Universität Kassel
Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften
Studiengang Ökologische Landwirtschaft

Masterarbeit

Potentiale eines Waldgartens

1. Prüfer: Prof. Dr. Rainer Georg Jörgensen
Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung

2. Prüferin: Dr. Anke Hupe
Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau

vorgelegt von

Birte Carstensen (geb. 01.12.1989 in Hamburg)
Matrikelnummer 33434193

Witzenhausen, Dezember 2018

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
2. Grundlagen und Stand des Wissens	
2.1 Waldgarten und Permakultur	2
2.2 Gesellschaftliche Bedeutung	3
2.3 Stand der Wissenschaft	4
3. Material und Methoden	
3.1 Der Waldgarten Schloss Tempelhof	5
3.2 Vorstellung der in der Arbeit untersuchten Waldgartenkulturen	5
3.3 Pflanzenwachstum und Erträge im Waldgarten Schloss Tempelhof	9
3.4 Nährstoffvergleich von Waldgartenkulturen mit klassischen Salaten	11
3.5 Soziale und ökologische Funktionen von Waldgärten	13
4. Ergebnisse aus dem Waldgarten Schloss Tempelhof	
4.1 Pflanzenwachstum und Erträge im Waldgarten Schloss Tempelhof	14
4.1.1 Brennnessel	14
4.1.2 Franz. Ampfer	15
4.1.3 Gemüseampfer	17
4.1.4 Kaukasischer Rankespinat	19
4.1.5 Speisebeinwell	21
4.1.6 Staudenbuchweizen	22
4.1.7 Staudenkresse	24
4.1.8 Süßdolde	26
4.1.9 Teefenchel	27
4.1.10 Weiße Taubnessel	29
4.1.11 Wiesenknöterich	31
4.1.12 Winterheckzwiebel	32
4.1.13 Zusammenfassung	34
4.2 Wasser-, Protein- und Mineralstoffgehalt der Waldgartenkulturen	35
4.3 Biodiversität	37
5. Diskussion	
5.1 Pflanzenwachstum und Erträge im Waldgarten Schloss Tempelhof	39
5.2 Nährstoffvergleich von Waldgartenkulturen mit klassischen Salaten	44
5.2.1 Integration von Waldgartenkulturen in die menschliche Ernährung	51
5.3 Ökologische Funktionen von Waldgärten	53

5.3.1 Biodiversität 53
5.3.2 Kohlenstoffreduzierung und Bodenfruchtbarkeit 57
5.3.3 Wasserversorgung 60
5.4 Soziale Funktionen von Waldgärten 61
6. Schlussfolgerung 69
7. Zusammenfassung 70
8. Literaturverzeichnis 72
9. Eidesstattliche Erklärung 77
10. Danksagung 77
11. Anhang 78

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ACHUNAS	Assessing Children's Nature Situations (Deutsch: Beurteilung der Natursituation von Kindern)
BBCH-Stadien	Bundesanstalt, Bundessortenamt und chemische Industrie, numerische Skala für das morphologische Entwicklungsstadium von Pflanzen
Bzw.	Beziehungsweise
C	Element Kohlenstoff
Ca	Element Calcium
E1, E2 oder E3	Pflanze/ Quadrat 1, 2 oder 3 der Ertragsdokumentation
ebd.	Ebenda, verweist darauf, dass auch diese Information aus der zuvor zitierten Quelle stammt.
Etc.	*Et cetera,* Lateinisch für „und die übrigen*"*
EU	Europäische Union
Fe	Element Eisen
FM	Frischmasse
Franz. Ampfer	Französischer Ampfer *„A Larghe Foglie Bionde"*
g	Gewichtseinheit Gramm
Gt	Gewichtseinheit Gigatonnen, entspricht 1.000.000.000 t
K	Element Kalium
kg	Gewichtseinheit Kilogramm
K. Rankespinat	Kaukasischer Rankespinat *(Hablitzia tamnoides)*
L	Volumeneinheit Liter
Max.	Maximum
Mean	Englisch für Mittelwert/ Durchschnitt
Min.	Minimum
Mg	Element Magnesium
mg	Gewichtseinheit Milligramm
mL	Volumeneinheit Milliliter
µ	Mittelwert
N	Element Stickstoff
Na	Element Natrium
NN	Normalnull, Höhenbezugsfläche
P	Element Phosphor
s	Standardabweichung
t	Gewichtseinheit Tonnen
TM	Trockenmasse
USA	*United States of America,* Vereinigte Staaten von Amerika
W1 oder W2	Pflanze/ Quadrat 1 oder 2 der Wachstumsdokumentation
Zn	Element Zink

Abbildungsverzeichnis Seite

Abb. 1 Schematische Darstellung eines Waldgartens 2

Abb. 2: BBCH-Stadienverlauf der Brennnessel 2018 14

Abb. 3: Durchschnittliche und maximale Höhe der Brennnessel im Jahresverlauf 2018 14

Abb. 4: BBCH-Stadienverlauf der Süßdolde 2018 16

Abb. 5: Höhe und Durchmesser der Süßdolde im Jahresverlauf 2018 16

Abb. 6: BBCH-Stadienverlauf des Gemüseampfers 2018 17

Abb. 7: Durchschnittliche und maximale Höhe von Gemüseampfer 2018 18

Abb. 8: BBCH-Stadienverlauf des K. Rankespinats 2018 19

Abb. 9: Durchschnittliche und maximale Trieblängen des K. Rankespinats 2018 20

Abb. 10: BBCH-Stadienverlauf des Speisebeinwells 2018 21

Abb. 11: Höhe und Durchmesser des Speisebeinwells im Jahresverlauf 2018 21

Abb. 12: BBCH-Stadienverlauf des Staudenbuchweizens 2018 23

Abb. 13: Höhe und Durchmesser des Staudenbuchweizens im Jahresverlauf 2018 23

Abb. 14: BBCH-Stadienverlauf der Staudenkresse 2018 24

Abb. 15: Höhe der Staudenkresse im Jahresverlauf 2018 25

Abb. 16: BBCH-Stadienverlauf der Süßdolde 2018 26

Abb. 17: Höhe und Durchmesser der Süßdolde im Jahresverlauf 2018 26

Abb. 18: BBCH-Stadienverlauf des Teefenchels 2018 28

Abb. 19: Höhe und Durchmesser des Teefenchels im Jahresverlauf 2018 28

Abb. 20: BBCH-Stadienverlauf der Weißen Taubnessel 2018 29

Abb. 21: Durchschnittliche Höhe und gezogene Länge von Trieben der Weißen Taubnessel 2018 30

Abb. 22: BBCH-Stadienverlauf des Wiesenknöterichs 2018 31

Abb. 23: Durchschnittliche und maximale Höhe des Wiesenknöterichs 2018 31

Abb. 24: BBCH-Stadienverlauf der Winterheckzwiebel 2018 33

Abb. 25: Höhe und Durchmesser der Winterheckzwiebel im Jahresverlauf 2018 33

Abb. 26 Vergleich der Wetterdaten von 2018 in Kreßberg-Waldtann mit den Klimadaten für Kreßberg-Asbach 39

Abb. 27: Konzentration von Calcium und Kalium im Pflanzengewebe in Abhängigkeit vom Pflanzenalter (Schubert 2018, S. 23) 48

Abb. 28: Biodiversitätsverlust (BUWAL 1997) 53

Abb. 29: Plan vom Waldgarten Schloss Tempelhof 78

Tabellenverzeichnis Seite

Tabelle 1: Wachstumseigenschaften der ausgewählten Kulturen 9

Tabelle 2: Messtermine und messende Personen für Pflanzenwachstum und Erträge 10

Tabelle 3: Erntemengen der Brennnessel 2018 15

Tabelle 4: Erntemengen des Franz. Ampfer 2018 17

Tabelle 5: Erntemengen des Gemüseampfers 2018 18

Tabelle 6: Erntemengen des K. Rankespinats 2018 20

Tabelle 7: Erntemengen des Speisebeinwells 2018 22

Tabelle 8: Erntemengen des Staudenbuchweizens 2018 24

Tabelle 8: Erntemengen der Staudenkresse 2018 25

Tabelle 10: Erntemengen der Süßdolde 2018 27

Tabelle 11: Erntemengen des Teefenchels 2018 29

Tabelle 12: Erntemengen der Weißen Taubnessel 2018 30

Tabelle 13: Erntemengen des Wiesenknöterichs 2018 32

Tabelle 14: Erntemengen der Winterheckzwiebel 2018 34

Tabelle 15: Zusammenfassung der Ernten aller Kulturen 35

Tabelle 16.1: Gemessene Wasser- Mineralstoff- und Proteingehalte der Kulturen 36

Tabelle 16.2: Gemessene Wasser- Mineralstoff- und Proteingehalte der Kulturen 36

Tabelle 16.3: Gemessene Wasser- Mineralstoff- und Proteingehalte der Kulturen 36

Tabelle 17: Beobachtete Arten im Waldgarten Schloss Tempelhof 38

Tabelle 18: Niederschlagsvergleich Kreßberg-Waldtann, Kreßberg-Tempelhof und Kreßberg-Asbach (Wetterdienst.de, 2018; wundeground.com, 2018) 40

Tabelle 19: Nährstoffgehalte von klassischen Salaten und Brennnessel in 100 g Frischmasse (Elmadfa *et al.* 2017, S. 22ff; DEBInet 2018) 44

Tabelle 20: Gemessene Wasser- Mineralstoff- und Proteingehalte ausgewählter Kulturen 44

Tabelle 21: Bewirtschaftungsmethoden und ihr Potential zur Kohlenstoffsequestrierung (Smith 2004, S. 3) 57

Tabelle 22: ACHUNAS Kriterienliste, Einschätzung der Studie über das Gärtnern sowie eigene Einschätzung des Waldgartens Schloss Tempelhof 63

Tabelle 23.1 Bilder der beobachteten Tiere im Waldgarten Schloss Tempelhof 79

Tabelle 23.2 Bilder der beobachteten Tiere im Waldgarten Schloss Tempelhof 80

Tabelle 23.3 Bilder der beobachteten Tiere im Waldgarten Schloss Tempelhof 81

Tabelle 23.4 Bilder der beobachteten Tiere im Waldgarten Schloss Tempelhof 82
Tabelle 24.1: Bilddokumentation des Wachstums der Kulturen 83
Tabelle 24.2: Bilddokumentation des Wachstums der Kulturen 84
Tabelle 25.1 Messdaten Wachstum 85
Tabelle 25.2 Messdaten Wachstum 85
Tabelle 25.3 Messdaten Wachstum 85
Tabelle 25.4 Messdaten Wachstum 86
Tabelle 25.5 Messdaten Wachstum 86
Tabelle 26.1 Ertragsmessungen 87
Tabelle 26.2 Ertragsmessungen 88
Tabelle 26.3 Ertragsmessungen 89
Tabelle 26.4 Ertragsmessungen 90
Tabelle 27: Probensortierung zur Analyse der Protein- und Mineralstoffkonzentration 91
Tabelle 28: Nährstoffkonzentrationen in 100 g Frischmasse von allen Proben 92

1. Einleitung

Es gibt zunehmend neue Formen alternativer Landwirtschaft und Lebensprinzipien. Diese werden in Büchern von überzeugten Autoren beschrieben (Crawford 2010, Fortier 2014, Holmgren 2016). Eine wissenschaftliche Datenlage zu den aufgeführten Vorteilen dazu gibt es aber oft noch nicht. Die Anlage von Waldgärten ist ein Beispiel für eine alternative Landwirtschaft bzw. Gartengestaltung, deren Nutzen für die menschliche Gesellschaft noch wenig wissenschaftliche Basis hat. Um eine gesellschaftliche Veränderung und ein Umdenken auslösen zu können, müssen Methoden alternativer Landwirtschaft wissenschaftlich geprüft und ihre Vorteile sowie Nachteile analysiert werden.

In dieser Arbeit soll dies für die Anlage von Waldgärten begonnen werden. Ziel ist es eine erste Antwort auf die Frage zu bekommen, ob die Anlage von Waldgärten in unseren Breitengeraden sinnvoll ist. Es braucht also eine Einschätzung, wieviel Nahrung pro Flächeneinheit erhalten werden kann. Außerdem sollte eingeschätzt werden, welchen Nährwert die Kulturen eines Waldgartens im Vergleich zu normalem Obst und Gemüse haben und wie Waldgärten zum Ökosystemerhalt beitragen. Eine gesellschaftliche und soziale Nutzung ist ebenfalls möglich. Es soll also geprüft werden, welche Potentiale in einem Waldgarten stecken und welche realen Werte er für Menschen hervorbringen kann. Wäre es zum Beispiel für eine Dorfgemeinschaft oder Stadt lohnend, einen Teil der öffentlichen Grünflächen in einen Waldgarten umzuwandeln und dafür mehr Gärtner für Pflege und Ernte einzustellen?

Vier Teilbereiche dieser Arbeit nähern sich der Antwort aus jeweils anderen Richtungen:

1. Das Wachstumsverhalten und mögliche Erträge ausgewählter Kulturen
2. Nährstoffgehalte der ausgewählten Kulturen
3. Ökologische Funktionen und mögliche Ökosystemdienstleistungen eines Waldgartens
4. Soziale Funktionen und gesellschaftliche Nutzungsvarianten eines Waldgartens

Ob sich die Menschheit durch Waldgärten ernähren könnte, oder nicht ist eine andere Frage und nicht Teil dieser Arbeit. Hier sollen nur die verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten von Waldgärten und eine sinnvolle Integration dieser in unsere heutige Gesellschaft diskutiert werden. Eine ausschließe Nutzung von Waldgärten oder Permakultur für die Ernährung wäre ein wesentlich größerer Schritt.

In dieser Arbeit werden die sozialen und ökologischen Funktionen und Nutzungsmöglichkeiten durch eine Literaturrecherche erörtert. Die Erträge, das Wachstumsverhalten und der Nährwert werden anhand von Beispielskulturen des Waldgartens Schloss Tempelhof untersucht.

Im besten Fall stößt diese Arbeit durch ihren allgemeinen Überblick einzelne detailliertere Projekte zu den verschiedenen Potentialen des Waldgartens an. Zum Beispiel über die Biodiversitätsförderung oder über eine gesellschaftliche Nutzung der mehrjährigen Kulturen in unserer Ernährung.

2. Grundlagen und Stand des Wissens

2.1 Waldgarten und Permakultur

Ein Waldgarten ist ein „sorgfältig gestaltetes Ökosystem aus Nutzpflanzen“ (Crawford 2010, S. 17). Die Nützlichkeit einer Pflanze wird dabei nicht nur durch ihren Ernteertrag bestimmt. Eine Pflanze ist auch nützlich, wenn sie Nährstoffe aus tieferen Bodenschichten akkumulieren, Stickstoff fixiert oder Nützlinge anlockt. Das Anbaukonzept erhielt durch Robert Hurt in den Achtzigern des 20. Jahrhunderts in Großbritannien den Namen Waldgarten (Crawford 2010, S. 18). Wichtige Merkmale von Waldgärten sind, die Mehrjährigkeit aller Kulturen und die Ausnutzung mehrerer Dimensionen unter und über der Erde. Das heißt, es werden auf einer Fläche nicht nur Bäume oder nur Gemüsekulturen angebaut, sondern es werden Bäume (1), Sträucher (2), Kletterpflanzen (3), Gemüse-Stauden (4), Pilze (5) und Kräuter (6) in Kombination angebaut. Die Abbildung 1 stellt dies schematisch dar. Die Zahlen in der Abbildung entsprechen den gerade genannten im Waldgarten vorkommenden Kulturgruppen.

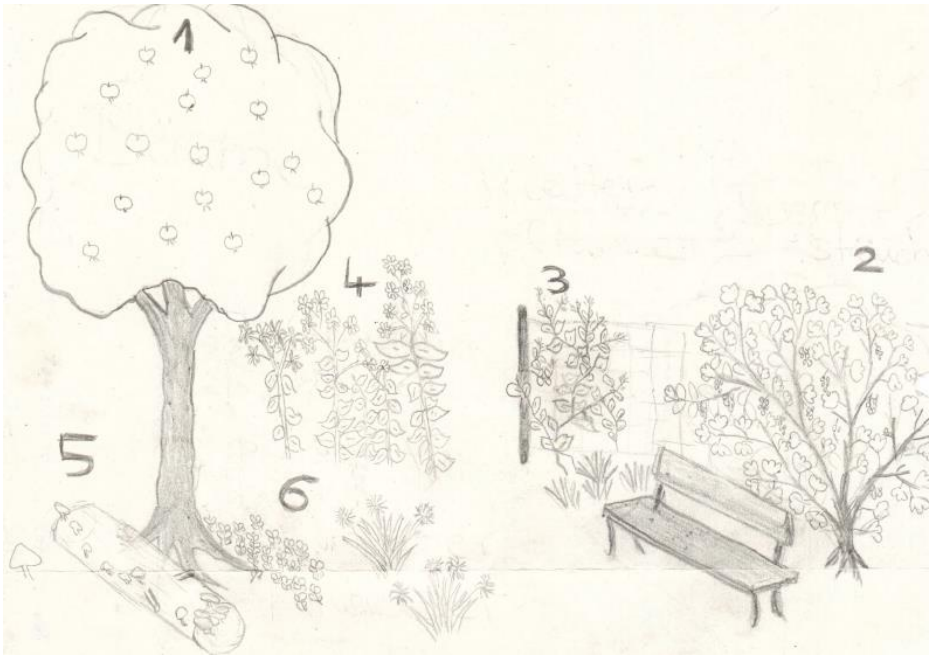


Abb. 1: Schematische Darstellung der Pflanzenebenen eines Waldgartens

Der „mehrgeschossige Anbau“ soll das Sonnenlicht optimal ausnutzen und Produktivität mit Artenvielfalt kombinieren (Scheub & Schwarzer 2017, S. 167). Die Anlage eines Waldgartens sollte so erfolgen, dass sich die dort wachsenden Pflanzen gegenseitig unterstützen und gemeinsam die Fruchtbarkeit des Bodens erhalten. Durch eine durchdachte Planung der Anlage eines Waldgartens können feuchtere, windstillere und wärme Mikroklimabereiche entstehen (Crawford 2010, S.19). Durch die vielfältige Bepflanzung, Bodendeckung und die mehrjährigen Kulturen ist die Pflege eines Waldgartens in der Regel wesentlich arbeitsärmer als die eines Ackers. Der Boden muss nach Anlage des Gartens nicht mehr bearbeitet werden und es muss nichts ausgesät oder vorgezogen werden. Lediglich aufwachsende Beikräuter sollten beseitigt und Bäume und Sträucher regelmäßig geschnitten werden. Beikräuter können auch durch die Verwendung von Mulchmaterial zurückgedrängt werden.

Ob ein Waldgarten eher einem Wald oder einem Garten ähnelt, hängt von seiner globalen Lage ab. Je näher er am Äquator liegt, desto höher ist die Sonneneinstrahlung. Dadurch ist in den Tropen auch unter einem Baum die Lichtintensität noch hoch genug, um andere Kulturen zu kultivieren. In Deutschland braucht es einen wesentlich geringeren Beschattungsgrad, um auch unter den Bäumen eine Bedeckung des Bodens mit Nutzpflanzen zu ermöglichen. Ein Waldgarten ähnelt hier eher einem Haus- oder Bauerngarten. Das Vorbild eines Waldgartens ist ein tropischer Regenwald (Scheub & Schwarzer 2017, S. 167). Es ist deshalb eine Frage, ob dieser mehrgeschossige Anbau außerhalb der Tropen überhaupt sinnvoll ist. Schließlich ist die Fläche je nördlicher der Breitengrad ist immer weniger gut mehrfach zu nutzen, da die Sonnenstrahlen flacher einfallen. Der Ertrag In einem erfolgreich etablierten Waldgarten können verschiedenste Produkte erhalten werden, zum Beispiel Obst, Nüsse, Salat, mehrjährige Gemüse, Samen, Kräuter, Gewürze, Faserpflanzen, medizinische Pflanzen, Honig und Feuerholz (Crawford 2010, S. 22).

Waldgärten passen sehr gut zu den Prinzipien der Permakultur und werden deshalb im Rahmen dieser Bewegung zunehmend angelegt. Das Wort Permakultur wurde aus den Wörtern „permanent“ (Englisch für dauerhaft) und „agriculture“ (Englisch für Landwirtschaft) zusammengesetzt und beschreibt eine nachhaltige, sich selbst erhaltene alternative Form der Landwirtschaft. Die Permakultur wurde in den 70ern von den Australiern Bill Mollison und David Holmgren ins Leben gerufen und beinhaltet ethische Lebens- und Gestaltungsprinzipien. Diese sollen auf alle Bereiche des Lebens angewendet werden. Also nicht nur auf die Landwirtschaft, sondern auch auf Wohnen, Bildung, Gesundheit, Politik, Handwerk, Technologien und Wirtschaft. Die Prinzipien besagen, dass man sich selbst erhaltende Systeme nutzen sollte und ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltig leben, sowie langfristig denken sollte (Holmgren 2016 S.23f).

2.2 Gesellschaftliche Bedeutung

Ob die moderne Art und Weise, zu leben und uns zu ernähren, richtig ist und ob nicht für die Umwelt schonendere Lösungen gesucht werden sollten, ist heute eine wichtige Frage. Es wird immer deutlicher, dass die Ressourcen der Erde endlich sind und unsere Atmosphäre nicht beliebig belastbar ist. Ob man sich nun um den Klimawandel, den zunehmenden Bodenverlust durch Erosion oder den Rückgang der Insekten- und Bienenpopulation Sorgen macht, ein Handlungsbedarf ist deutlich (Hallmann *et al.* 2017; Montgomery 2011, S. 19; Nelson *et al.* 2013). Insbesondere die moderne Landwirtschaft mit großen Flächeneinheiten und Maschinen führt zu weniger Biodiversität (Tsiafouli *et al.* 2015, S.1). Der fossile Energieverbrauch ist in den letzten 500 Jahren exponentiell angestiegen. Rund um die heutige Zeit dürfte das Maximum unseres gesellschaftlichen Energieverbrauchs erreicht sein. Das bedeutet, dass wir auf einem Berggipfel stehen und nun umdenken müssen. Es sollten nicht stets ein höherer Energieverbrauch durch noch mehr elektronische „Lebensvereinfacher“ und größere Autos oder Maschinen angestrebt werden. Das Interesse der Gesellschaft sollten sicherere, energieärmere und damit umweltfreundliche und klimaschonende Technologien und Lebensweisen sein. Es muss eine Gesellschaft entstehen, die mit einem schrumpfenden Energieverbrauch zurechtkommt (Holmgren 2016, S. 36f).

Ein Autor der Permakultur sagte in einem Vortrag: „Landwirtschaft verwandelt Ökosysteme in Menschen“ (Hemenway 2010, 30. Min.). Damit ist gemeint, dass ein Ökosystem, wie zum Beispiel ein Auwald, abgeholzt und auf dem Land anschließend Landwirtschaft betrieben wird. Das Ökosystem Auwald ist verschwunden und durch die angebaute Nahrung werden Menschen genährt. Diese haben gut genährt die Möglichkeit, wiederum mehr Menschen entstehen zu lassen.

Waldgärten könnten ein Weg sein, Nahrungsgewinnung, Energieaufwandsreduzierung und Ökosystem-Erhalt oder -Wiederherstellung miteinander zu verbinden. Stadtparks könnten beispielsweise zu Waldgärten und damit zu regionalen Nahrungsquellen, Orten der Naturverbindung und Erholung, vielfältigen Ökosystemen, Wasserspeichern und Kohlenstoff-Senken werden (Crawford 2010, S.19 ff).

2.3 Stand der Wissenschaft

Über die Anlage und Planung eines Waldgartens geben verschiedene Bücher und Internetseiten Auskunft (Crawford 2010; Whitfield 2015; permakultur.wordpress 2018). Bücher, die mehrjährige Gemüsekulturen der mitteleuropäischen Breitengerade vorstellen, sind bei der Planung von Waldgärten ebenfalls nützlich (Crawford 2012; Heil 2003). Über potentielle Kulturen für Waldgärten gibt es also ein relativ umfangreiches Wissen.

Eine wissenschaftliche Belegung der Vorteile von Waldgärten und Permakultur gibt es bisher nicht ausreichend. Aber es gibt diverse Bemühungen, diese Wissenslücke zu schließen. Die *Permaculture Association* aus Großbritannien ist ein Netzwerk, welches die Entstehung von Gemeinschaften mit Permakultur Prinzipien, aber auch Forschungsprojekte zur Permakultur fördert. Eines der Projekte, das „*10 Year Forest Garden Trial*“ bezieht sich direkt auf Waldgärten. Im Rahmen dieses Projektes wurden 11 Waldgärten angelegt und über 10 Jahre werden Erntemengen, die soziale Nutzung und die Biodiversität beobachtet (*Permaculture Association* 2018). Weitere detailreichere Fragen haben sich aus dem Projekt ergeben. Die *Permaculture Association* würde gerne auf wissenschaftliche Weise die folgenden Fragen untersuchen: Wie ist das Verhältnis von Energieaufwand und Erntemengen für den Waldgarten? Kann ein Waldgarten als Lebensunterhalt fungieren? Welches Potential haben Waldgärten für den Garten- und Gemüsebau? Für diese Projekte werden universitäre Partner gesucht. Es kann also geschlussfolgert werden, dass die Permakulturbewegung in Großbritannien zunehmend Waldgärten angelegt und Erträge beobachtet hat. Die wissenschaftliche Belegung von Ertragspotentialen und Nutzungsmöglichkeiten ist aber noch nicht umgesetzt.

Das Prinzip Permakultur ist auch in Deutschland zunehmend vertreten. Es werden beispielsweise über die *Permakultur Akademie* regelmäßig Kurse angeboten, in denen die Prinzipien und Gestaltungsmöglichkeiten gelehrt werden (Permakultur 2018a). Die deutsche Internetseite zur Permakultur führt zudem 19 Praxisorte auf, an denen Permakultur praktiziert wird (Permakultur 2018b). Auch in Deutschland wünschen sich wichtige Akteure der Permakultur, wie Stefan Schwarzer, der viele Kurse zu Waldgärten und Permakultur-Design in Deutschland anbietet, mehr wissenschaftliche Projekte über Waldgärten und ihre Nutzungsmöglichkeiten. So ist auch diese Arbeit im von Stefan Schwarzer angelegten

Waldgarten der Gemeinschaft Schloss Tempelhof entstanden. Ein weiterer neu angelegter Waldgarten des „Wir bauen Zukunft“ Vereins, soll mit Forschungsarbeiten aufgebaut und weiter begleitet werden (Wir bauen Zukunft 2018).

