Problem. Hier ist die Pflugsohle da, wo die Lehm-Tonschicht anfängt, welche an sich schon für Wasser schwer zu penetrieren ist. Wenn diese auch noch verdichtet ist, ist es auch problematisch für viele Pflanzen, diese zu durchringen. Daher ist die Pflugsohle schwer aufzulockern. Auch wenn man die Fläche jetzt zu einer Naturfläche umwandelt, braucht es Jahrzehnte, bis der Boden wieder durchlässiger wird.

Auch die Vegetation spielt eine wichtige Rolle. Es sind schon viele Pflanzen da, die auch mit weniger Wasser, Hitze und Trockenheit im Sommer zurechtkommen. Diese müssen gefördert

werden. Im Wald vor allem durch Ansaat von Bäumen [anstatt sie zu pflanzen], auf der Wirtschaftsfläche durch eher mediterrane Pflanzen und auf der Wiese sind auch Pflanzen eingesät, die von trockenen Standorten kommen, wie z.B. der Klatschmohn, Kornblume, Oregano, Disteln. Und wenn man bestimmte wasserbedürftigere Pflanzen, wie z.B. die Sommerblumen, gerne haben möchte, kann man den höheren Wasserbedarf auch gut mit Mulch abfedern. Auch das kann man ausprobieren: Die Anbautechnik, statt der Pflanzen zu ändern. Wobei es auch unter den Sommerblumen trockenheitstolerante Sorten (Tagetes, Cosmea, Sonnenblumen, Zynnen) gibt.

Insgesamt hat man mit einer permakulturellen Mischkultur immer einen stabileren und somit nachhaltigeren Ertrag als in Monokulturen. Nachhaltigkeit ist eine Wirtschaftsform, die nicht ihre eigenen Grundlagen verkonsumiert. Es geht darum, dass man die vorhandene Energie nutzt und sich nicht mit derselben Energie dagegenstellt. Das ist einfach Effizienz.

**A: Was ist deine Motivation hinter deinem Wirken auf Wald&Wiese?**

T: Meine Motivation ist eigentlich entstanden durch die jahrelange Arbeit in dieser Branche und durch die verschiedenen Wirtschaftsformen, die man so durchmacht und mitbekommt, was eine Sackgasse ist bzw. was eben nicht so gut ist. Und so entwickelte sich die Motivation auf dieser Fläche etwas entstehen zu lassen, was die Quintessenz ist von dem, was man an Erfahrungen gesammelt hat. Dass man seine Schlussfolgerungen mal umsetzen kann. Das resultiert auf der einen Seite in der Vielfalt, die auf der Fläche zu finden ist und dass sich das auch selbst erhält, also einen Kreislauf ergibt und keine Sackgasse. Und das natürlich nicht nur für mich, sondern für mein ganzes Umfeld. Ob das jetzt für Flora und Fauna ist oder auch für die Menschen, die hier in der näheren Umgebung wohnen - seelisch, oder praktisch, dass sie dort auch was pflücken, essen können, das ist mir auch wichtig.

**A: Beschreibe, wie du dir die Fläche in 10Jahren vorstellen könntest.**

T: Dass das alles umgesetzt ist, was ich mir mit meinen Motiven so vorstelle. Das heißt, dass Artenvielfalt und Biodiversität noch maximiert wird. Dass z.B. im Wald standortangepasste Bäume und eine Krautschicht vorhanden sind, in verschiedenen Altersstufen, Arten und Sorten, die mit der veränderten Klimasituation auch über die nächsten Jahrhunderte zurechtkommen und sich selbstständig weiterentwickeln. Dass man die Fläche auch sanft nutzen kann durch Holzentnahme und Ernte von z.B. Himbeeren oder Erdbeeren.

Auf der anderen Fläche eine schöne Vielfalt von Gemüse, Obst und Kräutern, die an den Standort passen, die gefragt und wertvoll für die Ernährung sind und die robust sind, sodass man sie nicht spritzen muss. Auf der Wiese soll eine Streuobstwiese entstehen, die auch wertvoll ist für die dortigen Tier- und Pflanzenarten. Auf jeden Fall, dass in allen drei Bereichen die Artenvielfalt robust ist und dort sehr viel vorhanden ist für alle. Und dass ich einen Nachfolger finde. Denn dann bin ich nämlich 60 und dann will ich kürzertreten.

Anhang 4: Impressionen aus „Wald&Wiese“ (April 2020, eigene Aufnahmen)



## Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst, ganz oder in Teilen noch nicht als Prüfungsleistung vorgelegt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Sämtliche Stellen der Arbeit, die benutzten Quellen im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, habe ich durch Quellenangaben kenntlich gemacht. Ich erkläre mein Einverständnis zur Überprüfung der von mir eingereichten Arbeit auf Plagiate durch eine Anti-Plagiatsoftware. Zu diesem Zweck stelle ich eine anonymisierte elektronische Form des Dokuments in gängigem Format zur Verfügung.

Witzenhausen, den 17.04.2020

A. Chwolk

(Unterschrift)