3. Material und Methoden

3.1 Der Waldgarten Schloss Tempelhof

Der Waldgarten Schloss Tempelhof liegt im mittleren Süden Deutschlands am Rande der Frankenhöhe auf 457 m über dem Meeresspiegel bei 49° 07.56‘ N und 10° 12.60‘ O. Der Waldgarten liegt damit in den gemäßigten Breitengraden. Es gibt etwa 1.700 Sonnenstunden und die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge der letzten 10 Jahre beträgt 630 mm im Jahr. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 8,8 °C (wetterdienst.de 2018). Der Boden des Waldgartens ist tonig lehmiger Pelosol. Er ist schwer bearbeitbar. Bei Feuchtigkeit verdichtet sich der Boden leicht und bei Trockenheit kann er sehr hart werden und Risse bilden (Hornstein 2016). Der Waldgarten wurde von Stefan Schwarzer 2015 auf dem Gelände der Gemeinschaft Schloss Tempelhof angelegt. Die Gemeinschaft ist 2010 entstanden. Heute leben dort 90 Erwachsene und 30 Kinder. Ziel des Zusammenlebens ist eine Gemeinschaftskultur, die ein ökologisch nachhaltiges, sozial gerechtes und sinnerfülltes Leben ermöglichen soll. Auf 26 ha Wiesen- und Ackerland wird eigenes Gemüse und Getreide angebaut. Außerdem werden Hühner und Bienen gehalten. Sie vermarkten ihr Gemüse nach dem Prinzip der solidarischen Landwirtschaft. Außerdem beliefern sie ein Restaurant und verkaufen in ihrem Hofladen. Ein wichtiges Anliegen ist der Gemeinschaft der Bodenerhalt und Humusaufbau. Viele Vorträge und Veranstaltung hierzu werden in Schloss Tempelhof organisiert. Die Integration von Bäumen in die Versorgung der Gemeinschaft wird zunehmend verfolgt. Nicht nur im Waldgarten, auch im übrigen Gelände werden nützliche Bäume und Hecken gepflanzt und Agroforst angelegt.

3.2 Vorstellung der in der Arbeit untersuchten Waldgartenkulturen

Aus dem Waldgarten von der Gemeinschaft Schloss Tempelhof wurden zwölf Kulturen ausgewählt, anhand derer mögliche Erträge und das Wachstum der krautigen, mehrjährigen Kulturen im Jahresverlauf dokumentiert werden sollen. Ausgewählt wurden nur Kulturen, die sich bereits gut etabliert haben und keine Probleme mit dem Standort haben. Alle Kulturen des Waldgartens sind mehrjährige Stauden. Das heißt, die Pflanzen ziehen sich im Winter in die Erde zurück. Sie sind frosthart und treiben im Frühjahr wieder aus. Im Folgenden werden die einzelnen Kulturen vorgestellt.

Die **Brennnessel** (*Urtica dioica)* ist ein in Deutschland heimisches Nesselgewächs (*Urticaceae)*. Sie toleriert Halbschatten und bevorzugt nährstoffreiche Böden, ist aber ansonsten anspruchslos und überall zu finden. Sie ist eine Zeigerpflanze für stickstoffreiche Böden. Mit ihren tiefen Wurzeln kann die Brennnessel gut Mineralstoffe aus dem Boden akkumulieren (Crawford 2012, S. 49). Die Brennnessel wird bis zu 2 m hoch, erreicht aber meistens nur 0,7 bis 1 m. Ausbreiten kann die Brennnessel sich nicht nur über Samen, sondern

auch über Rhizome (ebd., S. 179f). Von der Brennnessel werden die jungen Triebe und Blätter genutzt. Sie hat einen hohen Eiweißgehalt und kann in der Küche vielseitig eingesetzt werden, zum Beispiel in Suppen, Gemüsepfannen, als Spinat-Alternative oder fein gehackt in Salaten. Im Spätsommer oder Herbst können auch die Samen geerntet werden. Sie schmecken nussig und sind pur oder im Müsli oder Salat genießbar. Auch in der Pharmazie und Kosmetik werden Inhaltsstoffe der Brennnessel genutzt. Es wird angenommen, dass die Menschen schon vor über 2.000 Jahren Blätter von Nesselgewächsen als Nahrung und die Fasern zum Herstellen von Seilen genutzt haben (Vetter *et al.* 2001, S.1f).

Der **Französische Ampfer** (Franz. Ampfer) *Rumex x acetosa*, ist ein Knöterichgewächs (*Polygonaceae)* und wird, wie der Name sagt besonders in Frankreich angebaut und genutzt. Der Franz. Ampfer trägt auch den Namen „*A Larghe Foglie Bionde*". Die Blätter dieses Ampfers sind groß, hellgrün und zarter als die des Gemüseampfers. Sie werden für Suppen und Salate verwendet und schmecken leicht säuerlich. Der Franz. Ampfer bildet eine sehr dichte Pflanzenbasis. Am besten gedeiht er in der Sonne oder im Halbschatten. Er wurzelt tief und kann so Nährstoffe aus tieferen Bodenschichten akkumulieren. Die Blätter erreichen eine Höhe von bis zu 40 cm (Crawford 2010, S. 233). Der Blütentrieb bleibt kleiner als der des Gemüseampfers.

Der **Gemüseampfer** (*Rumex patienta)*, ist ebenfalls ein Knöterichgewächs (*Polygonaceae)*. Die Blätter schmecken säuerlich, sind oxalsäurehaltig und mineralstoffreich. Sie können roh in Salaten oder in Suppen und Aufläufen verarbeitet werden. Geerntet werden die Blätter des Gemüseampfers im Frühling. Der Gemüseampfer ist einer der wenigen Ampferarten, die Schatten toleriert. Mit seinen tiefen Wurzeln akkumuliert er Nährstoffe, besonders gut Phosphor und Natrium (Crawford, 2012, S. 178f). Der Gemüseampfer wächst weniger dicht als der Franz. Ampfer. Die Blätter werden etwa 40 cm hoch, die Blütentriebe können bis zu 2 m hoch werden (Crawford 2010, S. 233).

Der **Kaukasische Rankespinat** *(Hablitzia tamnoides)* gehört zu den Fuchsschwanzgewächsen (*Amaranthaceae*), genauer gesagt zur Untergruppe der Gänsefußgewächse (*Chenopodiaceae*). Er ist eine Kletterpflanze aus dem Kaukasus, die bis zu 3 m lange Ranken bildet. Der K. Rankespinat wächst am besten im Halbschatten und braucht feuchte Erde ohne Staunässe. Die Blätter und jungen Triebe werden vor allem im Frühjahr geerntet. Sie sind eine gute Alternative zum klassischen einjährigen Spinat und können frisch in Salaten oder gekocht gegessen werden (Crawford 2010, S. 282).

Der **Speisebeinwell** (*Symphytum officinale)* ist eine Auslese des Echten Beinwells, die besonders viele Blätter bildet. Die Pflanze gehört zu den Raublattgewächsen (*Boraginaceae)*. Beinwell ist eine in Europa heimische Pflanze. Das bekannteste Raublattgewächs in der Küche ist der Borretsch. Geschmacklich erinnern Beinwell und Borretsch an Gurken. Der Beinwell wurzelt sehr tief und bildet eine dichte Pflanzenbasis. Er ist ebenfalls ein guter Nährstoffakkumulator aus tieferen Bodenschichten und seine Blätter können als nährstoffreicher Mulch verwendet werden (Crawford 2012, S. 43). Außerdem ist Beinwell eine gute Bienenweide und allgemein insektenanziehend (ebd., S. 52). Der Beinwell braucht

feuchte Erde und hat ansonsten keine Ansprüche an den Boden. Speisebeinwell erreicht eine Höhe von etwa 1,2 bis 1,5 m und wird bis zu 1 m breit. Am besten wächst der Beinwell in der Sonne, Halbschatten wird auch toleriert (Crawford 2010, S. 246).

Der **Staudenbuchweizen** (*Fagopyrum dibotis)* ist ein Knöterichgewächs (*Polygonaceae)*. Die Staudenform des Buchweizens wird selten kultiviert. In der Regel wird einjähriger Buchweizen angebaut und die Samen wie Getreide genutzt. Der Staudenbuchweizen stammt aus Ostasien. Die Blätter können roh oder wie Spinat gekocht gegessen werden. Die Blüten sollten nicht mitgegessen werden, weil sie Fagopyrin enthalten (Templiner Kräutergarten 2018). Fagopyrin ist ein Protein, das phototoxische Wirkungen hat. Die Staude wird bis zu 2 m hoch und hat eine breite und buschige Wuchsform. Der Staudenbuchweizen wächst am besten in der vollen Sonne, er toleriert aber auch Halbschatten. Der Boden sollte nährstoffreich, feucht und frisch ohne Staunässe sein. Der Staudenbuchweizen ist wie der einjährige Buchweizen, der oft in Blühmischungen verwendet wird, eine gute Bienenweide(ebd.).

Die **Staudenkresse** *(Lopidium Latifolia)* stammt von der Nordwestküste Europas und gehört zur Familie der Kreuzblütler (*Cruciferae).* Die Verwandtschaft mit Senf und Meerrettich ist zu schmecken. Die Schärfe der Blätter hat auch zu dem Beinamen Pfefferkraut geführt. Die Blätter sind deshalb gut geeignet, um Schärfe und Würze in einen Salat oder eine Kräuterbutter zu bringen. Es können von Frühjahr bis Spätsommer immer wieder junge und zarte Blätter geerntet werden. Die Staudenkresse gedeiht in der Sonne und im Halbschatten. An den Boden hat sie keine besonderen Ansprüche, es sollte nur keine Staunässe geben. Die Staude ist trockenheitstolerant, wüchsig und bildet neue Pflanzen über Wurzelausläufer. Bereits kleine Wurzelstücke reichen für das Wachstum einer neuen Pflanze. Während der Blüte wird sie bis zu 1,4 m hoch (Pflanzio 2018).

Die **Süßdolde** mit dem lateinischen Namen *Myrrhis odorata* gehört zu den Doldenblütlern *(Umbelliferae)*. Sie ist in Europa heimisch. Alternative Namen der Süßdolde sind beispielweise Myrrhenkerbel oder Wilder Anis. Als Standort ist jeder gut drainierte Boden im Halbschatten geeignet, aber auch an Sonnenplätzen gedeiht die Süßdolde. Sie ist ebenfalls ein Nährstoffakkumulator und wird 0,6 bis 1 m hoch (Crawford, 2010 S. 228). Es können alle Pflanzenteile gegessen und in der Küche verwendet werden. Sie haben einen süßlichen, dem Anis ähnelnden Geschmack. Die ganze Vegetationsperiode von April bis November kann die Süßdolde gegessen werden. Die feinen, leicht behaarten Blätter verleihen Salaten oder Süßspeisen eine Anisnote. Im Herbst können die nussig schmeckenden Samen und die Wurzel geerntet werden. Im Frühjahr ist die Süßdolde eine gute Bienenweide (ebd.).

Der **Teefenchel** (*Foeniculum vulgare)* gehört ebenfalls zur Familie der Doldenblütler *(Umbelliferae)*. Der mehrjährige Teefenchel bildet keine Knolle wie das relativ bekannte einjährige Gemüse. Es können nicht nur die Samen als Gewürz oder Tee verwendet werden. Auch die zarten Blätter und die Blüten können Salaten oder Nachspeisen ein anisähnliches Aromaverleihen. Geerntet werden kann vom Teefenchel deshalb von Frühjahr bis Herbst, erst Blätter, dann auch Blüten und später die am besten noch grünen Samen. Der Teefenchel ist auch ein guter Nährstoffakkumulator und er zieht nützliche Insekten an. Er ist

trockenheitstolerant und wird 1 bis 1,5 m hoch. Der Teefenchel hat einen lichtdurchlässigen Habitus und sollte deshalb gut gemulcht werden oder mit einer bodendeckenden Pflanze gemeinsam kultiviert werden (Crawford 2012, S.103).

Die **Weiße Taubnessel** (*Lamium album*) gehört zur Familie der Lippenblütler (*Lamiaceae)*. Die Pflanze ist fast weltweit verbreitet, wird 20-60 cm hoch und ist ein guter Bodendecker. Ihre Blätter ähneln denen der Brennnessel, allerdings hat sie keine Brennhaare, daher der Name Taubnessel. Die Blüten sind weiß und eine gute Bienenweide. Die Weiße Taubnessel wächst gut im Halbschatten und hat keine besonderen Bodenansprüche. Die Blätter können die ganze Wachstumsperiode über geerntet werden. Auch die Blüten sind essbar. Die Taubnessel hat einen süßlichen und zarten Geschmack und ist eine gute Salatzutat (Crawford 2012, S.198f).

Der **Wiesenknöterich** (*Bistorta officinalis*) ist ein Knöterichgewächs (*Polygonaceae*) und mit dem Ampfer verwandt. Er ist auch unter dem Namen Schlangenknöterich bekannt, da die Pflanze schlangenähnliche Rhizome zur Verbreitung ausbildet. Der Wiesenknöterich ist eine in Deutschland heimische Pflanze ohne besondere Bodenansprüche, die auf Wiesen und an Gewässern vorkommt. Der Wiesenknöterich wächst in der Sonne und im Halbschatten. Die rosa Blüten ziehen Insekten und Bienen an. Die jungen Blätter des Wiesenknöterichs schmecken leicht sauer und frisch. Sie sind eine gute Salatzutat. Wiesenknöterich enthält Oxalsäure und sollte deshalb in Maßen gegessen werden. Im Herbst können die stärkehaltigen Rhizome geerntet und gegessen werden (Kräuter-verzeichnis 2018; Allgäustauden 2018).

Die **Winterheckzwiebel** (*Alium listulosum*) gehört zu den Zwiebelgewächsen (*Liliaceae*). Es ist das wichtigste Zwiebelgewächs in China und Japan (Crawford 2010, S. 196f). Sie bildet Nester von 30 bis 50 cm Durchmesser und wird bis etwa 60 cm hoch. An den Boden ist sie anspruchslos, er sollte aber gut drainiert sein. Die Zwiebeln sind kleiner als die der Gemüsezwiebeln und das Grün ähnelt kräftigen Frühlingszwiebeln (Crawford 2010, S. 209). Der Standort sollte sonnig bis halbschattig sein. Die Blätter können mehrmals im Jahr geerntet werden, die Pflanze sollte sich aber dazwischen erholen können (Crawford 2010, S. 196f). Zarte Blätter können in Salaten gegessen werden, dickere sind besser gekocht, zum Beispiel in Aufläufen oder Gemüsepfannen.

Die folgende Tabelle 1 fasst einige der wichtigen Informationen über die zwölf in dieser Arbeit untersuchten Kulturen noch einmal zusammen und stellt sie gegenüber.

Tabelle 1: Wachstumseigenschaften der ausgewählten Kulturen

Kultur	Pflanzen-familie	Licht-ansprüche	Boden-ansprüche	Nährstoff-akkumulator	Wuchshöhe
Brennnessel	*Urticaceae*	Sonne bis Halbschatten	Stickstoffreich	Ja	0,7-1 m, max. 2 m
Franz. Ampfer	*Polygonaceae*	Sonne	Keine	Ja	Blätter 0,4 m
Gemüse-ampfer	*Polygonaceae*	Sonne bis Schatten	Keine	Ja	Blätter 0,4 m
K. Rankespinat	*Chenopodiaceae*	Halbschatten	Gut drainiert und feucht	Nein	Ranken bis zu 3 m
Speise-beinwell	*Boraginaceae*	Sonne bis Halbschatten	feucht	Ja	1,2 bis 1,5 m
Stauden-buchweizen	*Polygonaceae*	Sonne bis Halbschatten	Nährstoffreich, feucht, gut drainiert	Nein	Bis 2m
Stauden-kresse	*Cruciferae*	Sonne bis Halbschatten	Gut drainiert	Nein	Bis 1,4 m
Süßdolde	*Umbelliferae*	Halbschatten	Gut drainiert	Ja	0,6 bis 1 m
Teefenchel	*Umbelliferae*	Sonne	Gut drainiert	Ja	1 bis 1,5 m
Weiße Taubnessel	*Lamiaceae*	Halbschatten	Keine Ansprüche	Nein	0,2 bis 0,6 m
Wiesen-knöterich	*Polygonaceae*	Sonne bis Halbschatten	Keine Ansprüche	Nein	etwa 0,7 m mit Blüte
Winter-heckzwiebel	*Liliaceae*	Sonne bis Halbschatten	Gut drainiert	Nein	bis 0,6 m

Aus der Tabelle 1 geht hervor, dass vier der zwölf Kulturen zu den *Polygonaceae* gehören. Von den *Umbelliferaceae* gibt es zwei Vertreter, alle anderen Pflanzen gehören zu unterschiedlichen Pflanzenfamilien. Insgesamt gibt es acht verschiedene. Der Waldgarten ist also bereits bei den krautigen Pflanzen sehr vielfältig bepflanzt. Die meisten Pflanzen wachsen gut in der Sonne und im Halbschatten. Der Teefenchel und der Franz. Ampfer brauchen aber mehr Sonne, während der Gemüseampfer sogar mit Schatten zurechtkommen kann. Die meisten Kulturen sind dem Boden gegenüber recht anspruchslos. Viele sind gegenüber Staunässe empfindlich. Die Brennnessel und der Staudenbuchweizen brauchen einen nährstoffreichen Boden. Die Anspruchslosigkeit der Kulturen hängt auch mit ihren teils sehr tiefen Wurzeln zusammen. Die Hälfte der Kulturen kann als Nährstoffakkumulator bezeichnet werden. Sie sind fähig, sich mit Nährstoffen aus tieferen Bodenschichten zu versorgen und diese so an die Oberfläche zu transportieren. Die Wuchshöhen der Pflanzen sind sehr unterschiedlich.

3.3 Pflanzenwachstum und Erträge Waldgarten Schloss Tempelhof

Das Pflanzenwachstum und die Erträge wurden zwischen dem 10. April und dem 24. September alle zwei Wochen dokumentiert. Bei zwei weiteren Besuchen des Waldgartens im März und November wurden Bilder der Kulturen gemacht, ihr BBCH Stadium bestimmt und die Pflanzengröße gemessen. Nicht jeder Termin konnte von der Autorin wahrgenommen werden. Deshalb haben Stefan Schwarzer und Helene Urbain der Gemeinschaft Schloss Tempelhof ausgeholfen. In der folgenden Tabelle ist aufgeführt, wer zu welchem Zeitpunkt Daten aufgenommen hat.

Tabelle 2: Messtermine und messende Personen für Pflanzenwachstum und Erträge

Datum 2018	Datenaufnahme durch
2.März.	Birte Carstensen
10. April	Birte Carstensen
24. April	Birte Carstensen
8. Mai	Stefan Schwarzer
22. Mai	Birte Carstensen
4. Juni	Stefan Schwarzer
19. Juni	Birte Carstensen
3. Juli	Helene Urbain
17. Juli	Stefan Schwarzer
30. Juli	Birte Carstensen
13. August	Birte Carstensen
27. August	Birte Carstensen
10. September	Birte Carstensen
24. September	Stefan Schwarzer
6. November	Birte Carstensen

Bei den Wachstumsmessungen, die nicht von der Autorin gemacht wurden, sind nicht immer alle Parameter und alle Kulturen gemessen worden. Anhand der vorherigen und der folgenden Messung sowie der Bilder wurden die Werte deshalb geschätzt. In den Tabellen 25.1 bis 25.5 im Anhang (siehe S. 85f) sind diese Werte in rot geschrieben.

Zur Pflanzenwachstumsdokumentation wurden die BBCH Skalen für Unkräuter und für Zwiebelgewächse verwendet (Hess *et al*. 1997 und Feller *et al*. 1997). Anhand dieser Skalen kann der Pflanzenentwicklung ein Zahlenwert zugeordnet werden. Der Trockene Same entspricht dem Wert 00. Die Entfaltung der ersten Blätter ist die 10. Anschließend entsprechen die weiteren Zehnerzahlen der Anzahl der Blätter (12 = 2 Laubblätter, 19 = 9 oder mehr). Bestockungstriebe und die Bildung von Seitensproßen sind mit Zwanzigerzahlen benannt. Das Schossen wird in den Dreißigern beschrieben (31 (1 gestecktes Internodium etc.). Die Vegetative Vermehrung oder das Rispenschwellen werden mit Vierzigerzahlen bezeichnet. Das Erscheinen von Blütenanlagen hat Zahlen in den Fünfzigern (z.B. 55 = Erste Einzelblüten sichtbar). Wenn 10 % der Blüten offen sind erhält die Pflanze die 61 als Entwicklungsstufe. Entsprechend sind die weiteren Sechziger gestaffelt. In den Siebzigern wird die Fruchtentwicklung vom wässrigen Korninhalt bis zur vollen Fruchtgröße beschrieben. In den Achtzigern anschließend die Samenreife. Die Neunziger beschreiben das Absterben der Pflanze. Die 97 ist die höchste Stufe und sie bedeutet, dass die Pflanze in Vegetationsruhe ist. Für jede Kultur konnte so ein Schaubild über ihre Entwicklung im Jahr 2018 erstellt werden. Das Diese Werte werden durch eine zusätzliche Dokumentation mit Bildern gestützt. Im Anhang sind die Bilder von drei über das Jahr verteilten Terminen zu sehen.

Weiterhin wurde das Wachstum der verschiedenen Kulturen durch die Vermessung einzelner Pflanzen dokumentiert. Bei allen staudenartigen Kulturen wurden, wenn möglich zwei Individuen ausgewählt. Diese sollten Anfang April 2018 in ihrer Entwicklung etwa dem Durchschnitt aller Pflanzen der Kultur entsprechen. Von diesen wurde die ganze Saison über nicht geerntet und ihre Entwicklung ohne äußerliche Störung durch die Messung von Höhe und Durchmesser alle zwei Wochen dokumentiert. Eine Ausnahme bildet der Franz. Ampfer. Von diesem Ampfer gibt es insgesamt nur fünf Stauden im Waldgarten Schloss Tempelhof.

Von ihm wurde deshalb nur eine Pflanze zur Wachstumsdokumentation verwendet. Auch vom K. Rankespinat gab es nur vier Exemplare im Waldgarten und es wurde deshalb ebenfalls nur eine Pflanze zur Wachstumsdokumentation genutzt. Vom rankenden K. Rankespinat wurde nur zu Beginn der Durchmesser gemessen, da die Pflanze, als sie am Zaun rankte, keine runde Wuchsform mehr hatte. Stattdessen wurde die durchschnittliche Länge von zehn Trieben ermittelt, sowie der längste Trieb notiert. Relativ regelmäßig auf einer Fläche verteilt wachsen die folgenden Kulturen: Brennnessel, Weiße Taubnessel, Wiesenknöterich und Gemüseampfer. Es wurden deshalb nicht einzelne Pflanzen markiert, sondern jeweils Quadrate von 50 cm mal 50 cm abgesteckt. Innerhalb dieser Quadrate wurde nicht geerntet und das Wachstum der Pflanzen alle zwei Wochen gemessen. Es wurde dabei bei zehn Einzeltrieben jeweils die Höhe gemessen und der Durchschnitt sowie das Maximum dokumentiert. Bei der Taubnessel wurde zwischen der Triebhöhe und der Trieblänge differenziert, da die Pflanze dazu neigt, sich bei zunehmender Länge hinzulegen. Die Trieblänge wurde gemessen, indem die Taubnesseln vorsichtig in die Länge gezogen wurden.

Die Erträge der Kulturen wurden bei den als einzelne Staude wachsenden Pflanzen ebenfalls über markierte Einzelpflanzen ermittelt. Pro Kultur wurden zwei bis drei Pflanzen markiert. Einzige Ausnahme ist der K. Rankespinat, bei ihm konnte nur eine der vier Pflanzen zur Ertragsmessung genutzt werden. Bei den flächig wachsenden Kulturen wurden zwei bis drei 50 cm mal 50 cm Quadrate abgesteckt. Es wurde alle zwei Wochen bei der Wachstumsdokumentation geprüft, ob erntefähiges Material vorhanden ist. Das Ernteintervall war also abhängig davon, ob die Kultur bereits ausreichend neue Pflanzenmasse gebildet hatte. Von dem Erntegut wurde direkt nach der Ernte die Frischmasse und nach einer Trocknung die Trockenmasse bestimmt. Getrocknet wurde für mindestens 14 Tage in dem belüfteten Heizungsraum der Gemeinschaft Schloss Tempelhof.

3.4 Nährstoffvergleich von Pflücksalat aus dem Waldgarten mit klassischen Salaten

Für die Bestimmung des Protein-, Kohlenhydrat- und Mineralstoffgehalts wurde getrocknetes Pflanzenmaterial verwendet. Durchgeführt wurde die Analyse im Labor des Fachgebiets Bodenbiologie und Pflanzenernährung und im Labor des Fachgebiets Umweltchemie. Beide Arbeitsgruppen sind Teil des Fachbereichs 11 Ökologische Landwirtschaft der Universität Kassel. Es wurden von jeder Kultur drei Proben analysiert, die alle einer Mindestmenge von 5 g Trockenmaterial entsprechen sollten. Hierfür wurde geerntetes Material aus den Ertragsmessungen vom 24. April, 08. und 22. Mai verwendet. Lediglich bei den Kulturen Weiße Taubnessel und Teefenchel musste am 22. Mai von weiteren nicht markierten Pflanzen geerntet werden, da ansonsten die Menge des Materials nicht ausgereicht hätte. Der Staudenbuchweizen war am 22. Mai noch nicht groß genug, als dass überhaupt eine Ernte von ihm möglich gewesen wäre. Einen Überblick über die Probensortierung und die Erntezeiten gibt die Tabelle 27 (S. 91).

Material, welches am 22. April oder 08. Mai geerntet worden war, wurde in Schloss Tempelhof in einem Heizungsraum mit Lüftung getrocknet. Es wurde in Plastiktüten nach Witzenhausen transportiert und dort vom 23. auf den 24. Mai bei 40 °C für 24 Stunden im Labor des Fachbereichs Bodenbiologie und Pflanzenernährung nachgetrocknet. Material, welches am

22. Mai frisch geerntet worden war, wurde direkt in große Papiertüten geerntet. Nach der Fahrt nach Witzenhausen wurde es erst über Nacht auf einem etwa 30 °C warmen Dachboden einzeln ausgebreitet. Vom 23. auf den 24. Mai wurde es dann für 27 Stunden bei 60 °C im Trockenschrank getrocknet. Anschließend wurde das Pflanzenmaterial in Kaffeemühlen (Typ MKM 6003 von Bosch) gemahlen und als feines Pulver in Plastikschraubbechern in einem Exsikkator gelagert. Nummeriert wurden die Proben alphabethisch nach Kulturnamen und innerhalb der Kultur nach Erntedatum und geernteter Pflanze bzw. abgeerntetem Quadrat. So enthielten beispielsweise die Gefäße 1 bis 3 Brennnessel vom 24. April aus den Quadraten E1 bis 3. Vom Staudenbuchweizen wurde am 18.06.2018 erstmals geerntet, da nur zwei Pflanzen vom Staudenbuchweizen zur Ertragsdokumentation markiert worden waren, gibt es nur 2 Proben von diesem, die auf Nährstoffe analysiert wurden. Das Erntegut wurde in Schloss Tempelhof im Heizungsraum getrocknet. Gemeinsam mit einer Mischprobe aus allen, bis dahin geernteten, Kulturen wurde er per Post nach Witzenhausen geschickt. Vom 9. auf den 10.7.2018 wurden der Staudenbuchweizen und die Mischprobe im Trockenschrank nachgetrocknet. Anschließend wurden die Proben gemahlen und im Exsikkator gelagert. Die Tabellen 26.1 bis 26.4 (S. 87ff) geben alle Erntezeitpunkte und -mengen wieder.

Für die Berechnung des Stickstoffgehalts wurden die Proben in dem CHN Analysator „vario MAX CHN“ von der Elementar Analysesysteme GmbH analysiert. Es wurde sechsmal Phenylalanin als Referenzstoff eingewogen, außerdem wurden drei Gefäße als „*Blank*“ leer gelassen. Von den Proben wurde jeweils 150 bis 170 mg eingewogen. Das Programm des Analysators berechnete einen prozentualen Stickstoffgehalt für die Probe. Der Gehalt an Stickstoff in der Probe mit 6,25 multipliziert, ergibt den Proteingehalt in der Probe. Da die Probe Trockenmasse enthielt, musste noch mithilfe des Dreisatzes von Trockenmasse auf den Proteingehalt in 100 g Frischmasse umgerechnet werden.

Für die Bestimmung des Mineralstoffgehalts wurde 200 mg Material jeder Probe in ein Gläschen eingewogen. Das Material wurde anschließend in einer Mikrowelle aufgeschlossen. Dafür wurden 3 mL 65 prozentige Salpetersäure (HNO_3), 1 mL Wasserstoffperoxid (H_2O_2) und 0,5 mL destilliertes Wasser zugegeben. Die Gläßchen wurden in ein Teflongefäß gestellt und dieses in den Karusselleinsatz für die Mikrowelle geschraubt. Jeweils 10 Proben passten in ein Karussell, von diesen 10 war immer eine ein Blindwert, der nur Salpetersäure, Wasserstoffperoxid und Wasser enthielt. Für die 36 Proben mussten deshalb 4 Mikrowellen Durchgänge gemacht werden. In der Mikrowelle wurde die Probe über 4 Minuten 70 °C ausgesetzt, anschließend 8 Minuten lang 150 °C und dann für 22 Minuten 200 °C. Der Abkühlvorgang dauerte etwa 30 Minuten. Die Temperatur in den Probebechern sollte auf 50 °C abgekühlt sein, bevor das Karussell der Mikrowelle entnommen wurde. Die Teflonbehälter wurden herausgedreht, die Glasgefäße entnommen und die Flüssigkeit durch einen Trichter in einen 50 mL Kolben überführt. Anschließend wurde mit einer Lösung, die zu gleichen Teilen Salpetersäure und Wasserstoffperoxid enthielt, auf 50 mL aufgefüllt. Diese Kolben wurden mit einem Plastikkorken verschlossen und gesammelt, bis alle Proben aufgeschlossen waren.

Die Mineralstoffkonzentrationen in den Proben wurden mit dem Flammen-Atomabsorptionsspektrometer der Firma GBC gemessen. Dafür wurden von jedem Element Eichreihen mit verschiedenen Konzentrationen des Elements hergestellt. Es wurde dafür wieder eine Lösung verwendet, die zu gleichen Teilen Salpetersäure und Wasserstoffperoxid enthielt, wie der Probenaufschluss. Der Flammen-Atomabsorptionsspektrometer bestimmte die Konzentration des Elements in der Probe über die Verfärbung einer Gasflamme beim Verbrennen der Probe. Es wurden die Elemente Kalium (K), Natrium (Na), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Eisen (Fe), und Zink (Zn) gemessen. Anhand der Eichreihe konnte dann die Konzentration mg/L für die 200 mg verdünnte und aufgeschlossene Probe bestimmt werden. Aus diesem Ergebnis wurde dann die Konzentration mg/100 g Frischmasse für alle Elemente berechnet.

Alle Ergebnisse der Protein- und Mineralstoffkonzentrationen sind in der Tabelle 28 (S. 92) im Anhang zu finden. Von den Konzentrationen der Proben einer Kultur wurde der Mittelwert gebildet und die Standardabweichung bestimmt.

3.5 Soziale und ökologische Funktionen von Waldgärten

Grundlage für die Diskussion des sozialen und des ökologischen Nutzens eines Waldgartens stellt eine Analyse wissenschaftlicher Veröffentlichungen und Internetquellen dar. Dabei wurden bereits vorhandene, veröffentlichte Erkenntnisse und Befunde systematisch im Hinblick auf den potentiellen Mehrnutzen eines Waldgartens ausgewertet.

Für die Suche nach relevanten Veröffentlichungen wurden die Datenbanken *Organic Eprints, Google Scholar* und *PubMed* verwendet*. Organic Eprints* bezieht sich speziell auf den ökologischen Landbau und wurde deshalb für die Suche nach den ökologischen Werten genutzt. *PubMed* ist eine eigentlich auf wissenschaftliche Veröffentlichungen der Biomedizin spezialisierte Datenbank, die aber auch landwirtschaftliche Artikel beinhaltet. Artikel zum sozialen und auch zum ökologischen Nutzen eines Waldgartens wurden hier gefunden. *Google Scholar* ist eine nicht themenspezifische Suchmaschine und nicht nur auf wissenschaftliche Veröffentlichungen spezialisiert. Jeder in *PubMed* oder *Organic Eprints* verwendete Suchbegriff wurde auch in *Google Scholar* überprüft, um keine interessanten Informationen zu übersehen.

Es wurden dabei zum Beispiel die folgenden Suchworte verwendet: *permaculture, forest garden, garden therapy*, *biodiversity*, *carbon sequestration*, *agroforst ecosystem sevices.* Gedankliche Anregungen zum Schreiben und Recherchieren kamen auch durch zuvor besuchte Vorlesungen der Universität Kassel und durch Gespräche mit Stefan Schwarzer und von dessen Blog (http://lebensraum-permakultur.de/blog/).
Zur Unterstützung der Literatur wurde die Biodiversität des Waldgartens der Gemeinschaft Schloss Tempelhof beobachtet. Bei jeder Messung des Pflanzenwachstums und der Erträge wurde aufmerksam auf sichtbare Tiere geachtet. Darunter waren insbesondere Käfer, Hummeln, Spinnen und Schmetterlinge. Diese wurden anschließend soweit möglich bestimmt. Zur Bestimmung wurden verschiedene Quellen verwendet. Zum einen das Bestimmungsbuch „Stresemann - Exkursionsfauna von Deutschland, Band 2: Wirbellose: Insekten“ und zum anderen eine Internetseite (Klausnitzer *et al*. 2011; naturspaziergang 2018).

4.Ergebnisse aus dem Waldgarten Schloss Tempelhof

4.1 Pflanzenwachstum und Erträge im Waldgarten Schloss Tempelhof

Die Tabellen 24.1 und 24.2 im Anhang zeigen anhand von drei Bildern zu unterschiedlichen Zeiten (März, Juni und September) die Entwicklung der Kulturen im Jahr 2018.

4.1.1 Brennnessel

Die Brennnessel wächst nicht als einzeln erkennbare Staude, sondern hat viele Triebe flächig verteilt. Deshalb wurde ihr Wachstum in einem 50 cm Quadrat gemessen. Der Verlauf ihrer Entwicklung im Jahr 2018 ist in der folgenden Abbildung 2 gezeigt.

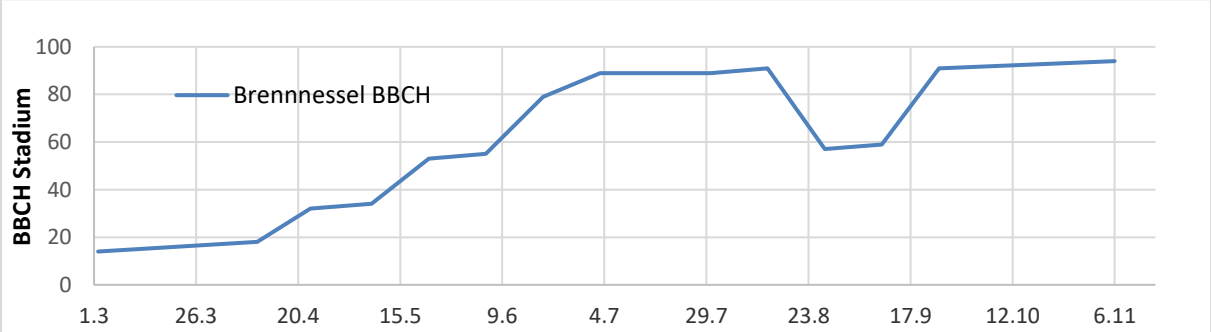


Abb. 2: BBCH Stadienverlauf der Brennnessel 2018

Im März hatten die Brennnesseln durchschnittlich vier Blätter (BBCH 14). Anfang April waren die Pflanzen etwas größer (BBCH 18). Am 23.4 begannen die Brennnesseln mit dem Längenwachstum (BBCH 32). Ende Mai waren Knospen angelegt (BBCH 53) und Mitte Juni war die Brennnessel bereits verblüht. In dieser Zeit wurde die Brennnessel sehr stark von Schmetterlingsraupen gefressen. Im Juli war die Brennnessel zwar sehr groß, hatte aber überwiegend keine Blätter mehr (BBCH 89). Neu gebildete Blätter wurden sofort wieder gefressen. Erst im August wurde der Fraßdruck durch Raupen geringer. Die Brennnesseln erholten sich und neue Blätter und Knospen wurden gebildet (BBCH 57). Eine Blüte konnte aber nicht wiederholt beobachtet werden. Ende September hatte die Brennnessel noch immer vitale Blätter, doch die Knospen sahen abgestorben aus, die Pflanzen wuchsen nicht mehr (BBCH 91). Anfang November waren zunehmend auch Blätter am Absterben (BBCH 94). Die folgende Abb. 3 zeigt die durchschnittliche und maximale Höhe der Brennnesseln.

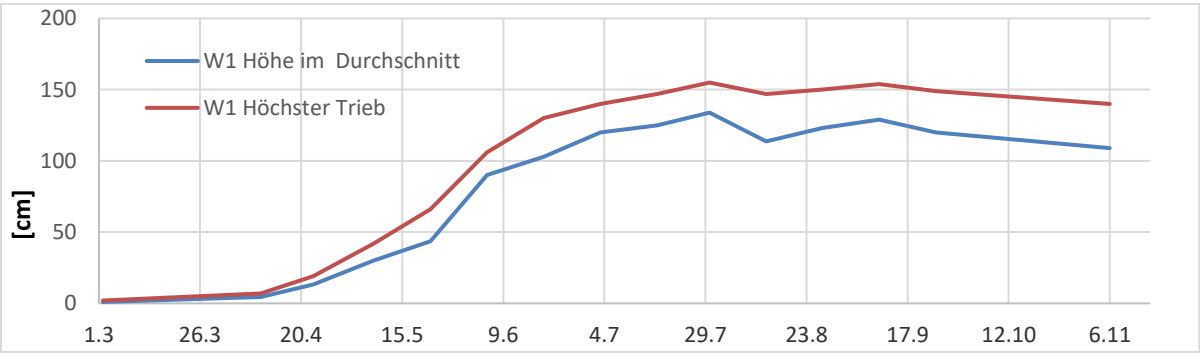


Abb. 3: Durchschnittliche und maximale Höhe von Brennnesseltrieben im Jahresverlauf 2018

Anfang März war die Brennnessel 1 bis 2 cm hoch. Bis Ende April erreichte sie eine Höhe von durchschnittlich 13,15 cm und maximal 19 cm. Im Mai wuchs die Brennnessel sehr schnell und sie hatte am 9. Juni bereits eine Durchschnittshöhe von 90 cm und eine maximale Höhe von 106 cm erreicht. Der Fraß durch die Raupen schwächte die Brennnessel. Ende Juli hatte sie ihre maximale Größe bei einer durchschnittlichen Höhe von 133,9 cm und einer maximalen Trieblänge von 155 cm erreicht. Anschließend wurden die Pflanzen durch den Raupenfraß etwas kleiner (Durchschnitt 113,6 cm, maximale Höhe 147 cm). Als der Raupenbefall im August abnahm, wuchsen die Brennnesseln bis zum 10.09.18 wieder etwas und erreichten eine durchschnittliche Höhe von 129 cm und eine maximale Höhe von 154 cm. Anschließend begannen die Seneszenz. Am 06. November wurde zum letzten Mal gemessen. Dabei wurde die Länge der Triebe nur soweit gemessen, wie sie noch vitale Blätter hatten. Dies war im Mittel eine Höhe von 109 cm und der längste Trieb war bis zu einer Höhe von 140 cm noch vital.

Die Tabelle 3 zeigt die Erntemengen der Brennnessel im Jahr 2018. Sie beruhen auf der Ernte von drei 50 cm Quadraten.

Tabelle 3: Erntemengen der Brennnessel 2018

Datum	Durchschnitt g FM/ Quadrat	Durchschnitt g TM/ Quadrat	Durchschnitt %TM	g FM/m²	g TM/m²
23.04.18	168,8	28,8	17,1	675,2	115,3
22.05.18	37,2	5,1	13,6	149,0	20,4
5.6.18	54,9	13,7	25,0	219,5	54,9
19.06.18	24,2	5,3	21,9	96,9	21,1
30.07.18	4,6	1,2	26,3	18,4	4,8
10.09.18	10,1	2,9	28,4	40,2	11,4
Durchschnitt	**50,0**	9,5	**22,4**	**199,9**	**38,0**
Summe	**299,8**	**57,0**		**1.199,0**	**227,9**

Von der Brennnessel konnten an sechs Ernteterminen durchschnittlich 50 g von einem Quadrat geerntet werden. Die sehr niedrige durchschnittliche Erntemenge Ende Juli kam zustande, weil nur eines der drei Quadrate für die Ernte ausreichend hohe Brennnesseln hatte. Auf einen Quadratmeter umgerechnet konnten 2018 fast 1,2 kg frische Brennnesseln geerntet werden, was bei einer Trockenmasse von im Mittel 22,4 % einer möglichen Menge von 227,9 g trockener Brennnessel pro Quadratmeter entspricht. Der Wasseranteil in den Blättern nahm bei der Brennnessel zum Jahresende hin zu.

4.1.2 Franz. Ampfer

Im Jahr 2018 hat sich der Franz. Ampfer wie in der Abb. 4 gezeigt entwickelt.

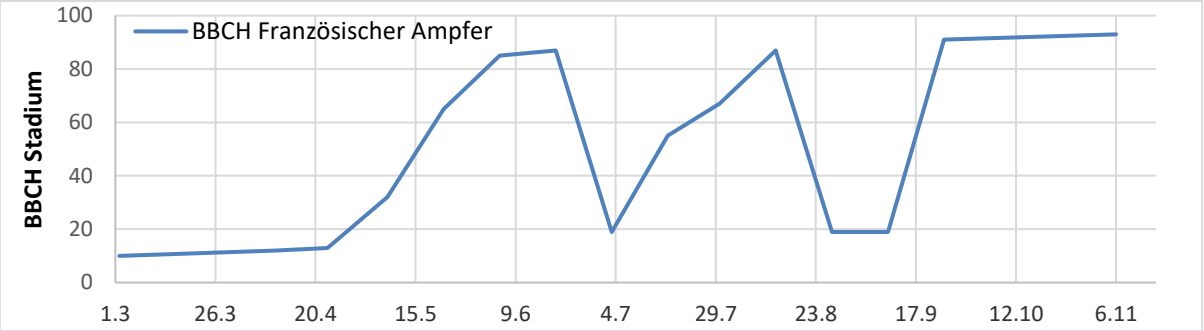


Abb. 4: BBCH-Stadienverlauf des Franz. Ampfers 2018

Vom Franz. Ampfer wuchsen bereits Anfang März die ersten Blätter aus dem Boden (BBCH 10). Anfang Mai begann der Franz. Ampfer mit dem Längenwachstum der Blütentriebe (BBCH 32). Diese blühten Mitte Mai (BBCH 65) und die Samen reiften bis Ende Juni (BBCH 87). Anschließen starb nicht die ganze Pflanze, sondern nur die insgesamt zwölf Blütentriebe starben ab. Im Juli war der Franz. Ampfer deshalb wieder im Blattstadium (BBCH 19). Vier neue Blütentriebe wurden gebildet, die Ende Juli blühten (BBCH 67) und im August abstarben. Anschließend blieb die restliche Pflanze vital (BBCH 19). Die Blätter begannen Ende September gelblicher zu werden (BBCH 91). Die Pflanze zog sich erst im November in die Erde zurück. Anfang November hatte sie noch wenige grün-gelbliche Blätter (BBCH 93). Die folgende Abbildung 5 zeigt, wie die Pflanzen des Franz. Ampfer im Jahr 2018 an Höhe und Durchmesser zugelegt haben.

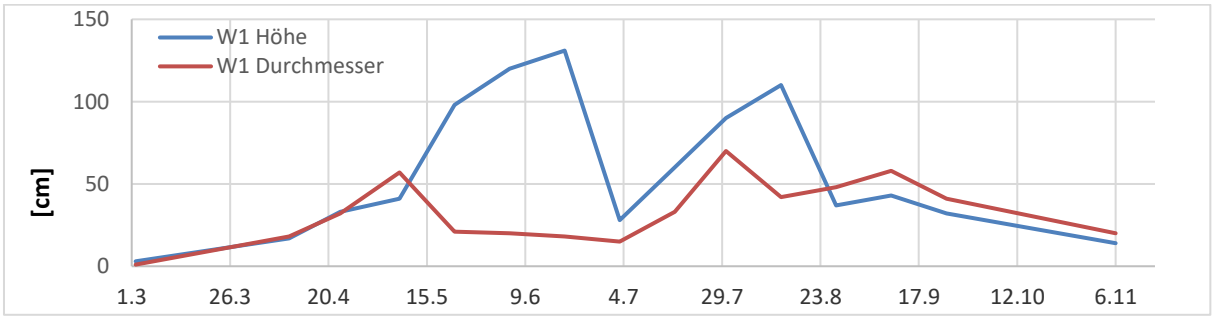


Abb. 5: Höhe und Durchmesser des Franz. Ampfers im Jahresverlauf 2018

Im März hatten die einzelnen Blätter eine Höhe von etwa 2 bis 4 cm. Im April wurden die Blätter 18 bis 32 cm hoch. Anfang Mai begannen die Blütentriebe sie zu überwachsen. Der höchste Blütentrieb erreichte 131 cm. Als die Blütentriebe Ende Juni abgestorben waren, hatten die Blätter eine Höhe von 28 cm. Dort wo sie wuchsen, drang kein Licht mehr an den Boden. Die zweiten Blütentriebe wurden nur maximal 110 cm hoch. Anschließend hatten die Blätter eine Höhe von 37 cm. Anfang September hatten die Blätter mit 43 cm ihre maximale Höhe erreicht. Der Umfang des Franz Ampfers schwankte zwischen 18 und 70 cm. Wenn die Blütentriebe am Schossen waren, wurde der Pflanzenumfang größer. Bis Anfang September wurde der Durchmesser der Pflanze insgesamt größer. Es starben anschließend nach und nach Blätter ab und die Höhe und der Umfang wurden immer kleiner. Anfang November war der Franz. Ampfer nur noch 14 cm hoch und 20 cm im Durchmesser. Der Franz. Ampfer wuchs, wie die Abbildung 7 zeigt, im Jahr 2018 trotz Wärme und Trockenheit sehr gut und ausdauernd. Die E-Pflanzen, von denen geerntet wurde, haben im Gegensatz zur W-Pflanze keine Blütentriebe gebildet.

Vom Franz. Ampfer wuchsen im Mittel 6,06 Pflanzen auf einem Quadratmeter. Auf dieser Zahl und auf den gemittelten Erträgen von zwei markierten Pflanzen beruht die Berechnung des Ertrags pro Quadratmeter in der folgenden Tabelle.

Tabelle 4: Erntemengen des Franz. Ampfers 2018

Datum	Durchschnitt g FM/Pflanze	Durchschnitt g TM/ Pflanze	Durchschnitt %TM	g FM/m²	g TM/m²
23.04.18	106	7,1	6,7	642,2	43,3
8.05.18	213,3	17,1	7,9	1292,8	103,5
22.05.18	14,1	1,2	4,3	85,1	7,3
05.06.18	147,9	13,4	8,5	896,4	81,1
19.06.18	69,6	4,4	6,4	421,8	27,1
30.7.18	70,4	6,7	9,6	426,7	40,8
13.08.18	29,4	2,8	9,6	178,2	17,0
Durchschnitt	**93,0**	**7,6**	**7,6**	**563,3**	**45,7**
Summe	**650,7**	**52,8**		**3.943,3**	**320,1**

Die Tabelle 4 zeigt, dass durchschnittlich an den sieben Ernteterminen 93 g von einer Pflanze geerntet wurden. Dies ergab eine Trockenmasse von 7,6 g pro Erntetermin und Pflanze. Insgesamt konnten von einer Pflanze im Mittel 650,7 g frische Blätter oder 52,8 g getrocknete Blätter erhalten werden. Im Durchschnitt hatten die Pflanzen einen Trockenmasseanteil von 7,6 %. Bei 6,06 Pflanzen auf einem Quadratmeter ergibt sich eine theoretische jährliche Ernte von etwa 3,9 kg Frischmasse oder 320 g Trockenmasse.

4.1.3 Gemüseampfer

Die Gemüseampferpflanzen bildeten keine dichten Nester wie die des Franz. Ampfers. Deshalb wuchs der Gemüseampfer flächig verteilt mit Gras zwischen den Pflanzen. Die Erfahrung von Stefan Schwarzer hatte gezeigt, dass es den Gemüseampfer nicht stärkt, wenn das Gras gejätet wird. Zur Wachstumsdokumentation wurde ein 50 mal 50 cm Quadrat beobachtet und die Pflanzenhöhe gemessen. Die Ergebnisse der Dokumentation des BBCH-Stadiums sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

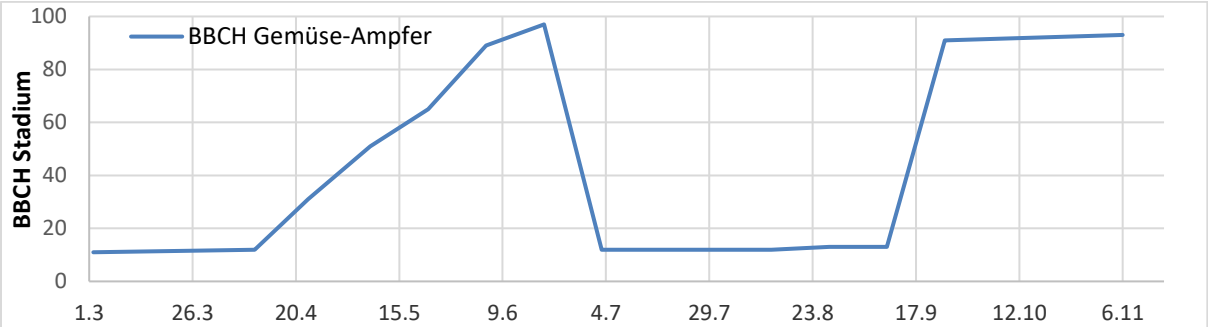


Abb. 6: BBCH Stadienverlauf des Gemüseampfers 2018

Die Abbildung 6 zeigt, dass der Gemüseampfer bereits vor Anfang März mit dem Wachstum begann (BBCH 11). Mitte April ging er bereits ins Blütentriebschossen über (BBCH 31). Insgesamt konnten zwölf Gemüseampferpflanzen auf dem Quadrat dokumentiert werden. Die ersten Schäden durch den Ampferkäfer wurden Ende April beobachtet. Mitte Mai blühte der Gemüseampfer (BBCH 65) und die Ampferkäferschäden nahmen zu. Teils waren die Blätter

nur noch ein löchriges, abgestorbenes Netz. Manche Pflanzen verschwanden ganz durch den Ampferkäfer. Anfang Juni begannen die einzigen beiden Blütentriebe abzusterben. Zu dieser Zeit wurden von Stefan Schwarzer alle Gemüseampfer außerhalb des Quadrats zur Wachstumsdokumentation abgeschnitten, um dem Ampferkäfer die Nahrung zu nehmen und um eine frühere Verjüngung des Gemüseampfers zu erreichen. Beim nächsten Dokumentationstermin Mitte Juni waren im W-Quadrat auch die beiden Blütentriebe und damit alle Gemüseampfer abgestorben (BBCH 97). Auf der restlichen Fläche konnten bereits erste neue Gemüseampfer entdeckt werden. Erste frische Blätter wurden Anfang Juli auch im W-Quadrat gesehen (BBCH 12). Die frischen Gemüseampfer wurden wieder teils vom Ampferkäfer gefressen, aber nicht so vollständig wie im Frühjahr. Insgesamt wuchsen auf dem W-Quadrat fünf neue Pflanzen. Eine zweite Blüte gab es nicht, sie blieben im Zweiblatt-Stadium. Ende September begann der Gemüseampfer abzusterben (BBCH 91).

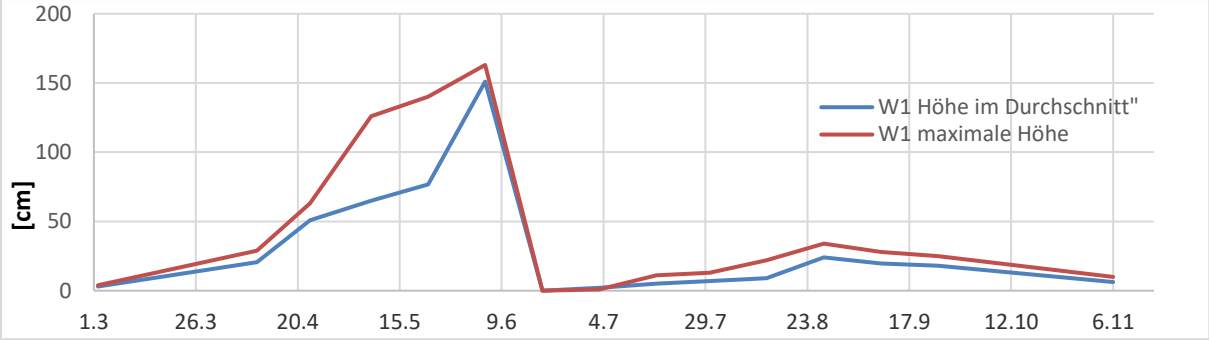


Abb. 7: Durchschnittliche und maximale Höhe des Gemüseampfers 2018

Die Höhe des Gemüseampfers stieg bis Anfang Juli an. Im April war der Gemüseampfer durchschnittlich 20 cm hoch. Das höchste Blatt erreichte 29 cm. Der höchste Blütentrieb erreichte Anfang Juni 163 cm. Im Durchschnitt waren die beiden Blütentriebe nur 151 cm hoch. Anschließend entwickelte sich eine zweite Generation des Gemüseampfers. Bis Ende August erreichten die Blätter eine Höhe von maximal 34 cm und durchschnittlich 28 cm. Anschließend nahm der Ampferkäferbefall wieder etwas zu und die Pflanzen begannen kleiner zu werden. Ende September wuchsen die Pflanzen nicht mehr und begannen abzusterben. Anfang November war das höchste Blatt noch 10 cm hoch und alle Blätter im Mittel 6,2 cm hoch. Die in der Tabelle 5 dargestellten Erträge pro Erntetermin beruhen auf dem Durchschnitt von zwei Quadraten.

Tabelle 5: Erntemengen des Gemüseampfers 2018

Datum	Durchschnitt g FM/Pflanze	Durchschnitt g TM/ Pflanze	Durchschnitt %TM	g FM/m²	g TM/m²
23.04.18	96,5	15,3	15,9	386	61,4
8.05.18	206,0	19,0	9,0	824,1	76,1
22.05.18	212,7	26,0	12,1	850,7	104,1
Durchschnitt	**171,7**	**20,1**	**12,3**	**687**	**80,5**
Summe	**515,1**	**60,4**		**2.061**	**241,6**

Aus der Tabelle 5 wird ersichtlich, dass nur dreimal vom Gemüseampfer im Jahr 2018 geerntet werden konnte. Dies lag zum einen daran, dass die Pflanzen sehr schnell ins Schossen ging

und so gut wie keine erntefähige Blattmasse mehr übrigblieb. Zum anderen lag es an dem bereits erwähnten Ampferkäfer Befall. Die erste Ernte am 23.04.18 bestand aus vitalen und nicht angefressenen Blättern die gut in Salten oder Gemüsegerichten verwendeten werden konnten. Die nächsten beiden Ernten hatten teils angefressene Blätter und festere Blütentriebe dabei. Sie waren nur für die Verwendung als gekochtes Gemüse oder getrocknet als Smoothie Pulver geeignet. In den Vorjahren sagte Stefan Schwarzer, dass im Herbst noch einmal eine Ernte möglich war. Im Jahr 2018 ist es dafür wahrscheinlich zu trocken gewesen. Bei den drei Ernteterminen betrug die durchschnittliche Erntemenge auf 0,25 Quadratmetern 171,7 g. Auf einem Quadratmeter wären das entsprechend 687 g. Als Summe sind das für die drei Erntetermine 2018 etwa 2 kg Frischmasse oder 242 g Trockenmasse pro Quadratmeter. Wobei nur der erste Termin mit 386 g Frischmasse von sehr guter Qualität war. Der Gemüseampfer hat im Vergleich zum Franz. Ampfer mit durchschnittlich 12,5 % einen höheren Trockenmasseanteil.

4.1.4 Kaukasischer Rankespinat

Der Kaukasische Rankespinat wuchs an vier Stellen am Zaun des Waldgartens. Diese vier Stellen waren runde Bereiche, in denen viele Triebe des K. Rankespinats aus der Erde kamen. Es wird deshalb von einem nestartigen Wuchs gesprochen. Eines der Nester wurde zur Wachstumsdokumentation genutzt und eines zur Ertragsdokumentation. Die anderen beiden Standen der Gemeinschaft Schloss Tempelhof zur Ernte zur Verfügung. Die folgende Abbildung 8 zeigt den Entwicklungsverlauf des K. Rankespinats.

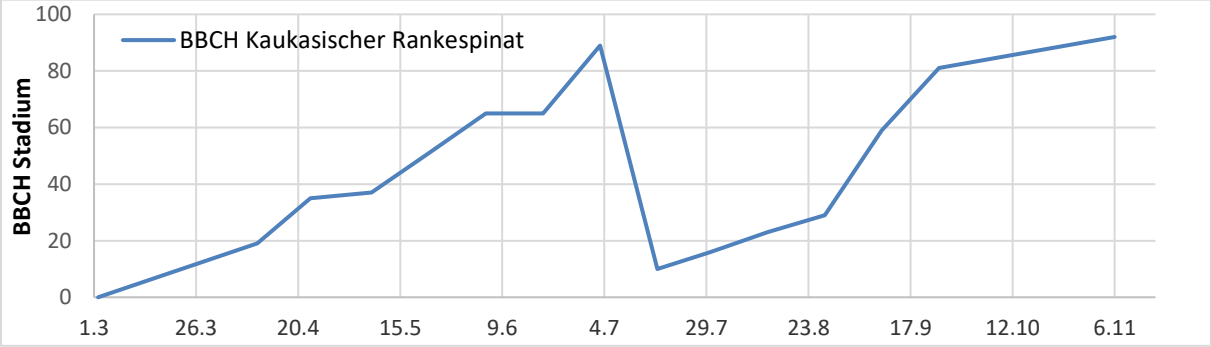


Abbildung 8: BBCH-Stadienverlauf des K. Rankespinats 2018

Der K. Rankespinat begann im März mit dem Wachstum und hatte am 10. April bereits sehr viele Blätter an den Trieben (BBCH 19). Ende April begannen die Triebe mit dem Schossen (BBCH 35). Im Juni blühte der K. Rankespinat (BBCH 65). Bis Anfang Juli war die Samenbildung beendet (BBCH 89) und die Triebe starben ab. Mitte Juli waren bereits frische Triebe aus der Pflanzenbasis gewachsen (BBCH 17). Diese setzten Mitte September überwiegend mit Knospen zu einer zweiten Blüte an (BBCH 59). Die Blüten waren Ende September bereits verblüht und die Samenbildung hatte eingesetzt (BBCH 81). Im Oktober begann der K. Rankespinat abzusterben.

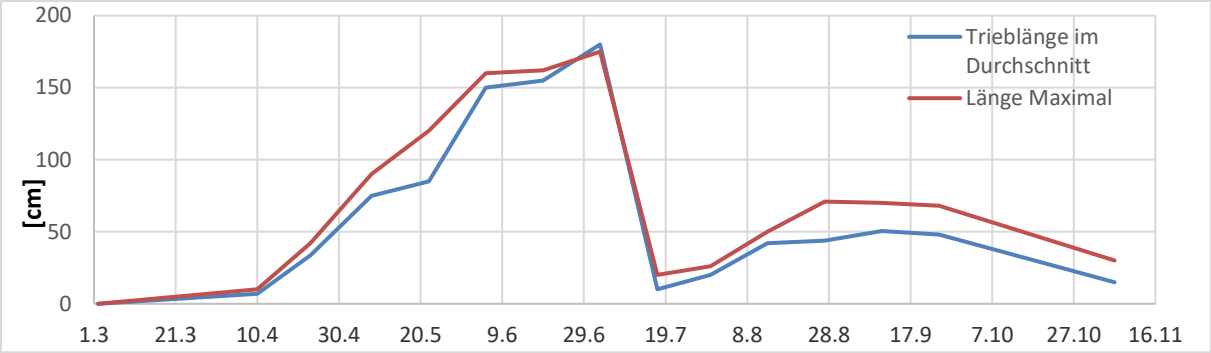


Abbildung 9: Durchschnittliche und maximale Trieblängen des K. Rankespinats 2018

Die Triebe des K. Rankespinat waren Anfang April durchschnittlich 7 cm hoch und maximal 10 cm lang. Bis zum 23. April war der längste Trieb 42 cm lang und der Durchschnitt etwa 33 cm. Bis zum Absterben der Triebe im Juli erreichten sie eine Länge von maximal 180 cm und im Mittel 175 cm. Die Triebe standen bereits seit Juni nicht mehr aufrecht, sondern berankten den Zaun. Die frischen Triebe waren Mitte Juli 10 cm hoch und die Pflanzenbasis hatte einen Durchmesser von 20 cm. Bis Ende August hatte der Rankespinat eine mittlere Trieblänge von 42 cm. Im September reiften noch die Samen der zweiten Blüte und im Oktober begann der K. Rankespinat kleiner zu werden. Anfang November waren seine vitalen Triebe noch durchschnittlich 15 und maximal 20 cm lang.

Vom K. Rankespinat wuchsen etwa 2 Pflanzen auf einem Quadratmeter. Die Erntemengen vom Spinat ergaben mit dieser Zahl die folgenden Berechnungen der Tabelle 6.

Tabelle 6: Erntemengen des K. Rankespinats 2018

Datum	FM Ertrag E1	TM E1	% TM E1	g FM/m²	g TM/m²
23.04.18	83,2	8,1	9,7	166,4	16,2
08.05.18	58,3	7,3	12,5	116,7	14,6
22.05.18	63,8	8,4	13,1	127,5	16,7
05.06.18	519,0	82,6	15,9	1037,9	165,2
19.06.18	129,7	22,9	17,6	259,5	45,8
30.07.18	130,8	22,4	17,1	261,6	44,8
13.08.18	67,1	12,9	19,2	134,2	25,8
27.8.18	11,4	1,8	16.0	22,8	3,6
10.09.18	12,5	2,2	18,0	24,92	4,5
Durchschnitt:	**119,5**	**18,7**	15,5	**239,1**	**37,5**
Summe:	**1075,8**	**168,6**		**2.151,6**	**337,2**

Insgesamt konnten von einer Pflanze 2018 1,08 kg K. Rankespinat geerntet werden. Auf einem Quadratmeter umgerechnet ergibt das 2,15 kg frischen Spinat oder 337,2 g getrockente Blätter. Der Trockenmasseanteil des K. Rankespinats liegt durchschnittlich bei 15,5 %. Es konnte eine Zunahme des Trockenmasseanteils von 9,7 % im April zu 19,2 % Mitte August beobachtet werden. Der Ertrag war mit 519 g von einer Pflanze im Juni am höchsten. Bei dieser Ernte waren erstmals von Stefan Schwarzer sehr lange und damit auch stärkere Triebe geerntet worden. Beim folgenden Erntetermin sollte deshalb geprüft werden, wieviel dabei die Stängel und wieviel die Blätter ausgemacht haben. Von den 129,7 g Pflanzenmaterial am

19.6.18 waren 78 % Blätter und 22 % Stängel. Diese Stängel waren aber nicht zu faserig und hart, sodass sie gut gekocht gegessen werden konnten. Eine Verarbeitung zu frischem Salat war aber weniger empfehlenswert. Die anderen sieben Ernten enthielten, wenn überhaupt dann zartere Stängel, welche auch in Salaten mitgegessen werden konnten.

4.1.5 Speisebeinwell

Der Speisebeinwell wächst als krautige Staude mit einer dichten, runden Pflanzenbasis. Zur Entwicklungsdokumentation wurden zwei Pflanzen markiert. Das Ergebnis ist in der folgenden Abbildung zusammengefasst.

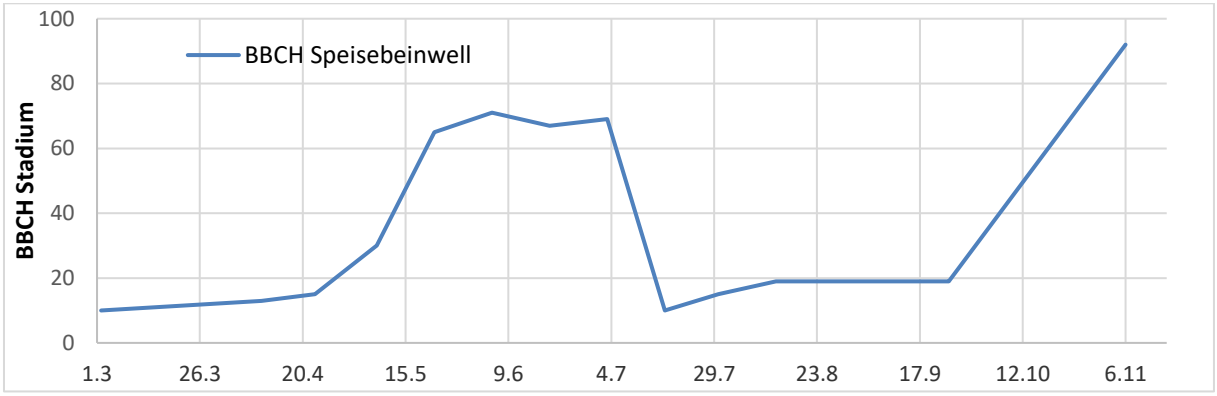


Abb. 10: BBCH-Stadienverlauf des Speisebeinwells 2018

Im März waren vom Speisebeinwell erste Blattspitzen zu sehen, die am 10. April zahlreicher und größer wurden (BBCH 13). Anfang Mai begann der Beinwell mit dem Längenwachstum (BBCH 30). Mitte Mai blühte er bereits. Die Pflanzen bildeten immer wieder neue Blüten und Verzweigungen (BBCH 65 bis 69), während andere verblühten. Diese Phase des immer wieder von neuem Blühen dauerte bis Anfang Juli. Danach starben die Blütentriebe sehr schnell ab und der Beinwell trieb an seiner Basis neue Blätter aus. Diese wurden im August wieder sehr zahlreich und immer größer (BBCH 19). Im November hatte der Speisebeinwell mit dem Absterben begonnen (BBCH 92). Die nächste Abbildung 11 zeigt das Wachstum des Speisebeinwells im Jahr 2018.

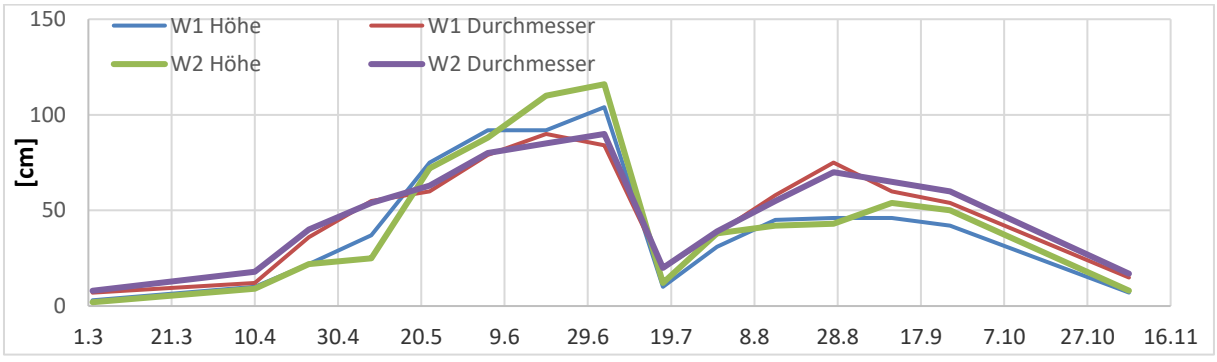


Abb.11: Höhe und Durchmesser des Speisebeinwells im Jahresverlauf 2018

Im März waren die Blätter des Speisebeinwells nur 2 bis 3 cm hoch und die Pflanzenbasis hatte einen Durchmesser von 7 bis 8 cm. Bis Ende April wuchs der Beinwell zunehmend schneller und erreichte bei beiden W-Pflanzen einen Durchmesser von 22 cm. W1 war mit 36 cm Durchmesser etwas kleiner als W2 mit 40 cm Durchmesser. Die Blätter wuchsen sehr

dicht und ließen kein Licht an den Boden. Am Anfang der Blüte war W1 75 cm hoch und 60 cm breit, während W2 72 cm hoch und 73 cm breit war. Bis zum Ende der langen Blütephase wurde die W1-Pflanze 104 cm och mit einem Durchmesser von 84 cm und die W2-Pflanze 116 cm hoch bei einem Durchmesser von etwa 90 cm. Anschließend begannen die Speisebeinwell-Pflanzen wieder klein mit Blatthöhen von 10 und 12 cm. Ende August waren die Pflanzen wieder relativ breit und hoch bei 75 bzw. 70 cm Durchmesser und einer Höhe von 46 bzw. 43 cm. Im September wuchs der Speisebeinwell kaum noch und im November war er am Absterben. Wenige vitale Blätter hatten noch eine Höhe von 7 bis 8 cm und der Pflanzendurchmesser betrug nur noch 15 bis 17 cm.

Die Speisebeinwell Pflanzen wachsen stark in die Breite, weshalb nur 2,5 Pflanzen auf einem Quadratmeter im Waldgarten Schloss Tempelhof stehen. Für die in der folgenden Tabelle aufgeführten Erträge wurde von drei Speisebeinwell Pflanzen geerntet und ihre Erträge gemittelt.

Tabelle 7: Erntemengen des Speisebeinwells 2018

Datum	Durchschnitt g FM/Pflanze	Durchschnitt g TM/ Pflanze	Durchschnitt %TM	g FM/m²	g TM/m²
23.04.18	37,7	4,9	13,1	94,2	12,3
8.05.18	94,1	13,7	14,5	235,1	34,2
22.05.18	23,1	3,0	12,8	57,7	7,4
4.06.18	52,3	11,9	22,8	130,8	29,8
19.06.18	14,7	2,9	19,9	36,7	7,3
30.07.18	29,1	3,8	11,2	72,7	9,4
13.08.18	31,5	3,4	13,5	78,8	8,5
27.08.18	13,7	1,6	11,7	34,1	3,9
10.09.18	25,0	3,4	13,5	62,5	8,5
Durchschnitt:	**35,7**	**5,4**	**14,8**	**89,2**	**13,5**
Summe:	**321,1**	**48,5**		**802,6**	**121,3**

Aus der Tabelle 7 geht hervor, dass vom Speisebeinwell auf einem Quadratmeter etwas über 800 g frische Blätter in einem Jahr geerntet werden können. Dies ist im Vergleich zu den anderen Kulturen ein relativ niedriger Wert, was unter anderem an den relativ wenigen Pflanzen auf einem Quadratmeter liegt. Pro Pflanze konnten bei einem Erntetermin 35,7 g Beinwellblätter geerntet werden. Bei neun Ernteterminen sind das 321,1 g Beinwellblätter von einer Pflanze. Die meisten Blätter konnten mit 94,1 pro Pflanze am 8. Mai geerntet werden. Der Beinwell hatte eine durchschnittliche Trockenmasse von 14,8 %. Im Juni war die Trockenmasse mit 20 bis 23 % am höchsten. In den anderen Monaten schwankte sie zwischen 11 und 14,5 %.

4.1.6 Staudenbuchweizen

Der Staudenbuchweizen ist die letzte der untersuchten Kulturen, die 2018 mit dem Wachstum begonnen hat. Die folgende Abbildung 12 zeigt ihren Entwicklungsverlauf 2018.

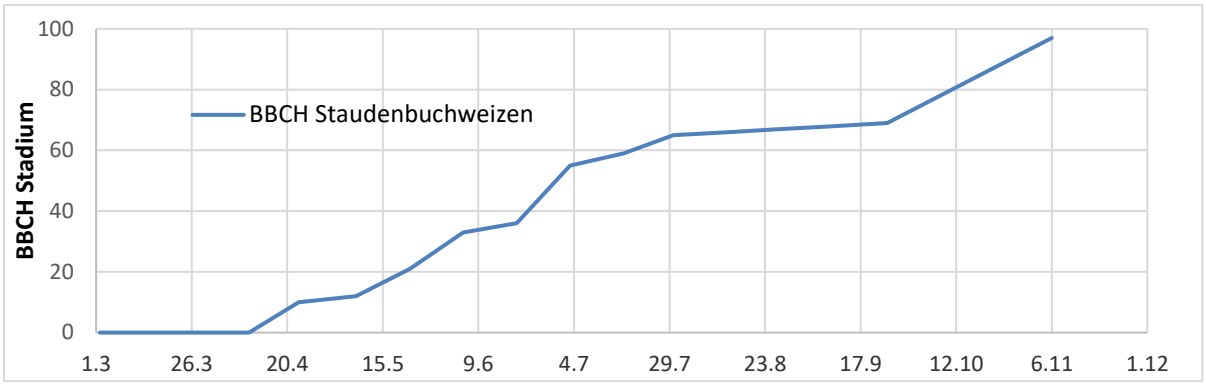


Abb. 12: BBCH-Stadienverlauf des Staudenbuchweizens 2018

Die ersten Keimblätter des Staudenbuchweizens wurden am 22. April gesehen (BBCH 10). Anfang Mai hatten die Pflanzen dann jeweils etwa zwei Blätter. Ende Mai verzweigten sich die Staudenbuchweizen (BBCH 21). Im Juni begann er mit dem Längenwachstum (BBCH 33) und Anfang Juli hatte der Staudenbuchweizen Blütenknospen gebildet (BBCH 55). Ab Ende Juli bis Ende September blühte der Staudenbuchweizen (BBCH 65 bis 69). Im November beim letzten Dokumentationstermin hatte der Staudenbuchweizen bereits keine Blätter mehr (BBCH 97) und war somit sehr schnell im Oktober abgestorben.

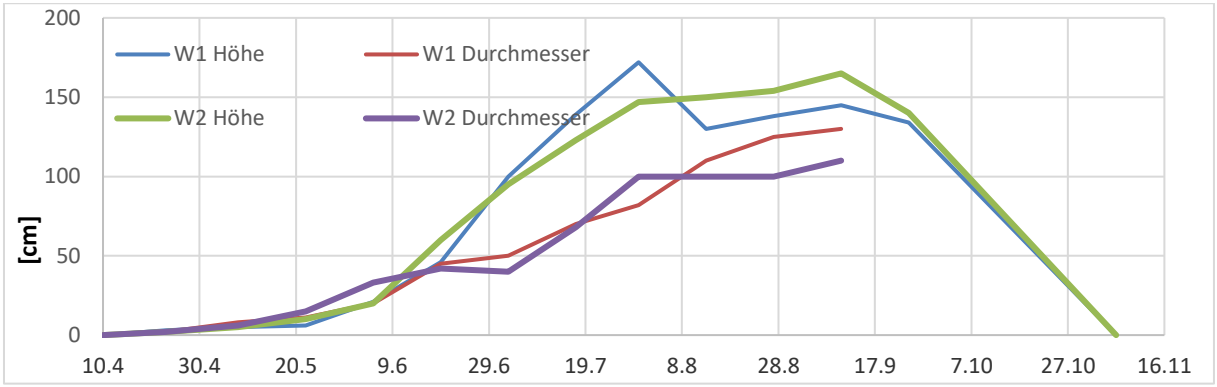


Abb.13: Höhe und Durchmesser des Staudenbuchweizens im Jahresverlauf 2018

Die Keimblätter Ende April waren 3 bzw. 2 cm hoch. Bis Ende Mai wurden daraus 6 bzw. 10 cm hohe und 11 bzw. 15 cm breite Pflanzen. Anschließend beschleunigte sich das Wachstum des Staudenbuchweizens. Er erreichte seine maximale Höhe Ende Juli mit 172 bzw. 147 cm. Anschließend nahm die Höhe etwas ab, aber durch stärker zur Seite hängende Triebe wurde der Durchmesser größer. Er war Anfang September mit 130 bzw. 110 cm am höchsten. Im Waldgarten Schloss Tempelhof wurde eine Pflanzendichte von 3,8 Staudenbuchweizen auf einem Quadratmeter ermittelt. Die Zahlen der Tabelle 8 basieren darauf und auf den durchschnittlichen Erträgen von zwei markierten Staudenbuchweizen.

Tabelle 8: Erntemengen des Staudenbuchweizens 2018

Datum	Durchschnitt g FM/Pflanze	Durchschnitt g TM/ Pflanze	Durchschnitt %TM	g FM/m²	g TM/m²
19.06.18	55,1	11,4	20,5	209,3	43,43
03.07.18	37,6	10,5	27,8	142,9	39,73
30.07.18	143,0	34,7	23,1	543,5	131,9
13.08.18	12,7	3,7	29,7	48,1	14,21
27.08.18	16,2	3,5	21,5	61,6	13,36
10.09.18	29,8	7,7	25,9	113,1	0,00
Durchschnitt:	**49,1**	**11,9**	**24,8**	**186,4**	**45,3**
Summe:	**294,3**	**71,6**		**1.118,1**	**272,0**

Vom Staudenbuchweizen konnte 2018 sechsmal geerntet werden. Den höchsten Ertrag hatte die Ernte Ende Juli mit im Mittel 143,0 g pro Pflanze. Bei dieser Ernte waren die Staudenbuchweizen-Pflanzen sehr groß und hatten lange Triebe mit Blüten. Die Triebe mussten deshalb insgesamt gekürzt werden. Es wurden also nicht nur zarte Spitzen oder Seitentriebe geerntet. Insgesamt machten die Stängel 51,5 % und die Blüten 5,9 % des Ernteguts aus. Diese wurden aussortiert und übrig geblieben sind die 42,6 % Blattmasse mit durchschnittlich 143,0 g pro Pflanze. Die folgenden Ernten der E-Pflanzen enthielten keine Stängel oder Blüten. Im Durchschnitt konnten an einem Erntetermin 49,1 g Blätter pro Pflanze geerntet werden. Im Jahr sind das 1,12 kg frische Buchweizenblätter auf dem Quadratmeter oder 272 g trockene Blätter.

4.1.7 Staudenkresse

Die Staudenkresse hat sich 2018 im Waldgarten Schloss Tempelhof, wie in der folgenden Abbildung dargestellt, entwickelt.

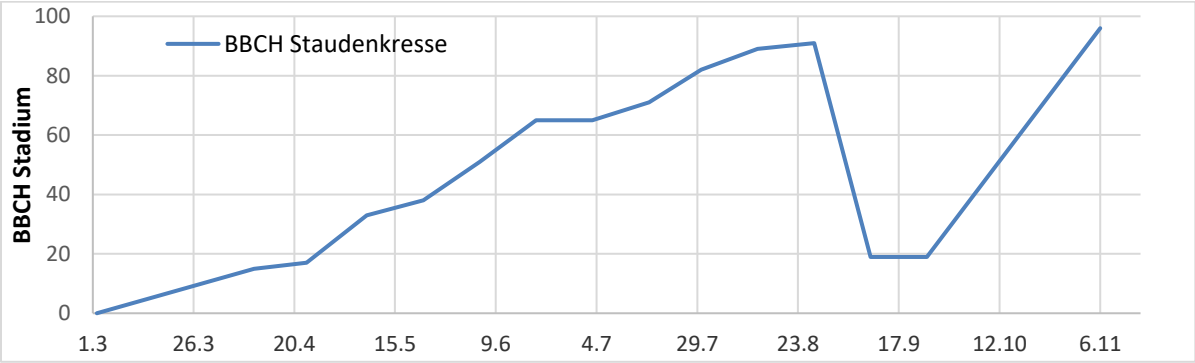


Abb. 14: BBCH-Stadienverlauf der Staudenkresse 2018

Anfang März befand sich die Staudenkresse noch in der Winterruhe. Am 10. April hatte die Kresse bereits im Mittel 5 Blätter (BBCH 15). Im Mai wuchs die Staudenkresse in die Höhe (BBCH 33 bis 38). Am 5.6.18 waren erste Knospen angelegt (BBCH 51) und die Blüte begann Mitte Juni (BBCH 65 am 19.6.18). Einen Monat später, Mitte Juli, war die Staudenkresse verblüht (BBCH 71) und im August reiften die Samen aus (BBCH 82 bis 89). Ende August starb der Blütentrieb und damit alles oberirdische der Pflanze ab. Am 10. September waren aber bereits wieder frische Blätter aus der Pflanzenbasis gewachsen (BBCH 19). Diese

wurden bis Ende September größer und im November waren die meisten Blätter vollständig abgestorben (BBCH 96).

Von der Staudenkresse wurde zu Beginn der Dokumentation auch der Durchmesser notiert. Da die Staudenkresse aber nicht in die Breite wuchs, wurde er ab der Hälfte der Zeit vernachlässigt. Die Staudenkresse hatte mit ihren Blättern im Mai einen Durchmesser von 20 cm erreicht und diesen nicht vergrößert, da sie bei der Blüte gerade nach oben wuchs und die Blätter an ihrer Basis nicht üppiger wurden. Die nächste Abbildung zeigt deshalb nur die Höhe der Staudenkresse im Jahresverlauf 2018.

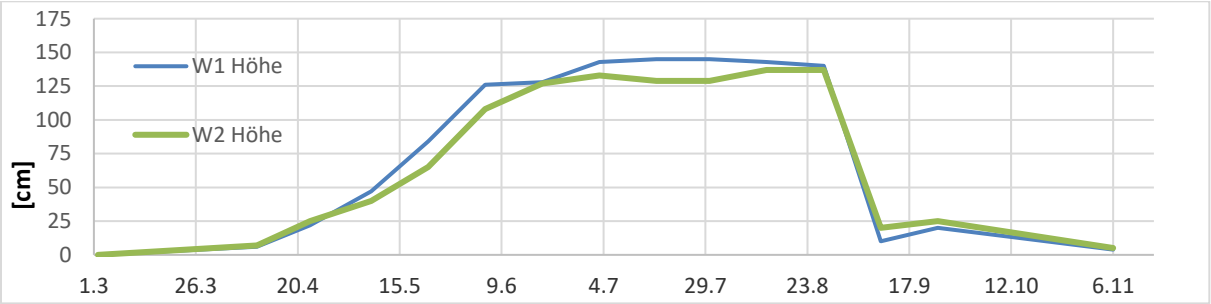


Abb.15: Höhe der Staudenkresse im Jahresverlauf 2018

Anfang April waren die ersten Blätter der Staudenkresse nur 6 (W1) und 7 cm (W2) hoch. Bis Ende April wuchsen sie auf eine Höhe von 22 und 25 cm. Anschließend begann das Längenwachstum, welches mit dem Beginn der Blüte und einer Höhe von 126 bzw. 108 cm fast abgeschlossen war. Bis zum Ende der Blüte wurden die beiden W-Pflanzen 143 und 133 cm hoch. Bei dieser Höhe blieben sie in etwa, bis der Blütentrieb abgestorben war. Die ersten frischen Blätter waren am 10. September 10 und 20 cm hoch. Bis Ende September erreichten sie 20 und 25cm. Im November waren nur noch 4 bis 5 cm hohe vitale Blätter vorhanden. Die Staudenkresse tauchte über ihre Wurzelausläufer zunehmend auf dem Weg und im Beet der Taubnessel auf. Auf einem Quadratmeter im Waldgarten Schloss Tempelhof wuchsen 2018 11,75 Pflanzen der Staudenkresse.

Tabelle 9: Erntemengen der Staudenkresse 2018

Datum	Durchschnitt g FM/Pflanze	Durchschnitt g TM/ Pflanze	Durchschnitt %TM	g FM/m²	g TM/m²
23.04.18	11,9	1,8	10,3	140,3	21,5
08.05.18	38,4	7,4	19,4	450,7	87,4
22.05.18	16,8	3,9	24,6	197,4	46,3
04.06.18	24,2	7,4	20,4	284,0	86,4
19.06.18	91.0	23,0	25,3	1069,3	270,3
30.07.18	9,2	1,6	21,5	107,8	18,9
13.08.18	7,4	1,6	22,5	86,4	19,0
27.08.18	2,3	0,4	19,3	26,5	5,1
10.09.18	1,1	0,0	0,0	12,6	0,0
Durchschnitt:	**22,5**	**5,2**	**20,0**	**263,9**	**60,6**
Summe:	**298,9**	**46,4**		**2.374,9**	**545,1**

Mitte Juni hatten auch die Staudenkressepflanzen einen Blütentrieb gebildet. Dieser wurde vollständig abgeerntet. Anschließend wurden die Stängel aussortiert. Von der Gesamtmasse hatten die Stängel im Mittel einen Anteil von 51,6%, die Blätter machten 39,4 % und die Blüten 9 % aus. Bei der Staudenkresse sind Blätter und Blüten essbar, deshalb wurden sie gemeinsam als Ertrag gewertet. Alle drei Pflanzen hatte im Durchschnitt 91 g Blätter und Blüten. Die Ernte Mitte Juni war damit die ertragreichste. Im Durchschnitt waren es bei einer Ernte nur 22,5 g Blätter pro Pflanze. Auf einem Quadratmeter ergibt dies durchschnittlich 263,9 g an einem Erntetermin. Im Jahr sind es bei neun Ernten folglich 2,37 kg Staudenkresse pro Quadratmeter.

4.1.8 Süßdolde

Während der Vegetationszeit 2018 hat sich die Süßdolde im Waldgarten Schloss Tempelhof wie in der Abbildung 16 dargestellt entwickelt.

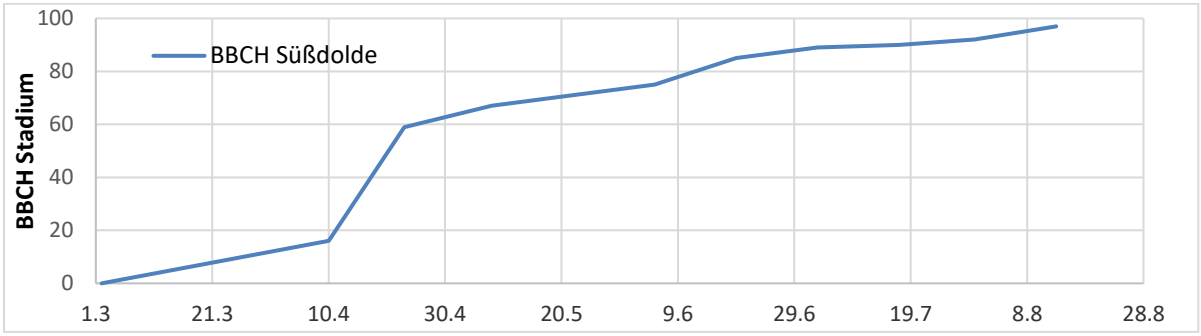


Abb. 16: BBCH Stadienverlauf der Süßdolde 2018

Die Abb. 16 zeigt, dass die Süßdolde im März noch nicht mit dem Wachstum begonnen hatte. Am 10. April hatten die Pflanzen etwa sechs Blätter (BBCH 16). Ihren größten Entwicklungssprung hin zur Blüte machte die Süßdolde Ende April (BBCH 59 am 23.04.18). Im Juni während der Samenreife hatten die Süßdolden ihre maximale Größe (BBCH 75). Ab Ende Juni begannen die Pflanze abzusterben und Mitte August waren nur noch Reste ihrer Blätter zu sehen. Diese Beobachtungen beruht aber auf den beiden W-Pflanzen, von denen nicht geerntet wurde und die für die Wachstumsanalyse verwendet wurden. Andere benachbarte Pflanzen, von denen immer mal wieder geerntet wurde, hatten überwiegend noch ein paar vitale Blätter im August und September. Diese Pflanzen zogen sich überwiegend im Oktober und die letzten im November in den Boden zurück.

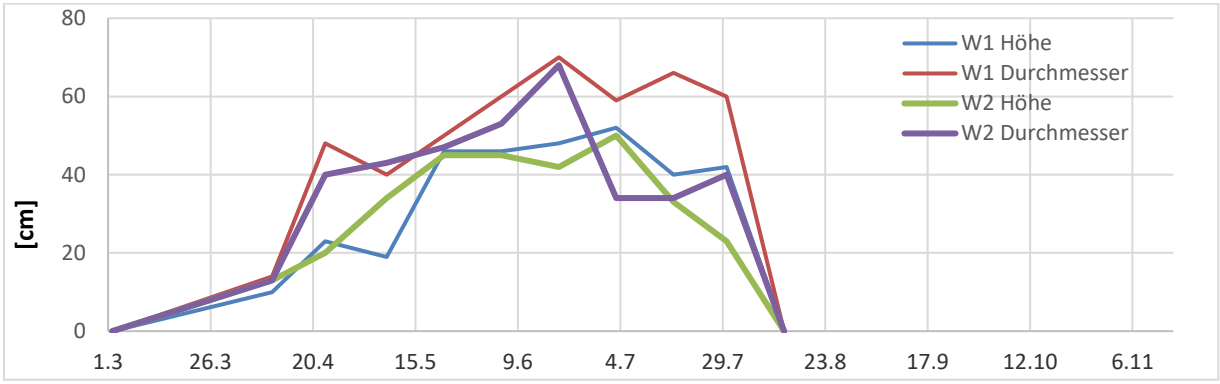


Abb. 17: Höhe und Durchmesser der Süßdolde im Jahresverlauf 2018

Aus der Abbildung 17 geht hervor, dass die Süßdolde W1 allgemein etwas größer wurde als die Süßdolde W2. Im Folgenden wird die W1 Pflanze immer zuerst genannt. Zu Anfang hatten beide Pflanzen einen Durchmesser von 13 cm und eine Höhe von 10 bzw. 13 cm. Bis zum 23.04.18 wuchsen die Pflanzen sehr schnell und erreichten eine Höhe von 23 und 20 cm und einen Durchmesser von 48 und 40 cm. Anschließend wurde der Pflanzenumfang nur noch langsam größer. Die Höhe der Pflanzen nahm bis zum 22.5.18 noch schneller zu. Bei der Dokumentation am 19.06.18 hatten die Pflanzen ihr Größenmaximum mit einem Durchmesser von 70 bzw. 68 cm und einer Höhe von 48 bzw. 42 cm. Bis zum 30.7.18 nahm die Pflanzengröße langsam ab und bis zum 13.8.18 waren die W-Pflanzen der Süßdolde ganz verschwunden.

In der folgenden Tabelle 10 werden die durchschnittlichen Erträge von der Süßdolde dargestellt. Sie beruhen auf den gemessenen Erträgen von drei Pflanzen und einer Pflanzendichte von durchschnittlichen 4,4 Pflanzen pro Quadratmeter. Die verwendeten Pflanzen sahen bei Beginn der Datenaufnahme durchschnittlich aus und wurden deshalb ausgewählt. Geerntet wurden überwiegend weiche frische Blätter und in der Blütezeit auch Blüten. Nur sehr wenige Pflanzen haben Samen produziert. Diese wurden nicht geerntet.

Tabelle 10: Erntemengen der Süßdolde 2018

Datum	Durchschnitt FM/Pflanze [g]	Durchschnitt TM/Pflanze [g]	% TM	FM/m² [g]	TM/m² [g]
23.4.18	42,8	7,0	16,7	188,3	30,8
08.05.18	87,0	17,1	13,7	382,7	75,2
22.05.18	31,4	5,4	16,8	137,9	23,9
5.6.28	86,4	14,9	18,4	380,3	65,6
19.06.18	59,7	11,6	20,0	262,9	51,2
30.07.18	13,4	3,3	25,4	58,9	14,7
Durchschnitt	**53,4**	**9,9**	**18,5**	**235,2**	**43,6**
Summe	**320,7**	**59,4**		**1.411,0**	**261,6**

Im Jahr 2018 konnten etwa 1,4 kg Frischmasse auf einem Quadratmeter Süßdolde geerntet werden. Eine Pflanze hatte einen Jahresertrag von durchschnittlich 320 g. Der prozentuale Anteil an Trockenmasse lag im Mittel bei 18,5 %. Auf den Quadratmeter konnte entsprechend 261,6 g Trockenmasse erhalten werden. Die erste Ernte konnte Ende April gemacht werden und die letzte Ende Juli. Danach hatten die Pflanzen nur noch wenige Blätter und wurden in Ruhe gelassen, damit sie Kraft für das nächste Frühjahr sammeln können.

4.1.9 Teefenchel

Der Teefenchel hatte bereits vor dem 2.3.18 mit dem Wachstum begonnen und aus dem Schnee herausgeragt. Beim nächsten Besuch des Waldgartens am 10.04.18 waren die Teefenchelpflanzen aus dem März erfroren und nicht mehr zu sehen. Vereinzelt kamen neue Pflanzen aus der Erde. Der Teefenchel hatte 2018 nicht nur zu früh ausgetrieben. Die verholzten Triebe des Vorjahres waren vom Schnee im Februar und März zu Boden gedrückt worden, was zu Schäden an den Wurzeln führte. Die Wurzeln rissen wahrscheinlich durch den Zug des umgebogenen, noch immer stabilen Triebes ab. Die folgende Entwicklung des

Teefenchel im Waldgarten Schloss Tempelhof wird durch die BBCH Stadien in der Abbildung 18 dargestellt.

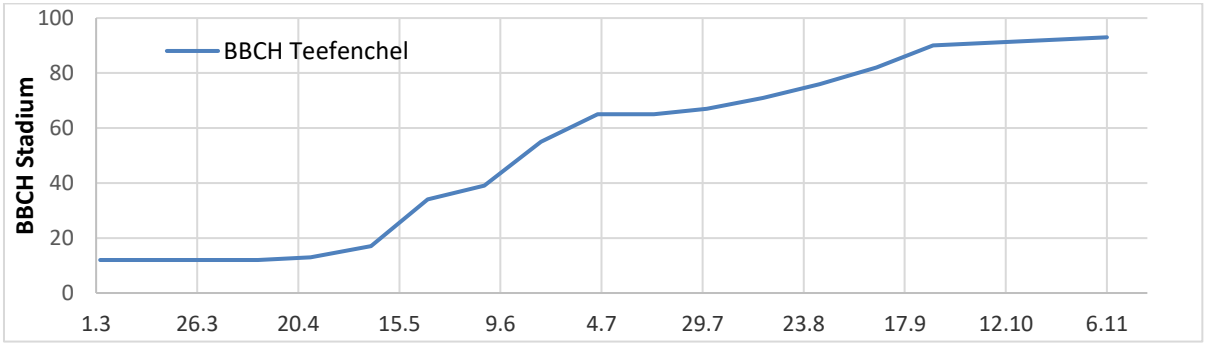


Abb. 18: BBCH Stadienverlauf des Teefenchel 2018

Im März und April waren kleine Pflanzen mit zwei Blättern sichtbar (BBCH 12). Ende April kamen mehr Pflanzen dazu. Im Mai begann der Teefenchel mehr Blätter zu bilden und Ende Mai in das Längenwachstum überzugehen (BBCH 34). Mitte Juni waren die ersten Blütenknospen angelegt (BBCH 55). Im Juli blühte der Teefenchel (BBCH 65 bis 67). Im August begann die Samenreife, sehr vereinzelt gab es noch Blüten (BBCH 71 bis 76). Mitte September waren die meisten Samen noch grün, aber fast ausgereift (BBCH 82). Ende September begann die Pflanze von den Samenständen ausgehend abzusterben (BBCH 90). Im November war dieser Prozess etwas weiter fortgeschritten (BBCH 93).

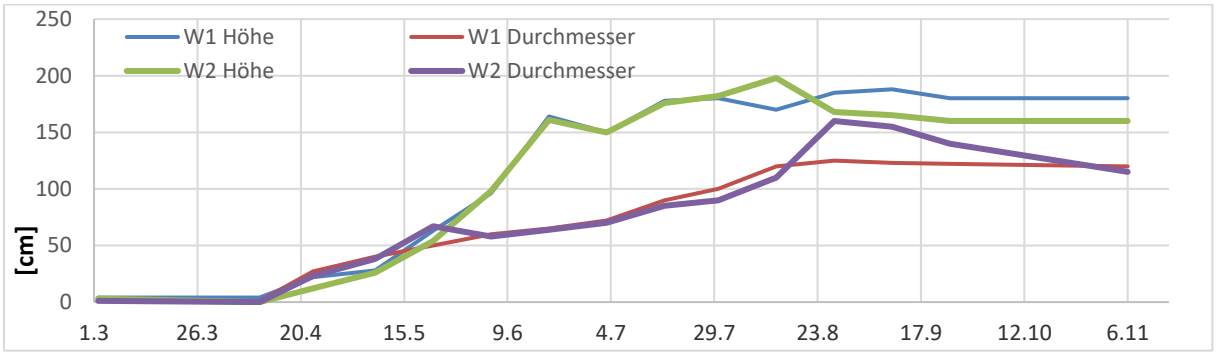


Abb. 19: Höhe und Durchmesser des Teefenchels im Jahresverlauf 2018

Die Teefenchel Pflanzen am 2.3.18 waren 4 und 3 cm hoch, erfroren aber wieder. Am 10.04.18 waren nur wenige Teefenchel zu sehen, deshalb wurde vorerst nur eine Pflanze zur Wachstumsdokumentation markiert. Diese hatte zu dem Zeitpunkt eine Höhe von 4 cm und einen Durchmesser von 1 cm. Ende April waren mehr Pflanzen zu sehen und es wurde eine zweite zur Messung des Teefenchelwachstums markiert. Im Mai wurden die Pflanzen zunehmend breiter und höher. Ende Mai erreichten sie eine Breite und Höhe zwischen 50 und 60 cm. Anschließend wuchsen die Teefenchel sehr schnell und erreichten bis Mitte Juni eine Höhe von 161 bzw. 164 cm. Der Durchmesser des Teefenchels nahm nur langsam zu und lag Mitte Juni bei 64 cm. Je weiter die Blühte und die Samenbildung voranschritt, desto weniger gerade standen die Triebe. Die maximale Höhe von 188 cm konnte beim Teefenchel W1 am 10.09.18 gemessen werden. Der Teefenchel W2 hatte am 13.08.18 am höchsten gemessen worden. Ende August wurde bei W2 die Höhe bereits wieder geringer, die Breite wurde dafür größer. Die Triebe des Teefenchels W2 standen weniger gerade und hingen mehr zur Seite,

Ende September waren beide Teefenchel nur noch 180 bzw.160 cm hoch. An der Pflanzengröße änderte sich auch im November nichts, nur die Vitalität hatte abgenommen.

Im Waldgarten wuchsen 2018 3,5 Teefenchel auf einem Quadratmeter. Die Daten von zwei zur Ernte markierten Pflanzen ergeben mit dieser Zahl die in der Tabelle 11 dargestellten Ergebnisse.

Tabelle 11: Erntemengen des Teefenchels 2018

Datum	Durchschnitt g FM/Pflanze	Durchschnitt g TM/ Pflanze	Durchschnitt %TM	g FM/m²	g TM/m²
22.05.18	37,4	7,1	23,1	131,0	24,8
05.06.18	31,0	5,7	18,4	108,5	20,0
19.06.18	31,5	6,1	20,0	110,1	21,2
30.07.18	6,4	1,6	25,7	22,3	5,6
10.09.18	30,6	10,3	32,6	107,1	36,2
Durchschnitt	**27,4**	**6,2**	**24,0**	**95,8**	**21,6**
Summe	136,9	30,8		**479,1**	**107,8**

Vom Teefenchel konnte Ende Mai 2018 erstmals geerntet werden. Bei einer Ernte von einer Pflanze wurde durchschnittlich 27,4 g an Erntegut erhalten. Auf einem Quadratmeter sind das 95,8 pro Pflanze und fast 480 g auf einem Quadratmeter. Die ersten drei Ernten bestanden nur aus Blättern und im Juli war es eine Mischung aus Blättern und Blüten. Die Ernte am 10. September waren Samen. Diese hatten auch mit 32,6 % den höchsten Trockenmasse Anteil. Die Blätter und Blüten hatten im Durchschnitt eine Trockenmasse von 21,8 %. Gemeinsam mit den Samen liegt der Durchschnitt bei 24 %.

4.1.10 Weiße Taubnessel

Die Weiße Taubnessel hat einen flächigen Wuchs. Deshalb wurden bei der Taubnessel nicht Einzelpflanzen, sondern ein 50 mal 50 cm Quadrat abgesteckt und regelmäßig dokumentiert und vermessen. Das Ergebnis zur Pflanzenentwicklung in BBCH Stadien zeigt die folgende Abbildung.

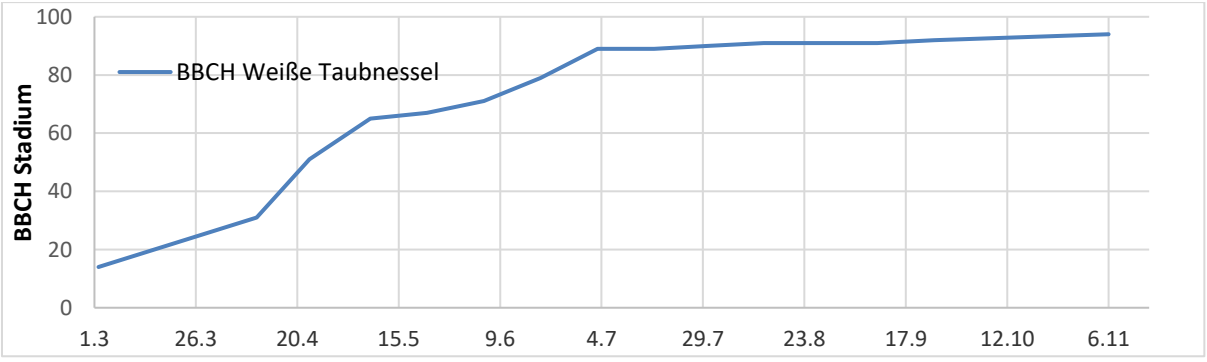


Abb. 20: BBCH Stadienverlauf Weiße Taubnessel

Aus der Auftragung der BBCH Stadien ist zu erkennen, dass die Taubnessel bereits im März aus der Erde gekommen ist und beim ersten Dokumentationstermin des Wachstums am 10. April bereits beim Längenwachstum war (BBCH 31). Anfang Mai bis Anfang Juni blühte die Taubnessel (BBCH 65 und 67). Anschließend reiften die Samen aus. Ende Juli sahen die

Pflanzen aus, als würden sie absterben (BBCH 90). Es blieben aber noch über einen langen Zeitraum bis Anfang November kleine Taubnesseltriebe mit wenigen Blättern vorhanden. Diese wurden aber langsam immer kleiner und unscheinbarer, deshalb wurde diese Phase als Teil der Seneszenz beurteil (BBCH 91 bis 94).

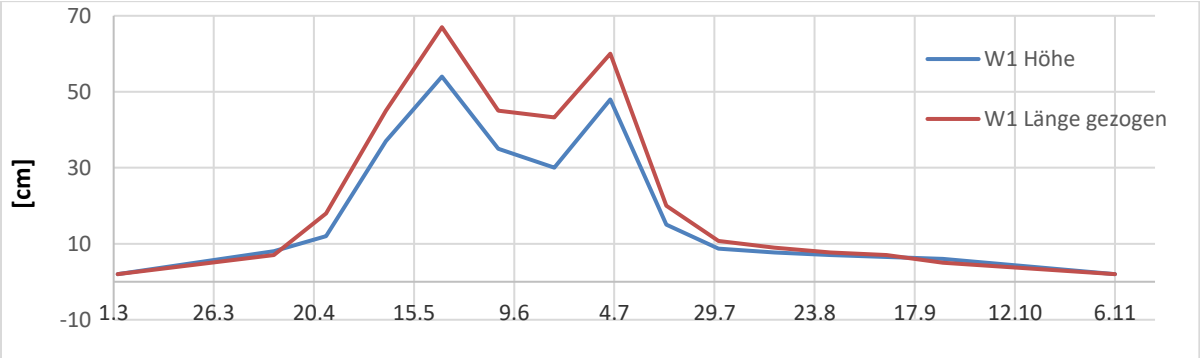


Abb. 21: Durchschnittliche Höhe und gezogene Länge von Trieben der Weißen Taubnessel 2018

Die Abbildung 21 zeigt die Höhe der Taubnesseltriebe, wenn ein Zollstock neben die Pflanze gestellt wurde und die Länge, der gezogenen Pflanzen. Dies wurde so gemacht, weil die Taubnesseltriebe sich ab einer gewissen Länge nicht mehr alle aufrecht hielten, sondern sich auch an andere benachbarte Triebe anlehnten oder sich teils auf den Boden legten. Es wurden in der Regel mindestens zehn Triebe vermessen. Am 10. April hatte die Taubnessel eine durchschnittliche Höhe von 7 cm und eine Länge von 8 cm. Die Höhe und Länge nahmen bis zum 20. Mai zu und erreichten dann ein Maximum von im Mittel 54 cm Höhe bei einer gezogenen Länge von 67 cm. Im Juni gab es einen Einbruch beim Wachstum der Taubnessel. Die Triebe waren nur noch um die 33 cm hoch und 44 cm lang. Bis Anfang Juli wuchsen die Taubnessel Triebe noch einmal bis zu einer Höhe von 48 und einer Länge von etwa 60 cm. Bis zum nächsten Dokumentationstermin Ende Juli war die Taubnessel nur noch durchschnittlich 15 cm hoch und 20 cm lang. Anschließend hatte die Weiße Taubnessel nur noch wenige kurze Triebe, die Ende September nur noch eine Höhe von etwa 5 bis 6 cm hatten. Im November waren sie dann nur noch 2 cm hoch.

Die folgende Tabelle 12 zeigt die Erntemengen der Weißen Taubnessel. Die Werte für einen Erntetermin ergeben sich aus dem Mittelwert von zwei Quadraten (E1 und E2), die zur dokumentierten Ernte abgesteckt worden waren.

Tabelle 12: Erntemengen der Weißen Taubnessel 2018

Datum	Durchschnitt FM/Quadrat [g]	Durchschnitt TM/Quadrat [g]	% TM	FM/m² [g]	TM/m² [g]
10.4.18	27,0	7,0	13,0	108,0	28,1
23.4.18	116,1	17,1	15,8	464,4	73,5
22.5.18	10,6	18,4	20,0	42,4	8,5
5.6.18	71,0	14,5	20,2	283,9	58,2
19.06.18	25,2	5,8	23,0	100,7	23,2
Durchschnitt	**50,0**	**9,6**	**18,4**	**199,9**	**38,3**
Summe	**249,9**	**47,9**		**999,3**	**119,5**

Im Durchschnitt konnten 50 g frisches Pflanzenmaterial an einem Erntetermin von einem Quadrat erhalten werden. Im gesamten Jahr 2018 konnten auf einem Quadrat im Mittel fast 250 g geerntet werden. Auf einem Quadratmeter ist das fast 1 kg Frischmasse. Die Taubnessel hat mit durchschnittlich 18,4 % einen relativ hohen Trockenmasse Anteil. Deshalb können auf einem Quadratmeter alternativ 119,5 g getrocknete Taubnessel erhalten werden. Der Wasseranteil in den Blättern nahm bei der Weißen Taubnessel mit dem Fortschreiten des Jahres ab. Im April waren es noch nur 13 % Trockenmasse, während es bei der letzten Ernte im Juni 23 % Trockenmasse waren.

4.1.11 Wiesenknöterich

Der Wiesenknöterich wächst im Waldgarten sehr dicht und flächig. Deshalb wurden Ertrag und Wachstum auf 50 cm Quadraten verfolgt. Eines fürs Wachstum und zwei für den Ertrag. Die Entwicklung des W-Quadrats ist in der folgenden Abbildung gezeigt.

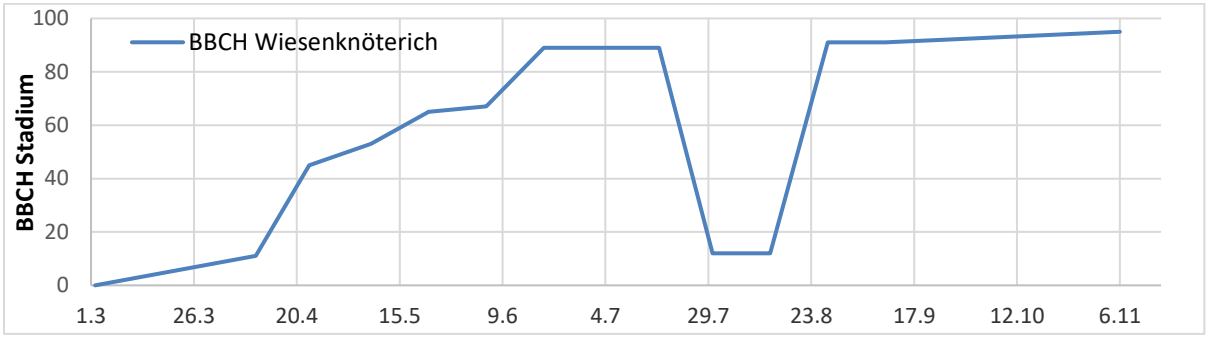


Abb. 22: BBCH Stadienverlauf des Wiesenknöterichs 2018

Der Wiesenknöterich begann 2018 mit dem Wachstum Ende März bis Anfang April. Am 10. April waren bereits viele einzelne erste Blätter auf der Fläche des Wiesenknöterichs zu sehen (BBCH 11). Ende April waren größere und frisch wachsende Wiesenknöterich Pflanzen zu sehen. Die Pflanze hat vermutlich über ihre Rhizome neue Pflanzen gebildet (BBCH 45). Anfang Mai hatten die Pflanzen Triebe mit Knospen gebildet (BBCH 53). Diese blühten Mitte Mai bis Anfang Juni (BBCH 65-67). Mitte Juni war die Samenbildung bereits abgeschlossen (BBCH 89). Anschließend ging der Wiesenknöterich wieder in das Blattstadium über (BBCH 12). Die Blätter verjüngten sich teils, indem alte abstarben und neue nachwuchsen. Ende August sah es nicht mehr so aus, als wenn die frischen Blätter noch weiterwachsen. Die Seneszenz der Pflanze hatte begonnen (BBCH 91). Am 6. November waren nur noch halb verwelkte Blätter übrig (BBCH 95).

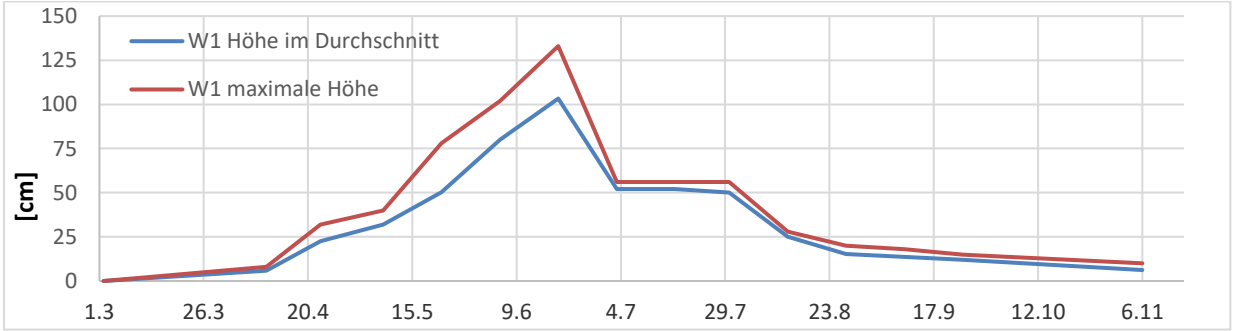


Abb. 23: Durchschnittliche und maximale Höhe des Wiesenknöterichs 2018

Am 10. April hatten die Blätter des Wiesenknöterichs eine durchschnittliche Höhe von 6 cm und eine maximale von 8 cm. Der Höhenunterschied wurde Ende April größer, da teils Pflanzen neu wuchsen und die älteren immer größer wurden. Im Durchschnitt waren die Blätter 22,6 cm hoch und das größte erreichte 32 cm. Die Blütentriebe im Mai waren im Mittel 50,2 cm hoch und der höchste 78 cm. Bis Ende Juni wurden die Blütentriebe größer. Ihre maximale Höhe wurde am 19.06.18 gemessen, bei durchschnittlich 103,3 cm und maximal 133 cm. Während des Absterbens der Blütentriebe wurden diese langsam kleiner. Die Blätter waren zu dieser Zeit etwa 50 cm hoch. Die Blatthöhe im August lag anschließend bei maximal 28 cm und durchschnittlich 25 cm. Durch das Absterben älterer Blätter wurde die Blätthöhe langsam immer geringer. Im November hatten die letzteten Blätter im Mittel nur noch 6,2 cm und das höchste war 10 cm hoch. Die nächste Tabelle 13 zeigt die aus zwei E-Quadraten berechneten Erntemengen des Wiesenknöterichs.

Tabelle 13: Erntemengen des Wiesenknöterichs 2018

Datum	Durchschnitt g FM/ Quadrat	Durchschnitt g TM/ Quadarat	Durchschnitt %TM	g FM/m²	g TM/m²
10.04.18	10,5	3,7	17,6	42,0	14,8
24.04.18	286,0	41,1	14,6	1144,0	164,3
22.05.18	50,7	6,9	13,8	202,9	27,6
5.06.18	501,5	61,3	12,0	2006,1	245,2
19.06.18	28,9	5,1	8,7	115,7	20,2
Durchschnitt:	**175,5**	**23,6**	**13,3**	**702,2**	**94,4**
Summe:	**877,7**	**118,0**		**3.510,8**	**472,1**

Vom Wiesenknöterich konnte auf den beiden E-Quadraten bei einem Erntetermin 2018 im Mittel 175,5 g frische Blattmasse geerntet werden. Es konnte in diesem Jahr fünfmal vom Wiesenknöterich geerntet werden. Ab der Sommersonnenwende im Juni wurde nicht mehr geerntet, damit der Wiesenknöterich Kraft sammeln konnte für die nächste Saison. Ab diesem Zeitpunkt wuchsen auch immer weniger vitale Blätter nach, die für eine Ernte geeignet gewesen wären. Auf einem Quadratmeter umgerechnet konnten 3,51 kg frische oder 472 g getrocknete Wiesenknöterichblätter 2018 erhalten werden. Die Trockenmasse des Wiesenknöterich machte durchschnittlich 13,3 % aus. Sie war im April am höchsten und im Juni mit 8,7 % am niedrigsten.

4.1.12 Winterheckzwiebel

Die Winterheckzwiebeln wachsen im Waldgarten Schloss Tempelhof als Zwiebelnester mit etwas Platz zwischen den einzelnen Pflanzennestern. Deshalb wurden Einzelpflanzen zur Dokumentation des Wachstums und des möglichen Ertrags ausgewählt. Zwei Pflanzen wurden für das Wachstum regelmäßig betrachtet und vermessen. Deren Entwicklung im Jahr 2018 zeigt die folgende Abbildung.

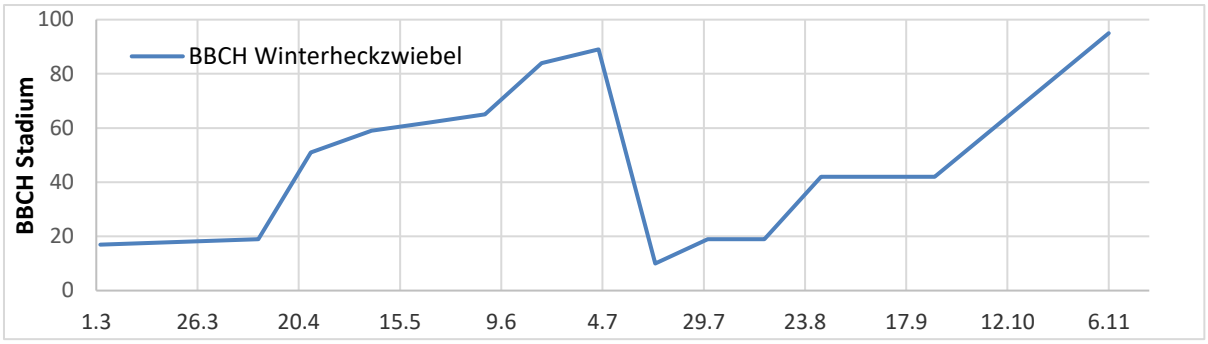


Abb. 24: BBCH Stadienverlauf der Winterheckzwiebel 2018

Im März hatte die Winterheckzwiebel bereits durchschnittlich sieben Blätter (BBCH 17). Anfang April waren es wesentlich mehr (BBCH 19). Ende April bis Mitte Mai begann die Winterheckzwiebel mit der Bildung von Knospen (BBCH 51 bis 59). Diese blühten Ende Mai bis Anfang Juni (BBCH 65) und Mitte Juni waren die Pflanzen bereits bei der Samenreife (BBCH 84). Als die Samen ausgereift waren, starben der Blütentrieb und einige der Laubblätter ab. Die Pflanzen bildeten aber erneut frische Blätter im Juli (BBCH 19). Im August konnte an ihnen teils ein verdickter Schaft beobachtet werden (BBCH 42), aber es kam nicht zu einer weiteren Blüte. Im November waren die Blätter der Winterheckzwiebel fast vollständig abgestorben oder von der Spitze ausgehend gelblich verfärbt (BBCH 95).

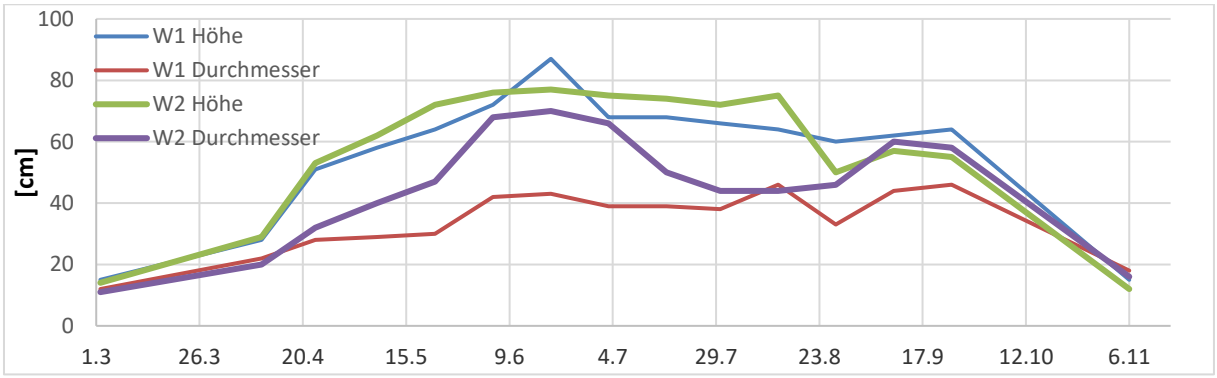


Abb. 25: Höhe und Durchmesser der Winterheckzwiebel im Jahresverlauf 2018

Im März waren die Winterheckzwiebeln die größten krautigen Pflanzen des Waldgartens. Sie waren 14 bis 15 cm hoch und der Durchmesser betrug 11 bis 12 cm. Im April wurden die Pflanzen wesentlich größer und breiter, Ende April hatten sie eine Höhe von 51 und 53 cm und maßen 28 und 32 cm im Durchmesser. Anschließend wuchsen die Winterheckzwiebeln langsamer. Im Juni am Ende der Blüte hatten sie ihre maximale Größe erreicht. Die W1-Pflanze war 87 cm hoch und 43 cm im Durchmesser. Die W2-Pflanze maß 77 cm hoch und 70 cm im Durchmesser. Anschließend wurden die Pflanzen durch das Absterben der Blütentriebe und einiger Blätter kleiner. Im August wurde der Durchmesser durch frische und zunehmend zur Seite hängende ältere Blätter wieder größer. Anfang September war die W1 Pflanze 44 cm breit und 64 cm hoch, während die W2-Winterheckzwiebel mit 60 cm Durchmesser und 55 cm Höhe weiterhin breiter und niedriger als die W1-Winterheckzwiebel blieb. Im Herbst begannen die Winterheckzwiebeln abzusterben. Anfang November waren die Blätter nur noch 15 und 12 cm hoch und der Durchmesser der Pflanzenbasis war 18 bzw. 16 cm.

Von der Winterheckzwiebel wuchsen auf einen Quadratmeter durchschnittlich 12,97 Pflanzen. Diese stehen im Frühjahr einzeln dar, während sie im Sommer zunehmend mit ihren Blättern in ihre Nachbarpflanzen hereinragten. Auf dieser Pflanzendichte und den dokumentierten Erträgen von drei Pflanzen beruhen die Zahlen in der folgenden Tabelle 14.

Tabelle 14: Erntemengen der Winterheckzwiebel 2018

Datum	Durchschnitt g FM/Pflanze	Durchschnitt g TM/ Pflanze	Durchschnitt %TM	g FM/m²	g TM/m²
10.04.18	103,0	13,9	14,4	1335,9	179,9
23.04.18	103,9	6,1	6,0	1347,9	78,4
22.05.18	64,0	4,2	6,6	829,5	54,9
4.06.18	104,0	12,2	11,3	1348,9	157,7
19.06.18	40,1	3,4	9,3	520,7	44,4
10.09.18	55,8	6,8	12,2	241,2	29,5
Durchschnitt:	**78,5**	**7,8**	**10,0**	**1.017,7**	**90,8**
Summe:	**470,8**	**46,6**		**6.106,3**	**544,8**

Es konnte insgesamt sechsmal von der Winterheckzwiebel im Jahr 2018 geerntet werden. Fünfmal waren vor der Sommersonnenwende und eine letzte Ernte von nur einer sehr kräftig wachsenden Pflanze (E1) im September. Durchschnittlich wurden pro Erntetermin 72,3 g von einer Pflanze geerntet, was etwa 1,02 kg frische Blätter auf einem Quadratmeter entspricht. Im gesamten Jahr 2018 konnten 6,11 kg Winterheckzwiebel auf einem Quadratmeter geerntet werden. Die Trockenmasse der Winterheckzwiebel liegt im Durchschnitt bei 10 %. Die Schwankungen sind ungleichmäßig über die Erntezeiten verteilt.

4.1.13 Zusammenfassung

Die Entwicklung der Pflanzen verlief bei den Kulturen des Waldgarten sehr unterschiedlich. Der Staudenbuchweizen, der Teefenchel und die Weiße Taubnessel vollführten den normalen Entwicklungszyklus, nach dem die BBCH Skala entwickelt wurde. Die Pflanzen begannen im Frühjahr zu wachsen, schossen in die Höhe, blühten und starben anschließend oberflächlich ab. Bei vielen Kulturen des Waldgartens starb der Blütentrieb zwar ab, doch die Pflanze stellte ihr Wachstum für das Jahr noch nicht ein, stattdessen wurden neue Blätter gebildet. Nach diesem Muster wuchsen der Gemüseampfer, der Speisebeinwell, die Staudenkresse, die Süßdolde, der Wiesenknöterich und die Winterheckzwiebel. Beim Franz. Ampfer und beim K. Rankespinat folgte auf die erste Blüte nicht nur erneutes Blattwachstum, sondern auch eine zweite Blüte. Die Brennnessel wurde durch den starken Raupenbefall in ihrer Entwicklung gestört. Ihre Samen wurden von den Raupen gefressen. Die Brennnessel begann anschließend mit einer 2. Blüte. Die Triebe begannen aber vorher abzusterben und die Blüte wurde nicht vollendet.

Die Kulturen des Waldgartens erreichten sehr unterschiedliche Höhen. Die Süßdolde und die Weiße Taubnessel blieben auch während der Blüte relativ niedrig bei maximalen Höhen von 68 und 54 cm. Im Mittelfeld der Pflanzenhöhe lagen der Franz. Ampfer, der Speisebeinwell, die Staudenkresse, der Wiesenknöterich und die Winterheckzwiebel. Sie erreichten nur in der Blüte Höhen von bis zu 1,5 m. In der Regel blieben sie aber niedriger bei Blatthöhen zwischen 20 und 60 cm. Sehr hoch wurden die Pflanzen der Brennnessel, des Gemüseampfers, des

Staudenbuchweizens, des Teefenchels und die Ranken des K. Rankespinats. Sie erreichten Höhen zwischen 1,5 und 2 m. Brennnessel, Staudenbuchweizen und Teefenchel blieben bis sie abgestorben waren so groß. Die breitesten Pflanzen wurden der Speisebeinwell, der Staudenbuchweizen und der Teefenchel, Sie erreichten Durchmesser von 70 bis 100 cm. Der Wuchs des Teefenchels ließ am meisten Licht an den Boden. Während der Franz. Ampfer und der Speisebeinwell sehr dicht wuchsen und den Boden vollständig bedeckten.

Die frischen Erntemengen des Jahres 2018 auf einem Quadratmeter jeder Kultur zeigt die folgende Tabelle 15. Außerdem sind die Erntezeiträume und die Anzahl der Ernten dargestellt.

Tabelle 15: Zusammenfassung der Ernten aller Kulturen 2018

Kultur	Erntezeit 2018	Anzahl Ernten	Gesamt FM/m²
Brennnessel	April bis September	6	1,20 kg
Franz. Ampfer	April bis August	7	3,94 kg
Gemüseampfer	April bis Mai	3	2,06kg
K. Rankespinat	April bis September	9	2,15 kg
Speisebeinwell	April bis September	9	0,80 kg
Staudenbuchweizen	Juni bis September	6	1,18 kg
Staudenkresse	April bis September	9	2,37 kg
Süßdolde	April bis Juli	6	1,41 kg
Teefenchel	Mai bis September	5	0,48 kg
Weiße Taubnessel	April bis Juni	5	1,00 kg
Wiesenknöterich	April bis Juni	5	3,51 kg
Winterheckzwiebel	April bis Juni teils im Herbst noch einmal	6	6,11 kg
Durchschnitt		**6,33**	**2,18 kg**

Die meisten Kulturen des Waldgartens konnten bereits im April geerntet werden. Die Ausnahmen sind der Teefenchel, von dem im Mai erstmals geerntet wurde, und der Staudenbuchweizen, dessen erste Ernte erst im Juni möglich war. Am wenigsten mit nur drei Ernten bis Ende Mai konnte der Gemüseampfer 2018 geerntet werden. Von dem K. Rankespinat, dem Speisebeinwell und der Staudenkresse konnte bis September neunmal geerntet werden. Einen genauso breiten Erntezeitraum, aber mit weniger Ernten hatte die Brennnessel. Nach der Sommersonnenwende wurden von der Taubnessel, dem Wiesenknöterich und der Winterheckzwiebel nicht mehr geerntet. Bei einer besonders stark wachsenden Winterheckzwiebel wurde im September eine Ausnahme gemacht. Den niedrigsten Ertrag hatte mit 0,48 kg der Teefenchel und den höchsten Ertrag mit 6,11 kg hatte die Winterheckzwiebel. Im Durchschnitt konnten im Jahr bei 6,33 Ernten 2,18 kg/m² frisches Pflanzenmaterial geerntet werden.

4.2 Wasser-, Protein- und Mineralstoffgehalte der Waldgartenkulturen

Jeweils drei getrocknete Proben der zwölf Kulturen wurden auf ihren Protein- und Mineralstoffgehalt untersucht. Der Staudenbuchweizen bildete die Ausnahme, bei ihm konnten nur zwei Proben untersucht werden. Für die Analyse wurden bei allen Pflanzen Blätter verwendet. Beim Buchweizen und Teefenchel ist die normale Konsumform der Same. Deshalb wurde bei diesen beiden Kulturen der Hinweis „Blätter“ dazugeschrieben. Die folgenden

beiden Tabellen enthalten die Ergebnisse der Laboruntersuchung. In den mit µ gekennzeichneten Tabellenspalten ist der Mittelwert aus den drei Proben jeder Kultur dargestellt. In den Spalten mit s ist die Standardabweichung eingetragen. Eine Tabelle mit allen gemessenen Konzentrationen ist im Anhang auf S. 92 zu finden.

Tabelle 16.1: Gemessene Wasser- Mineralstoff- und Proteingehalte der Waldgarten Kulturen

Kultur	Brennnessel		Franz. Ampfer		Gemüse-ampfer		K. Ranke-spinat		Speise-beinwell	
Berechnung	µ	s	µ	s	µ	s	µ	s	µ	S
Wasser [g/100g]	82,94	0,28	93,20	1,00	89,80	2,39	88,10	1,96	86,00	1,00
Protein [g/100g]	5,41	0,13	1,59	0,31	2,35	0,33	3,11	0,39	4,35	0,25
Na [mg/100g]	0,58	0,17	0,52	0,16	1,01	0,33	0,73	0,34	0,83	0,21
K [mg/100g]	624,70	25,33	298,40	47,56	373,20	75,30	691,60	60,61	711,90	4,11
Ca [mg/100g]	174,70	29,44	18,70	1,16	53,60	46,74	32,60	11,98	53,90	12,42
Mg [mg/100g]	98,60	7,70	34,00	1,55	53,30	32,92	65,80	20,31	38,10	3,86
Fe [mg/100g]	3,28	2,54	0,61	0,03	0,71	0,13	1,50	0,40	1,22	0,32
Zn [mg/100g]	0,45	0,04	0,29	0,02	0,24	0,03	0,69	0,20	0,46	0,08
Rest-Bestandteile [g/100g]	10,74	0,23	4,84	0,73	7,32	1,94	8,02	2,27	8,82	1,19

Tabelle 16.2: Gemessene Wasser- Mineralstoff- und Proteingehalte der Waldgarten Kulturen

Kultur	Stauden-buchweizen		Stauden-kresse		Süßdolde		Teefenchel		Weiße Taubnessel	
Berechnung	µ	s	µ	s	µ	s	µ	S	µ	S
Wasser [g/100g]	79,48	0,85	80,62	1,57	81,19	3,25	81,72	6,21	83,10	1,90
Protein [g/100g]	4,34	0,05	6,33	0,56	4,72	0,92	4,55	1,44	4,23	0,24
Na [mg/100g]	2,52	0,79	17,11	5,81	0,59	0,48	49,46	17,06	0,92	1,36
K [mg/100g]	472,23	19,64	591,02	81,29	696,88	11,11	728,99	221,71	594,88	8,65
Ca [mg/100g]	203,64	11,06	164,65	32,32	125,03	22,71	162,65	78,65	67,09	24,47
Mg [mg/100g]	173,47	0,02	76,36	3,95	108,54	22,64	83,96	41,96	93,69	29,02
Fe [mg/100g]	3,35	0,49	2,10	1,62	1,55	0,21	1,73	0,73	2,33	1,03
Zn [mg/100g]	0,32	0,03	1,03	0,49	0,86	0,17	0,50	0,26	0,58	0,02
Rest-Bestandteile [g/100g]	15,33	0,79	12,20	0,89	13,15	2,30	12,70	4,42	11,91	2,06

Tabelle 16.3: Gemessene Wasser- Mineralstoff- und Proteingehalte der Waldgarten Kulturen

Kultur	Wiesenknöterich		Winterheckzwiebel		Misch-probe	Durch-schnitt
Berechnung	µ	s	µ	S		
Wasser [g/100g]	86,00	1,42	94,00	1,06	87,21	85,52
Protein [g/100g]	3,56	0,67	2,19	0,35	2,83	3,89
Na [mg/100g]	0,30	0,49	0,39	0,26	1,89	6,25
K [mg/100g]	421,28	37,94	303,24	63,83	496,40	542,36
Ca [mg/100g]	66,12	37,90	19,95	2,72	106,80	95,22
Mg [mg/100g]	83,76	17,08	22,99	3,74	76,93	77,72
Fe [mg/100g]	1,27	0,09	0,60	0,15	0,93	1,69
Zn [mg/100g]	0,67	0,09	0,27	0,03	0,45	0,53
Restbestandteile [g/100g]	9,87	0,80	3,46	0,67	9,28	9,86

Die Tabellen 16.1 bis 16.3 zeigen, dass die Waldgarten Kulturen im Durchschnitt 85,5 g/ 100 g Wasser enthalten. Am meisten enthielten der Franz. Ampfer (93,2 g/ 100 g) und die Winterheckzwiebel (94 g/ 100 g). Besonders wenig Wasser enthielten Staudenbuchweizen (79,5 g/ 100 g), Staudenkresse (80,6 g/ 100 g), Süßdolde (81,2 g/ 100 g) und Teefenchel (81,7 g/ 100 g). Im Mittel enthalten die Waldgartenkulturen 3,76 g/ 100 g Protein. Der Natriumgehalt liegt er zwischen 0,3 (Wiesenknöterich) und 49,46 g/ 100 g (Teefenchel). Im Durchschnitt aller Kulturen sind es 6,76 g. Im Prinzip enthalten nur der Teefenchel (49,46 mg/100g) und die Staudenkresse (17,11 mg/100g) nennenswerte Mengen Natrium. Der Kaliumgehalt liegt zwischen 303,2 (Winterheckzwiebel) und 729,0 mg/ 100 g (Teefenchel). Der Durchschnitt der Waldgartenkulturen liegt bei 534,9 mg/ 100 g Kalium. Die Calciumkonzentrationen schwanken zwischen 20,0 (Winterheckzwiebel) und 203,6 mg/ 100 g (Staudenbuchweizen). Durchschnittlich sind es 88 mg/ 100 g Calcium. Der Mittelwert des Magnesiumgehalts liegt bei 75,8 mg/ 100 g. Die Werte sind zwischen 18,7 (Franz. Ampfer) und 173,5 mg/ 100 g (Staudenbuchweizen) Magnesium verteilt. Die Waldgartenkulturen enthalten zwischen 0,6 (Winterheckzwiebel) und 3,35 mg/ 100 g (Staudenbuchweizen) Eisen. Durchschnittlich über alle Kulturen sind es 1,54 mg/ 100 g Eisen. Zink ist das Spurenelement mit der geringsten Konzentration, durchschnittlich sind 0,54 mg/ 100 g enthalten. Die Konzentrationen schwanken dabei zwischen 0,24 (Gemüseampfer) und 1,03 mg/ 100 g (Staudenkresse) Zink.

Die letzte Zeile der Tabellen gibt an wieviel g/ 100 g frischer Pflanzenmasse nicht von den im Labor bestimmten Gehalten abgedeckt wird. Diese Restmenge ist der gemeinsame Gewichtsanteil an verdaulichen und unverdaulichen Kohlenhydraten, Fetten, Vitaminen sowie weiteren Mineralstoffen. Die Werte liegen zwischen 3,46 (Winterheckzwiebel) und 15,33 g/ 100 g (Staudenbuchweizen). Im Durchschnitt sind 9,86 g/ 100 g nicht von den gemessenen Inhalten abgedeckt.

4.3 Biodiversität

Im Waldgarten Schloss Tempelhof waren von den zwölf ausgewählten Kulturen die Brennnessel, der Speisebeinwell, der Staudenbuchweizen, der Teefenchel, die Weiße Taubnessel, der Wiesenknöterich, und die Winterheckzwiebel gut von diversen Insekten besucht. Bei jedem Dokumentationstermin wurde auf anwesende Tiere geachtet und diese, wenn möglich fotografiert. Anhand der Bilder wurden die in der folgenden Tabelle 17 aufgelisteten Arten bestimmt. Die Bilder sind im Anhang in den Tabellen 23.1 bis 23,4 (S. 79f) zu finden.

Tabelle 17: Beobachtete Arten im Waldgarten Schloss Tempelhof

Artgruppe	Anzahl	Arten
Lepidoptera **(Schmetterlinge und Falter)**	10	Kleiner Fuchs (*Aglais urticae),* Tagpfauenauge (*Aglais io),* Brauner Waldvogel (*Aphantopus hyperantus*), Kohlweißling groß (*Pieris brassicae)* und klein *(Pieris rapae),* Landkärtchen (*Araschnia levana),* Braune Tageule (*Euclidia glyphica),* Schwalbenschwanz (*Papilio machaon*), Schwarzkolbiger Braun-Dickkopffalter (*Thymelicus lineola*), Hauhechel-Bläuling (*Polyommatus icarus*)
Syrphidae **und** ***Brachycera*** **Schwebfliegen, Fliegen etc.**	9	Hummel-Waldschwebfliege (*Volucella bombylans),* Große Schwebfliege (*Syrphus ribesii),* Gallische Feldwespe (*Polistes dominula),* Breitfüßige Birkenblattwespe (*Craesus septentrionalis*), Wollschweber/ Hummelfliege (*Bombyliidae),* verschiedene Schmeißfliegen (*Calliphoridae*), Helle Blattlausschwebfliege (*Parasyrphus annulatus*), Schnabelschwebfliege (*Rhingia)*, genaue Art nicht bestimmbar), Schnaken (*Tipulidae*)
Bombus **(Hummeln)**	5	Steinhummel (*Bombus lapidarius),* Wiesenhummel (*Bombus pratorum)*, Ackerhummel (*Bombus pascuorum),* Feldhummel (*Bombus ruderatus),* Dunkle oder helle Erdhummel (*Bombus terrestris oder Bombus lucorum*)
Araneae ***(*****Spinnen)**	6	Raubspinne *(Pisauridae,* genaue Art unbekannt), Grüne Huschspinne (*Micrommata virescens),* 2 x unbekannte Radnetzspinnen (*Araneidae*), Kürbisspinne (*Araniella cucurbitina),* Wespenspinne (*Argiope bruennichi)*
Coleoptera **(Käfer)**	10	Pappelblattkäfer (*Chrysomela populi),* Gemeiner Bienenkäfer (*Trichodes apiarius),* Rosenkäfer (*Cetonia aurata),* Variabler Weichkäfer (*Cantharis livida),* Bleischwarzer Wollkäfer (*Dasytes plumbeus),* Grüner Sauerampferkäfer (*Gastrophysa viridula),* Asiatische Marienkäfer (*Harmonia axyridis),* Holzbuntkäfer (*Tillus elongatus*) *2* unbekannte Käfer
Heteroptera **(Wanzen)**	5	Beerenwanze (*Dolycoris baccarum),* Streifenwanze (*Graphosoma lineatum),* Gefleckte Schwarznesselwanze (*Tritomegas sexmaculatus),* Lederwanze (*Coreus marginatus),* Schwarzrückige Gemüsewanze (*Eurydema ornata)*
Formicaceae **(Ameisen)**	3	Rote Gartenameise (*Myrmica rubra*), fremde Wegameise (*Lasius alienus),* Schwarze Wegameise *(Lasius niger)*

Insgesamt wurden 48 Insektenarten oder vorkommende Insektengruppen, wie zum Beispiel die *Tipulidae* (Schnaken), bestimmt. Von den *Lepidoptera* (Schmetterlingen und Falter) und von den *Coleoptera* (Käfer) konnten jeweils 10 Arten beobachtet werden. Neun Arten gehörten zu den *Syrphidae* und *Brachycera* (Schwebfliegen oder Fliegen) und sechs verschiedene *Araneae* (Spinnen) wurden angetroffen. *Bombus* (Hummeln) wurden fünf verschiedene identifiziert. Honigbienen waren ebenfalls einige anwesend. Doch dies lag an den in der Nähe stehenden Bienenstöcken. Sie sind deshalb vom Menschen dorthin gebracht und werden nicht aufgeführt. *Heteroptera* (Wanzen) wurden fünf verschiedene dokumentiert. Von den *Formicaceae* (Ameisen) wurden im Frühjahr diverse Individuen und Nester angetroffen. Es wurde dabei festgestellt, dass diese sich teils in Größe und Farbe unterschieden. Drei Arten wurden anschließend bestimmt.

5. Diskussion

5.1 Pflanzenwachstum und Erträge im Waldgarten Schloss Tempelhof

Ein wichtiger Einflussfaktor auf das Wachstum von Pflanzen sind die Wetterbedingungen. Eine Wetteraufzeichnung direkt auf Schloss Tempelhof begann am 26. September 2018. Für diese Arbeit musste deshalb für Klimadaten von 2008 bis 2018 auf die Wettersation in Kreßberg-Asbach auf 475 m über NN zurückgegriffen werden. Sie ist etwa 3 km Luftlinie von Schloss Tempelhof entfernt. Die Daten über das Jahr 2018 stammen von der Station Kreßberg-Waldtann auf 438 m über NN, sie ist 2 km Luftlinie von Schloss Tempelhof entfernt. Die folgende Abbildung 26 stellt die Klimadaten von Kreßberg-Waldtann des Jahres 2018 dem durchschnittlichen Klima der letzten zehn Jahre von Kreßberg-Asbach gegenüber.

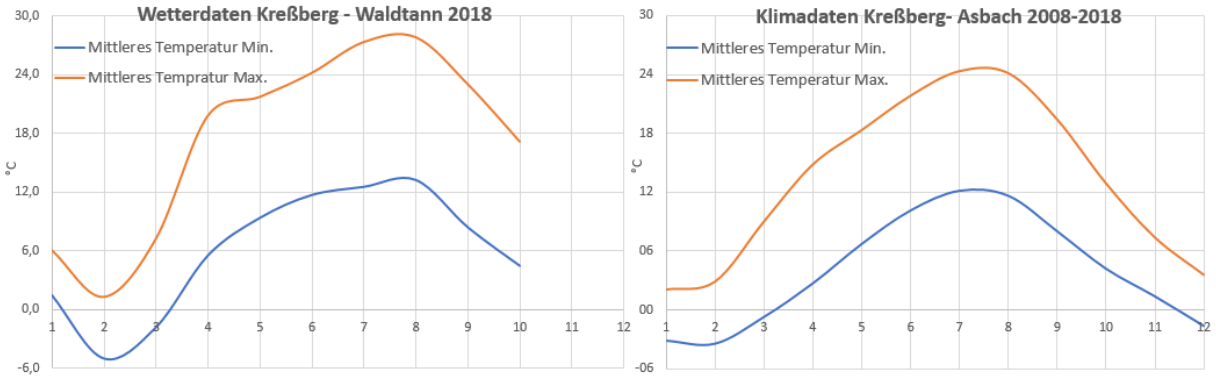


Abb. 26: Vergleich der Wetterdaten von 2018 in Kreßberg-Waldtann mit den Klimadaten für Kreßberg Asbach (Wetterdienst.de, 2018; wundeground.com, 2018)

Die Grafiken in der Abbildung 26 zeigen, dass im Jahr 2018 im Januar das Wetter relativ warm war, während die Monate Februar und März kälter als in den Vorjahren waren. Ab April stiegen die Temperaturen stark an und der Monat April war wärmer als in den Vorjahren. Es gab also einen plötzlichen Temperaturwechsel und somit Vegetationsbeginn. Die weiteren Frühjahrs- und Sommermonate blieben anschließend im Durchschnitt 2 bis 4 °C wärmer als in den Vorjahren. Im Herbst hat sich das mittlere Temperatur Minimum an die Vorjahre in etwa angeglichen. Während die mittlere Höchsttemperatur im Oktober noch immer etwa 4 °C über dem Durchschnitt der letzten zehn Jahre lag. Das heißt die Nächte wurden kühl, während es am Tag öfter sehr sonnig und warm war. Die nächste Tabelle 18, stellt die Niederschlagsmengen der drei Messtationen in den Ortsteilen Kreßberg-Waldtann, -Asbach und -Tempelhof gegenüber.

Tabelle 18: Niederschlagsvergleich Kreßberg-Waldtann, Kreßberg-Tempelhof und Kreßberg-Asbach (Wetterdienst.de, 2018; wundeground.com, 2018, Wetter Tempelhof 2018)

Monat	**Kreßberg-Waldtann Dez. 2017-Nov 2018**	**Kreßberg-Tempelhof Okt.-Nov.2018**	**Kreßberg-Asbach 2008-2018**
Dezember	79,4 mm	Keine Daten	60 mm
Januar	139,7 mm		31 mm
Februar	16,4 mm		33 mm
März	47,1 mm		31 mm
April	17 mm		74 mm
Mai	90,3 mm		56 mm
Juni	43,4 mm		85 mm
Juli	67,6 mm		54 mm
August	18,8 mm		41 mm
September	33,1 mm		50 mm
Oktober	31,3 mm	26 mm	57 mm
November	22,2 mm	6,5 mm	59 mm
Jahressumme	**606,3 mm**		**631 mm**

Der Vergleich der Niederschläge zwischen Dezember 2017 bis November 2018 und dem Durchschnitt der Jahre 2008 bis 2018 zeigt, dass die Verteilung der Niederschläge 2018 anders war. Im Januar regnete es mit 139,7 mm für 2018 am meisten und wesentlich mehr als der Durchschnitt von 31 mm im Januar. Die Monate Februar, April und August waren 2018 mit 16,4 mm, 17 mm und 18,8 mm besonders trocken. Der Mai war hingegen mit 90,3 mm feuchter und der im Durchschnitt niederschlagreichste Monat Juni hatte mit 43,3 mm nur fast die Hälfte des durchschnittlichen Niederschlags. Der Herbst schloss sich dem Trend eines eher trockenen Sommers an, mit 20 bis 30 mm im Monat weniger als im Durchschnitt der letzten zehn Jahre. Im November regnete es in Tempelhof mit 6,5 mm besonders wenig. Die Station in Kreßberg konnte 22,2 mm Niederschlag messen. Es gab also deutliche regionale Unterschiede.

Insgesamt regnete es 2018 25 mm weniger als im Durchschnitt der letzten 10 Jahre. Auf einen feuchten und milden Januar folgten zwei kalte Wintermonate und ein schnell sommerliches Frühjahr, gefolgt von einem sehr warmen Sommer, in dem weniger Regen als normal gefallen ist. Mit diesem Vorwissen lässt sich das beobachtete Pflanzenwachstum besser interpretieren.

Die Weiße Taubnessel zeigte die Auswirkungen von Wärme und Trockenheit am deutlichsten. Ihr Wachstum war bereits im Juli vorüber. Von dem Zeitpunkt an wurde die Pflanze. Es wuchs aber auch kein Beikraut auf der fast ganz freiliegenden Fläche der Taubnessel, da der Boden hart und trocken war. Der lehmige Boden des Waldgartens zog sich mit zunehmender Trockenheit zusammen, sodass sich eine feste Kruste mit Rissen bildete. Auch die Süßdolde zog sich zum Teil bereits im August zurück. Das Ende der Vegetationsperiode wurde also bei der Süßdolde und der Taubnessel durch die Trockenheit und Wärme verfrüht. Beide Kulturen wachsen eigentlich am besten im Halbschatten. Für diese Pflanze wäre es vorteilhaft, wenn die Bäume im Waldgarten 2018 bereits größer wären. Da der Waldgarten aber erst 2015 angelegt wurde, spendeten die Bäume nur wenig Schatten.

Die anderen Kulturen des Waldgartens kamen trotz der warmen und trockenen Witterung gut zurecht. Sie begannen im September oder erst im Oktober, sich in die Erde zurückzuziehen. Insbesondere das Wachstum vom Staudenbuchweizen, Franz. Ampfer, K. Rankespinat, Speisebeinwell, Wiesenknöterich und von der Winterheckzwiebel war üppig und nicht merklich durch die Trockenheit beeinflusst. Der Buchweizen hatte Ende September sogar noch Blüten. Im November waren dann nur noch blattlose Stängel übrig. Das Absterben der oberirdischen Pflanze ging also schneller als bei den meisten anderen Kulturen. Da der einjährige Buchweizen sehr frostempfindlich ist, war wahrscheinlich der erste Frosttag mit einem Temperaturminimum von -2,5 °C am 22. Oktober 2018 das Ende der oberirdischen Pflanze (wundeground.com, 2018).

Frisch gepflanzte Salate und Gemüse hätten ohne eine Bewässerung 2018 in dem harten und trockenen Boden keinen Ertrag gebracht. Diese Möglichkeit, ohne Bewässerung Salat- und Gemüsekulturen zu erhalten, war nur möglich, weil die Pflanzen mehrjährig sind und ein weit reichendes Wurzelsystem ausgebildet hatten. Ein Nachteil der mehrjährigen Kulturen ist aber, dass sie Zeit brauchen, um dieses Wurzelsystem auszubilden und sich an ihrem Standort zu etablieren. Eine Etablierungszeit ohne Ertrag muss bei der Anlage eines Waldgartens deshalb eingeplant werden.

Es konnte außerdem beobachtet werden, dass das Ökosystem im Waldgarten Schloss Tempelhof noch nicht eingespielt ist. Es gab diverse Tiere, die den Pflanzen zusetzten und die nicht ausreichend von Nützlingen eingedämmt wurden. Beispielweise ernährten sich von der Brennnessel sehr vielen Raupen des Tagpfauenauges (*Aglais io)* und des Kleinen Fuchs (*Aglais urticae)*. Diese fraßen sämtliche Blätter und Samen der Brennnessel, sodass nur noch kahle Stängel übrigblieben. Aus diesen trieb die Brennnessel dann zwar neue Blätter, die ab Mitte August nicht mehr sofort von Raupen gefressen wurden. Die Brennnessel wuchs also nicht nur auf sehr trockenem Boden, der Mensch hatte auch die Vielzahl an Raupen als Konkurrenten bei der Ernte. Im Waldgarten war der Ertrag der Brennnessel Frischmasse 2018 1,2 kg/m² oder 12 t/ha. Eine Studie, die die Auswirkungen von verschiedenen Stickstoff (N) Düngestufen auf die Erträge und Proteingehalte der Brennnessel untersuchte, hatte im ersten Anbaujahr folgende Erträge: 7,6 t/ha (0 kg N), 8,7 t/ha (100 kg N) und 15,18 t/ha (200 kg N). Die Erträge in weiteren Anbaujahren sind aber in der Regel höher (Radman *et al.* 2016, S. 5). Es kann aufgrund dieser Werte gesagt werden, dass der Brennnesselertrag im Waldgarten mittelmäßig bis gering gewesen ist, da die Brennnessel bereits im dritten Jahr dort stand. Zudem wurde die Brennnessel im Waldgarten ebenfalls gedüngt. Sie erhielt zuletzt 2017 mit Hühnermist eine Stickstoffdüngung. Eine genaue Menge des N-Gehalts der Düngung ist aber nicht bekannt.

Der Teefenchel wurde sehr stark von Streifenwanzen (*Graphosoma lineatum)* geschädigt. Diese waren im Frühjahr nur vereinzelt auf der Süßdolde zu finden. Als am Teefenchel die ersten Samen reiften, traten sie vermehrt auf. Bis zu 20 Exemplare saßen auf einem Teefenchel. Anfangs saugten sie an den Samen. Ende August und im September saßen die Wanzen zunehmend auf den Stängeln. Das Wachstum des Teefenchels wurde durch die Wanzen wahrscheinlich nicht beeinträchtigt. Die Ernte der Teefenchelsamen war mit 0,36 t/ha

getrockneter Samen nicht hoch. Außerdem wurden bei der Ernte viele verkümmerte Samen aussortiert. Die Streifenwanze schreckt durch ihr rot und schwarz gestreiftes Muster Fressfeinde ab, im Waldgarten scheinbar äußerst erfolgreich. Es wurde zudem von der Autorin und Stefan Schwarzer bemerkt, dass in der Regel keine Vögel aufflogen, wenn man sich dem Waldgarten näherte oder sich in ihm bewegte. Fressfeinde aus der Luft gab es also wenige für die Wanze.

Der Grüne Sauerampferkäfer (*Gastrophysa viridula)* hat einige Pflanzen des Gemüseampfer im Waldgarten Schloss Tempelhof vollständig kahlgefressen und dadurch von der Blüte abgehalten. Die ab Juli nachwachsenden Pflanzen waren weniger groß und zahlreich als im Vorjahr, was wahrscheinlich an der Wärme und Trockenheit des Sommers lag. Deshalb war eine Ernte vom Gemüseampfer im September nicht möglich. Der Stumpfblättrige Ampfer (*Rumex obtusifolius*) ist als Beikraut auf Wiesen und Äckern ein Problem. Er kann aus seiner Wurzel immer wieder neu austreiben und bildet viele und langlebige Samen. Es gibt die Strategie, den Grünen Sauerampferkäfer zur Schwächung des Beikrauts Ampfer einzusetzen (Hermle *et al*. 2009, S. 14) Im Waldgarten ist es dem Käfer gelungen, den Gemüseampfer zu schwächen. Der Franz. Ampfer wurde allerdings kaum gefressen.

Die Raupen von Echten Blattwespen (*Tenthredinidae*) wurden im September 2017 und im Juni 2018 in hoher Anzahl an Erlen im Waldgarten dokumentiert. Die Erlen verloren in dieser Zeit teils fast alle ihre Blätter. Sie erholten sich aber wieder von den Raupen.

Die frischen Erträge aller Kulturen lagen im Mittel bei 2,18 kg/m². Insbesondere zwischen April und Juni konnte somit eine große Menge Schnittsalat im Waldgarten geerntet werden. Im Folgenden werden kurz die ertragreichsten Kulturen näher vorgestellt.

Die Winterheckzwiebel wuchs in einem dichten Mulch aus Sägespänen. Deshalb musste sie im Jahr 2018 nur sehr vereinzelt gepflegt werden. Die Trockenheit war ihr nicht anzumerken. Sie begann als erste Pflanze mit dem Wachstum und hatte mit 6,11 kg/m² den höchsten Ertrag. Ihre Blätter sind vielseitig einsetzbar in Salaten und in Gemüsegerichten. Während ihrer Blüte Anfang Juni war die Winterheckzwiebel zudem bei Honigbienen und anderen Insekten sehr beliebt. Sie hat deshalb von allen ausgewählten Kulturen die größte Menge an positiven Eigenschaften gezeigt.

Der Franz. Ampfer hatte mit 3,94 kg den zweithöchsten Ertrag. Auch er zeigte keine Anzeichen von Trockenheit und brauchte keine Pflege. Besonders positiv ist an ihm aufgefallen, dass es einen Unterschied im Wachstumsverhalten der Pflanzen gab. Von den Pflanzen zur Wachstumsdokumentation wurde nicht geerntet, sie bildeten zweimal Blütentriebe. Die Pflanzen, von denen regelmäßig geerntet wurde, begannen hingegen nicht zu schossen. Sie bildeten immer wieder neue Blätter. Diese Eigenschaft ist optimal zum Ernten, denn der Blütentrieb ist nicht geeignet für Salate.

Der Speisebeinwell und die Staudenkresse wuchsen über das Jahr hinweg am konstantesten. Von ihnen konnten zwar selten größere Mengen geerntet werden, dafür konnte aber insgesamt neunmal geerntet werden. Diese Kulturen sind deshalb optimal, um eine

regelmäßige Versorgung mit würzigen Blättern zu gewährleisten. Gerichte können so verfeinert oder mineralstoffmäßig aufgewertet werden.

Ein Schnittsalat im nach dem „Market Garden System[1]“ bewirtschafteten Gewächshaus in Schloss Tempelhof hatte einen Gesamtertrag von etwa 12 kg/m², wobei insgesamt etwa sechsmal geerntet wurde bei einem Ertrag pro Schnitt von im Mittel 2 kg/m². Der Pflücksalat produzierte also auf einem Quadratmeter etwa 80 % mehr Ertrag als die typischen Salatkulturen des Waldgartens (Franz. Amper 3,94 kg/m², Gemüseampfer 2,06 kg/m², Staudenbuchweizen 1,18 kg/m², Weiße Taubnessel 1,0 kg/m², Wiesenknöterich 3,51 kg/m²). Klassische Salate in der Literatur erreichen in der Regel auch keine so hohen Erträge wie der Pflücksalat im Tempelhof. Die Gemüseernte in Baden-Württemberg hatte 2017 im geschützten Anbau für Kopfsalat einen Ertrag von 4,28 kg/m² und bei Feldsalat lag der Ertrag bei 0,73 kg/m². Im Freiland hatte Kopfsalat einen Ertrag von 2,71 kg/m², Eissalat 3,54 kg/m² und Endivie 5,1 kg/m² (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2018, S.1f). Diese Salate wurden im Gegensatz zu dem Pflücksalat in Schloss Tempelhof aber nur einmalig geerntet. Das System des mehrfachen Erntens von einer Fläche bringt also einen Vorteil beim Ertrag. Die so geschnittenen Salate müssen allerdings relativ schnell verzehrt werden und sind weniger gut transportfähig und haltbar. Für die Gemeinschaft Schloss Tempelhof ist dies kein Problem. Sie verwendet viel in der eigenen Küche oder gibt den Pflücksalat direkt am Erntetag an Mitglieder der solidarischen Landwirtschaft ab. Die Erträge des Waldgartens lagen im Mittel etwa 25 % unterhalb des Niveaus der Erträge des klassischen Gemüseanbaus von Kopfsalaten. Ihr Ertrag ist deutlich geringer als die Erträge des Schnittsalats im Market Garden System. Zudem sind sie weniger gut lagerfähig und haltbar wie die Schnittsalate.

Viele Kulturen des Waldgartens können wie Spinat verwendet werden. Die Brennnessel hatte einen Ertrag von 1,2 kg/m², der K. Rankespinat von 2,15 kg/m² und der Staudenbuchweizen von 1,18 kg/m². Der Ertrag für Spinat im Freiland liegt in Baden-Württemberg bei 2,0 kg/m². Im „Market Garden“ von Schloss Tempelhof hatte ein Spinatsatz 4,5 kg/m² als Ertrag. Was allerdings 4,5 Ernten umfasst. Ein Schnitt lag bei etwa 1 kg/m². Die spinatähnlichen Kulturen liegen mit ihren Erträgen ebenfalls etwa 25 % unterhalb des Ertrags von Spinat im Freiland und 66 % unterhalb des Ertrags eines Spinatsatzes nach „Market Garden System“.

Da der Waldgarten in Schloss Tempelhof sich erst in seiner vierten Vegetationsperiode seit seiner Pflanzung befand, hatten die Obstbäume noch keinen Ertrag. Zudem wurde der Ertrag von den im Waldgarten Schloss Tempelhof gepflanzten Sträuchern, wie Johannisbeere, Zierquitte und Apfelrose nicht aufgenommen. Diese hatten 2018 viele Früchte. Einige der gut tragenden Johannisbeersträucher haben die Trockenheit des Sommers nicht überstanden und sind eingegangen.

[1] Market Garden System: Ein von dem Kanadier Jean Martin Fortier entwickeltes Gemüseanbausystem, welches Flächen sehr intensiv, ökologisch und nur mit Handarbeit bewirtschaftet. Es sollen hohe Deckungsbeiträge erzielt werden und es wird auf eine möglichst permanente Bodendeckung geachtet. http://www.themarketgardener.com/

Der Arbeitsaufwand zur Pflege ist bei den Waldgartenkulturen sehr gering, wenn sie erst einmal auf ihrer Fläche gut angewachsen sind. Zweimal im Jahr eine allgemeine Entfernung von Beikraut reicht aus. Weniger ist bei vielen Kulturen möglich, die sehr dicht wachsen oder gut gemulcht wurden. Der Arbeitsaufwand wurde 2018 im Waldgarten Schloss Tempelhof leider nicht vollständig dokumentiert. Zudem gab es im Prinzip keinen. Der Waldgarten ist Anfang November von seinem Standort am Waldrand, in die direkte Nachbarschaft des intensiven Gemüseanbaus umgezogen. Die Pflanzen wurden dafür alle ausgegraben und am neuen Standort wieder eingegraben. Stefan Schwarzer beschäftigte sich 2018 deshalb vor allem mit der Planung und Vorbereitung der neuen Fläche. Die Pflege des Waldgartens wurde deshalb vernachlässigt. Die meisten Pflanzen hatten damit kein Problem. Zwischen dem Franz. Ampfer, dem Speisebeinwell, der Winterheckzwiebel und dem Wiesenknöterich wuchs im Prinzip kein Beikraut. Bei anderen Kulturen wie der Brennnessel, der Staudenkresse und dem Teefenchel wurde von der Autorin und von Stefan Schwarzer vereinzelt Gras ausgestochen. Wieviel Arbeitsaufwand dies pro Quadratmeter bedeutet hat, konnte nicht ermittelt werden. Auch Feldgemüse muss gejätet oder gehackt werden. Für auf Feldern angebautes Gemüse muss zudem der Boden bearbeitet werden, ausgesät oder vorgezogen und gepflanzt und bewässert werden. Es kann also geschlussfolgert werden, dass einmal angelegte Waldgärten pflegearm sind. Einen Zahlenwert gibt es nicht. Die Ernte ist allerdings im Waldgarten aufwendiger. Die Flächeneinheiten pro Kultur sind klein, es wachsen teils Sträucher und Bäume oben drüber, sodass ein Maschineneinsatz nicht möglich ist. Erwünscht ist er im Konzept Waldgarten auch nicht. Außerdem werden nicht einfach die ganzen Pflanzen geerntet, stattdessen werden einzelne Blätter oder Triebe abgeschnitten. Pro Handgriff bedeutet das weniger Erntegut.

5.2 Nährstoffvergleich von Waldgartenkulturen mit klassischen Salaten

Um die gemessenen Protein- und Mineralstoffgehalte in eine Relation zu setzen, wurde in der Fachliteratur recherchiert, was für einen Nährstoffgehalt herkömmliche Salate und Spinat haben. Dick gedruckt ist in der folgenden Tabelle 19 jeweils der höchste Gehalt der klassischen Salate. Den Standardsalaten gegenübergestellt sind die Nährwertangaben für die Brennnessel, die einzige Kultur des Waldgartens, für die vollständige Nährwertangaben verfügbar sind. Die direkt folgende Tabelle 20 gibt die gemessenen Gehalte der Brennnessel, der mineralstoffreichsten Kulturen Staudenbuchweizen, Staudenkresse und Teefenchel sowie eine der mineralstoffärmeren Kulturen des Waldgartens Schloss Tempelhof wieder, sowie den Durchschnitt aller Kulturen. Die Daten der weiteren Kulturen können in den Tabellen 16.1 bis 16.3 auf der Seite 36 nachgeschlagen werden.

Tabelle 19: Nährstoffgehalte von klassischen Salaten, Spinat und Brennnessel in 100 g Frischmasse (Elmadfa *et al.* 2017, S. 22ff; DEBInet 2018)

	Eisberg-salat	Endivie	Feld-salat	Kopf-salat	Rucola	Spinat	Brenn-nessel
Energie [kJ]	55	59	57	48	**101**	93	185
Protein [g]	0,7	1,8	1,8	1,2	**2,6**	2,81	7
Fett [g]	0,3	0,2	0,4	0,2	**0,7**	0,3	0,6
Kohlenhydrate verwertbar [g]	1,9	1,2	0,7	1,1	**2,1**	0,6	1,3
Ballaststoffe [g]	0,6	1,2	1,5	1,4	**1,6**	1,8	3,1
Wasser [g]	95,6	93,3	93,4	95	91,7	92	83
Na [mg]	2	**53**	4	8	27	69	18
K [mg]	160	346	**420**	172	369	554	320
Ca [mg]	19	54	32	20	**160**	117	713
P [mg]	18	**54**	49	22	49	46	138
Mg [mg]	5	10	13	9	**13**	62	80
Fe [mg]	0,4	1,4	2	0,3	1,5	3,4	4,1
Zn [mg]	0,15	0,36	0,31	0,30	**0,40**	0,74	1,02
Vitamin A [µg]	73	280	**663**	187	233	795	400
Vitamin E [mg]	0,6	**1**	0,6	0,6	0,6	1,35	0,8
Vitamin B1 [mg]	**0,11**	0,06	0,07	0,06	0,04	0,09	0,2
Vitamin B2 [mg]	0,01	0,1	0,08	0,08	**0,09**	0,2	0,15
Niacin [mg]	0,03	**0,4**	**0,4**	0,3	0,3	1,3	0,8
Vitamin B6 [mg]	0,03	0,05	**0,25**	0,06	0,07	0,22	0,16
Vitamin C [mg]	15	10	**35**	13	**35**	50,8	300

Tabelle 20: Gemessene Wasser-, Protein- und Mineralstoffgehalte ausgewählter Kulturen

Kultur	**Brennnessel**		**Stauden-buchweizen**		**Stauden-kresse**		**Teefenchel**		**Winterheck-zwiebel**		**Durch-schnitt**
Berechnung	**µ**	**s**	**µ**	**s**	**µ**	**s**	**µ**	**S**	**µ**	**S**	
Wasser [g/100g]	82,94	0,28	79,48	0,85	80,62	1,57	81,72	6,21	94	1,06	85,52
Protein [g/100g]	5,41	0,13	4,34	0,05	6,33	0,56	4,55	1,44	2,19	0,35	3,89
Na [mg/100g]	0,58	0,17	2,52	0,79	17,11	5,81	49,46	17,06	0,39	0,26	6,25
K [mg/100g]	624,70	25,33	472,2	19,6	591,02	81,3	728,99	221,71	303,2	63,83	542,36
Ca [mg/100g]	174,70	29,44	203,6	11,1	164,7	32,3	162,65	78,65	20,0	2,72	95,22
Mg [mg/100g]	98,60	7,70	173,5	0,02	76,36	3,95	83,96	41,96	22,99	3,74	77,72
Fe [mg/100g]	3,28	2,54	3,35	0,49	2,10	1,62	1,73	0,73	0,6	0,15	1,69
Zn [mg/100g]	0,45	0,04	0,32	0,03	1,03	0,49	0,5	0,26	0,27	0,03	0,53
Rest-Bestandteile [g/100g]	10,74	0,23	15,33	0,79	12,2	0,89	12,7	4,42	3,46	0,67	9,86

Die Tabelle 19 zeigt, dass herkömmliche Salate in der Regel zu 91 bis 96 % aus Wasser bestehen. Von den Waldgartenkulturen kam nur der Franz. Ampfer (93,2 %) und die Winterheckzwiebel (94 %) auf einen entsprechenden Wassergehalt. In den meisten Waldgartenkulturen ist also der Anteil an Proteinen, verdaulichen und unverdaulichen Kohlenhydraten, Fetten, Mineralstoffen und Vitaminen höher.

Klassische Salate enthalten 0,7 (Kopfsalat) bis maximal 2,6 g Proteine (Rucola). Die Waldgartenkulturen enthalten durchschnittlich 3,89 g Proteine in 100 g FM, sie sind also proteinreicher. Am meisten enthält die Staudenkresse mit 6,33 g/100 g FM, gefolgt von der Brennnessel mit 5,41 g/100 g FM. Der Literaturwert für die Brennnessel besagt 7 g Protein/ 100 g. Der gemessene Wert weicht also um 22,7 % vom Literaturwert ab.

Der Energiegehalt der Salate aus der Literatur liegt zwischen 48 und 59 kJ/ 100 g. Der Fettgehalt schwankt zwischen 0,2 (Kopfsalat) und 0,7 g (Rucola) Fett. Die Salate enthalten dazu 0,7 (Feldsalat) bis 2,1 g (Rucola) verwertbare Kohlenhydrate und 0,6 (Eisbergsalat) bis 1,6 g (Rucola) Ballaststoffe in 100 g Frischmasse.

Die Kohlenhydrat-, Ballaststoff- und Fettgehalte der Waldgartenkulturen konnten nicht gemessen werden. Im Folgenden soll aber eine Schätzung versucht werden. Bei den herkömmlichen Salaten nehmen die verdaulichen Kohlenhydrate von 100 g Frischmasse durchschnittlich 1,3 g ein. Die unverdaulichen Kohlenhydrate haben durchschnittlich einen Anteil von 1,4 g, die Proteine von 1,8 g und die Fette von 0,35 g. Wasser macht durchschnittlich 93,5 g aus (berechnet aus den Werten von Tabelle 19 S. 45). Bei der Brennnessel sieht das ganz anders aus. Sie enthält nur 83 g Wasser, 7 g Proteine, 3,1 g Ballaststoffe, 1,3 g verdauliche Kohlenhydrate und 0,6 g Fett in 100 g Frischmasse. Die Kulturen des Waldgartens enthalten in den Ernten von April und Mai im Durchschnitt 85,5 g Wasser. Viele Kulturen hatten wie die Brennnessel eher festere Blätter und enthielten ebenfalls eher weniger Wasser. Die Winterheckzwiebel und der Franz. Ampfer waren die Ausnahmen. Im gesamten Durchschnitt haben die Waldgartenkulturen wahrscheinlich eher ähnliche Kohlenhydrat und Ballaststoffanteile wie die Brennnessel. Von den durchschnittlich 9,86 g nicht bestimmten Restbestandteilen sind deshalb wahrscheinlich etwa 6 g Ballaststoffe, etwa 2,5 g verdauliche Kohlenhydrate und etwa 1 g Fett. Der Energiegehalt der Waldgartenkulturen kann aus diesen vermuteten durchschnittlichen Gehalten und dem gemessenen Proteingehalt berechnet werden. Er liegt dann bei 135 Kilojoule (DEBInet 2018). Zum Vergleich enthält eine frische Karotte 163 Kilojoule (ebd.). Der Salat mit dem höchsten Energiegehalt ist der Rucola mit 101 Kilojoule. Der Durchschnitt der aufgeführten Salate liegt bei 68,3 Kilojoule. Die Waldgartenkulturen enthalten also im Mittel mehr Energie als Blattsalate und etwas weniger Energie als eine Karotte.

Der Natriumgehalt in den klassischen Salaten liegt zwischen 2 (Eisbergsalat) und 53 mg/ 100 g (Endivie). Bei den untersuchten Kulturen liegt er zwischen 0,3 (Wiesenknöterich) und 49,46 g/ 100 g (Teefenchel). Im Durchschnitt aller Kulturen sind es 6,76 g. Im Prinzip enthalten nur der Teefenchel (49,46 mg/100g) und die Staudenkresse (17,11 mg/100g) nennenswerte Mengen Natrium. Die Brennnessel im Waldgarten enthielt nur 0,58 mg/ 100 g, während in der Literatur 2 mg/ 100 g angegeben sind. Die Standardabweichung der Natriummittelwerte ist bei allen Kulturen relativ hoch. Am höchsten im Verhältnis zum Durchschnittswert ist sie bei der Weißen Taubnessel. Die durchschnittliche Natriumkonzentration lag bei 0,92 mg/ 100 g. Die Standardabweichung zu dem Wert beträgt 1,36 mg/ 100 g. Die Konzentrationen der drei dazugehörigen Proben der Weißen Taubnessel waren: 0,27; 2,48 und 0,0 mg Natrium/ 100 g. Allgemein haben die niedriger konzentrierten

Elemente Natrium, Eisen und Zink relativ hohe Standardabweichungen im Verhältnis zu den durchschnittlichen Konzentrationen.

Ein geringer Natriumgehalt ist vorteilhaft, da die meisten Menschen bereits durch Salz zu viel Natrium zu sich nehmen. Es ist zwar trotzdem ein essentielles Ion für den Körper, das beispielsweise den menschlichen Wasserhaushalt mit reguliert. Doch ein zu viel an Natrium ist sehr ungünstig, weil beim Ausscheiden von Natrium über den Urin gehen auch Calciumionen verloren (DEBInet 2018). Natrium wird in Deutschland um das vier- bis sechsfache zu viel aufgenommen (Stange und Leitzmann 2017, S. 59). Für Pflanzen ist es möglich, kaum Natrium zu enthalten, da Natrium nur für wenige Pflanzen, zum Beispiel C4 Pflanzen, ein essentieller Nährstoff ist. Es gibt im Gegenteil sogar eine Natrium-Toxizität, die ähnliche Symptome hat wie ein Kalium-Mangel. Es ist von Pflanze zu Pflanze unterschiedlich, wie viele Aufgaben des Kaliums das Natrium übernehmen kann (Schubert 2018, S 34f). Die Waldgartenkulturen wachsen bereits im dritten Jahr an gleicher Stelle und sind deshalb wahrscheinlich mit einem guten und tiefen Wurzelwerk ausgestattet. Alle Mineralstoffe stehen zudem zur Verfügung. Es ist also nicht verwunderlich, wenn ein nicht essentielles Ion wie Natrium teils nur in geringen Mengen von den Kulturen aufgenommen wird.

In normalen Salaten sind Kaliumionen mit zwischen 160 (Eisbergsalat) und 420 mg/ 100 g (Feldsalat) enthalten. In den Waldgartenkulturen sind es zwischen 303,2 (Winterheckzwiebel) und 729,0 mg/ 100 g (Teefenchel). Der Durchschnitt aller Kulturen liegt bei 542,4 mg/ 100 g, was ungefähr so viel ist wie frischer Blattspinat mit 554 mg/ 100 g (DEBInet 2018). Die Waldgartenkulturen enthalten also mehr Kalium als klassische Salate. Bei der Brennnessel unterscheidet sich der Literaturwert mit 320 mg/ 100 g deutlich vom gemessenen Wert bei 624,7 mg/ 100 g. Kalium ist für Menschen und Pflanzen ein essentieller Mineralstoff, deshalb ist ein hoher Gehalt positiv anzusehen. Pflanzen brauchen Kalium, um zum Beispiel den Wasserdruck in den Wurzeln aufzubauen, Streckungswachstum zu machen oder Stomata zu öffnen (Schubert 2018, S. 33). Beim Menschen wird Kalium für die Muskeltätigkeit, Nervenweiterleitung, Gewebespannung und für die Wirkung bestimmter Enzyme gebraucht (DEBInet 2018). Die Salate, die über 340 mg/ 100 g Kalium enthalten, sind anhand der Literaturwerte auch besonders reich an Vitamin A und teils auch C. Es könnte sein, dass auch die kaliumreichen Waldgartenkulturen besonders viel Vitamin A enthalten.

Calcium ist ein weiterer essentieller Mineralstoff für Pflanzen und Menschen. Eine Pflanzenzelle enthält freie Calciumionen vor allem in Zellorganellen wie dem Endoplasmatischen Retikulum oder in Mitochondrien. Zum einen stabilisiert es deren Membranen und zum anderen können durch einen schnellen Konzentrationswechsel von freien Calciumionen im Zellplasma Informationen weitergegeben werden (Schubert 2018, S. 35f). Calcium ist beim Menschen wesentlich beim Aufbau von Zähnen und Knochen beteiligt und spielt eine Rolle bei der Blutgerinnung, Muskelkontraktion und Nervenweiterleitung. Es ist somit eines der wichtigsten Elemente im Körper. Die empfohlene Tagesmenge für einen Erwachsenen liegt bei 1.000 mg (DEBInet 2018). Der klassische Salat enthält zwischen 19 (Eisberg) und 160 mg/ 100 g (Rucola) Calcium. Die untersuchten Kulturen schwanken

zwischen 20,0 (Winterheckzwiebel) und 203,6 mg/ 100 g (Staudenbuchweizen). Durchschnittlich sind es 88 mg/ 100 g. Einen deutlichen Unterschied im Calciumgehalt gibt es also nicht. Bei der Brennnessel entspricht der Calciumgehalt im Waldgarten nur 25 % des Gehalts in der Literatur (174,7 mg/ 100 g zu 713 mg/ 100 g). In einer wissenschaftlichen Veröffentlichung über die Inhaltsstoffe der Brennnessel war der Calciumgehalt von im Herbst geernteter Brennnessel mit 278 mg/100g ebenfalls eher niedrig. Im folgenden Frühjahr waren es dort aber mit 788 mg Calcium/ 100 g wesentlich mehr (Rutto *et al.* 2013). In einem Buch über Pflanzennährstoffe wird dieses Phänomen von über die Jahreszeiten schwankenden Nährwerten für Calcium und Kalium dargestellt.

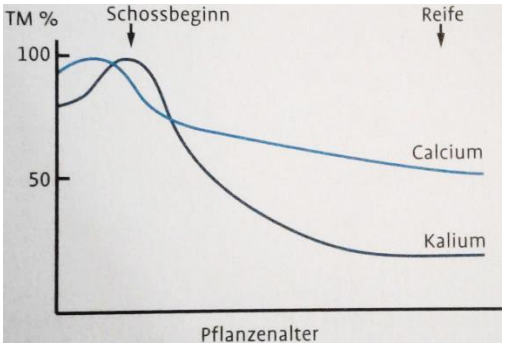


Abb. 27: Konzentration von Calcium und Kalium im Pflanzengewebe in Abhängigkeit vom Pflanzenalter (Schubert 2018, S. 23)

Die Abbildung zeigt, dass junge Pflanzen vor dem Schossen besonders calciumreich sind. Die höchste Kaliummenge ist hingegen während des Schossbeginns vorhanden. Calcium beginnt zu diesem Zeitpunkt bereits abzunehmen. Diese jahreszeitlichen Schwankungen können durch die Witterung ebenfalls beeinflusst werden. Ein sehr schneller Übergang von kühl zu warm, wie Anfang April dieses Jahrs, regt das Schossen von Pflanzen an. Die Brennnessel war zum Erntezeitpunkt am 24.04.18 etwa 15 bis 20 cm hoch, also bereits beim Höhenwachstum oder Schossen. Der höchste Calciumgehalt könnte damit schon vorbei gewesen sein. Ein Unterschied von 540 mg/ 100 g ist damit aber nicht erklärbar.

Eine Überprüfung des Laborbuches ergab, dass die Eichreihe für die Calciumproben nur bis 50 mg/ l ging. Die Calciumproben der getrockneten Brennnessel erreichten in der gemessenen Probe Konzentrationen bis zu 46 mg/l. Die Werte lagen somit nah an der oberen Grenze der Eichreihe und könnten dadurch etwas ungenau sein. Dies sollte aber ebenfalls keinen Unterschied von 540 mg/100 g ausmachen. Eine deutsche Veröffentlichung aus 2001 stellte fest, dass die Wildform der Brennnessel und 10 zur Faserproduktion gezüchtete Stämme der Brennnessel sehr unterschiedliche Gehalte an pharmazeutisch, ernährungstechnisch oder kosmetisch interessanten Inhaltstoffen aufwiesen. Besonders deutlich waren diese Unterschiede beispielsweise bei den Vitaminen E und C und beim Histamin-Gehalt (Vetter *et al.* 2001, S. 5f). Eine weitere mögliche Erklärung könnte deshalb sein, dass die Brennnessel im Waldgarten Schloss Tempelhof andere Gehalte aufweist, weil sie einen anderen genetischen Hintergrund hat als die Brennnesseln, auf die sich die Literaturwerte beziehen. Es kann aber auch nicht ausgeschlossen werden, dass die Calcium Konzentrationen alle zu niedrig bestimmt wurden. Eine Internetseite „Rohkost-Wiki“ zeigt eine Tabelle für den

Calciumgehalte von Lebensmitteln für 100 g essbarem Anteil. Darin sind auch drei der Waldgartenkulturen aufgeführt. Darunter die Brennnessel mit den bereits bekannten 713 mg Calcium sowie Beinwell und Taubnessel mit 280 und 270 mg Calcium (Rohkost-Wiki 2018). Bei der Mineralstoffbestimmung der Waldgartenkulturen kamen Beinwell und Taubnessel auf 53,8 und 67,09 mg Calcium in 100 g frischer Blattmasse. Wie bei der Brennnessel sind diese Werte nur etwa ein Viertel der Literaturwerte. Es könnten somit doch Messungenauigkeiten der Grund für die niedrigen Calcium Werte sein. Dann hätten alle Kulturen eine etwa viermal so hohe Calciumkonzentration.

Magnesium ist bei normalem Salat mit zwischen 5 (Eisbergsalat) und 13 mg/ 100 g (Rucola und Feldsalat) enthalten. Bei den Waldgartenkulturen liegen die Werte zwischen 18,7 (Franz. Ampfer) und 173,5 mg/ 100 g (Staudenbuchweizen). Im Mittel enthalten die Kulturen 77,72 mg/ 100 g und damit deutlich mehr als normale Salate und ähnlich viel wie Spinat mit 80 mg Magnesium/ 100 g FM. Bei der Brennnessel unterscheiden sich der gemessene Wert von 98,6 mg/ 100 g und der in der Literatur angegebene von 80 mg/ 100 g nicht wesentlich. Die zwölf Waldgartenkulturen sind dementsprechend gute Magnesiumlieferanten. Auch Magnesium ist ein wichtiger Mineralstoff, für Pflanzen unter anderem, da das Zentralatom des Chlorophylls Magnesium ist. Ein Mangel zeigt sich durch die Chlorose älterer Blätter (Schubert 2018, S. 38f). Der menschliche Körper braucht Magnesium für die Funktion vieler Enzyme, Muskelbewegungen und die Nerven. Erwachsene sollten zwischen 300 (Frauen) und 400 mg (Männer) am Tag zu sich nehmen (DEBInet 2018).

In Pflanzen wird Eisen zur Chlorophyllbildung und für die Funktion einiger wichtiger Proteine benötigt. Ein Mangel zeigt sich, wie bei Magnesium durch eine Chlorose (Schubert 2018, S. 38f). Im Menschen werden Eisenionen für den Sauerstofftransport und für die Funktion einiger Enzyme benötigt. Frauen sollten 15 mg und Männer 10 mg am Tag zu sich nehmen (DEBInet 2018). Die Waldgartenkulturen enthalten zwischen 0,6 und 3,35 mg/ 100 g Eisen. Im Durchschnitt der Kulturen sind es 1,54 mg/ 100 g Eisen und damit mehr als bei den aufgeführten Salaten (0,3 bis 1,5 mg/ 100 g). Die Brennnessel im Waldgarten enthält 20 % weniger Eisen als der Literaturwert (3,28 zu 4,1 mg/ 100 g). Dieser Unterschied ist nicht gravierend und kann durch saisonale und witterungsbedingte Schwankungen erklärt werden.

Zink ist das Spurenelement mit der geringsten Konzentration. In den normalen Salaten sind zwischen 0,15 mg (Eisberg) und 0,40 mg/ 100 g (Rucola). Die gemessenen Werte der Waldgartenkulturen liegen zwischen 0,24 (Gemüseampfer) und 1,03 mg/ 100 g (Staudenkresse). Durchschnittlich sind 0,54 mg/ 100 g enthalten. Der Blattspinat hat mit 0,74 mg/100 g eine etwas höhere Zinkkonzentration als die Waldgartenkulturen. Bei der Brennnessel unterscheiden ist der Literaturwert mit 1,02 mg/ 100 g 66 % höher als der gemessene Wert von 0,45 mg Zink/ 100 g FM. Es kann nicht gesagt werden, ob dies an der Pflanzengenetik, saisonalen und witterungsbedingten Schwankungen, der Konzentration im Boden oder an einer Messungenauigkeit liegt. Zink brauchen Pflanzen zur Entgiftung von

Sauerstoffradikalen und für die Funktion wichtiger Transkriptionsfaktoren[2]. Ein Zinkmangel führt zu Nekrosen (Schubert 2018, S.43). Dies wurde nicht beobachtet, also hatten die Waldgartenkulturen wahrscheinlich keinen Zinkmangel. Beim Menschen ist Zink bei Stoffwechselvorgängen beteiligt und spielt im Immunsystem eine Rolle. Männer sollten 10 und Frauen 7 mg am Tag aufnehmen (DEBInet 2018). Nahrungsmittel mit einem erhöhten Zinkgehalt sind also sehr positiv für die Gesundheit.

Die Waldgartenkulturen enthalten, wie oben beschrieben, deutlich mehr Kalium und Magnesium und etwas mehr Eisen und Zink. Beim Calcium sind die Gehalte der Waldgartenkulturen in etwa ähnlich zu den verschiedenen klassischen Salaten. Aber sie enthalten weniger Natrium. Außerdem sind die Kulturen proteinreicher als normale Salate. Die Salate, die über 340 mg/ 100 g Kalium enthalten, sind anhand der Literaturwerte auch besonders reich an Vitamin A und teils auch C. Es könnte sein, dass das auch die kaliumreichen Waldgartenkulturen besonders viel Vitamin A enthalten.

Die Waldgartenkulturen K. Rankespinat, Staudenbuchweizen und Brennnessel wurden als guter Ersatz für klassischen Spinat beschrieben (siehe S. 6f). Deshalb wurde auch der normale Blattspinat in den Nährstoffvergleich mit aufgenommen. Er enthält besonders viele Vitamine im Vergleich zu den Salaten und auch im Vergleich zur Brennnessel. Außerdem enthält frischer Spinat viel Eisen (3,4 mg/ 100 g), Calcium (117 mg/ 100 g) und Kalium (554 mg/ 100 g). Der Staudenbuchweizen enthielt im Waldgarten mit 3,35 mg/ 100 g Eisen, 203,64 mg/ 100 g Calcium und 472,23 mg/ 100 g Kalium teils höhere oder niedrigere, aber insgesamt ähnliche Konzentrationen. Der K. Rankespinat enthielt mit 1,5 mg/ 100 g Eisen, 32,96 mg/ 100 g Calcium und 691 mg/ 100 g Kalium weniger Eisen und Calcium, aber etwas mehr Kalium. Zwischen der Brennnessel im Waldgarten und in der Literatur gab es bei den Kalium-, Natrium- und Calciumkonzentrationen die deutlichsten Unterschiede. Calcium und Natrium war wesentlich weniger enthalten, während Kalium mehr vorhanden war (siehe S. 19f). Der Staudenbuchweizen ist von den Mineralstoffen her also der beste Spinatersatz.

Die Brennnessel enthält laut Literatur beim Vergleich mit klassischen Salaten am meisten Proteine, Ballaststoffe, Calcium, Phosphor, Magnesium, Eisen, Zink, Vitamin A, B1, B2, B3 (Niacin) und C. Zwischen den Waldgartenkulturen gibt es aber bei allen gemessenen Werten mindestens eine Kultur, die die Brennnessel übertreffen kann. Es ist daher zu vermuten, dass die Brennnessel, wenn sie nicht die einzige Kultur mit besonders viel Proteinen und Mineralstoffen ist, sie auch nicht die einzige Kultur ist mit besonders hohen Vitamingehalten ist. Im Vergleich zum klassischen Salat sind die Waldgarten Kulturen entsprechend der gemessenen Werte somit eher mineralstoffreicher (Ausnahme Natrium) und wahrscheinlich auch vitaminreicher. Spinat ist ein sehr mineralstoffreiches Gemüse. Die Waldgartenkulturen haben in etwa ähnliche Gehalte. Im klassischen Spinat ist allerdings mehr Eisen und weniger Protein als im Durchschnitt der Waldgartenkulturen.

[2] Transkriptionsfaktoren: Proteine, die die Ablesung eines Gens durch die RNA-Polymerase initiieren und regulieren.

5.2.1 Integration von Waldgartenkulturen in die menschliche Ernährung

Eine wichtige Frage im Zusammenhang mit den enthaltenen Nährstoffen ist, wie die Versorgung der Bevölkerung mit Mineralstoffen in Deutschland und anderen Ländern aussieht. Die aktuelle Situation in Deutschland ist, dass es bei den Vitaminen eher eine Überversorgung gibt. Nur die Folsäure (Vitamin B9) wird von 79 % der Männer und 86 % der Frauen zu wenig aufgenommen. Bei den Mineralstoffen wird Natrium zu viel aufgenommen, während Calcium bei 48 % der Männer und 55 % der Frauen zu wenig verzehrt wird. Die Magnesiumaufnahme bleibt bei 26 % der Männer und 29 % der Frauen unter der empfohlenen Tagesmenge. Bei Eisen sind es 14 % der Männer und 58 % der Frauen, die zu wenig aufnehmen. Zink ist ein Mangel bei 38 % der Männer und 21 % der Frauen (Stange und Leitzmann 2017, S.57ff). In Deutschland gibt es also einen Bedarf an Calcium-, Magnesium- und Eisen-reichen Lebensmitteln. Eine Studie aus Großbritannien untersuchte, wie die Versorgung mit Mineralstoffen in Großbritannien und den USA gegeben ist. Dafür wurden Ernährungsumfragen ausgewertet. Sie kamen zu dem Schluss, dass in beiden Ländern 14 % der Bevölkerung zu wenig Kalium zu sich nimmt und 9 % zu wenig Calcium und Magnesium (Broadley and White 2010, S. 1). Sie begründen dieses Defizit damit, dass Getreideprodukte relativ wenige Minerale enthalten, aber einen immer größeren Anteil in der Ernährung einnehmen. Während mineralstoffreiches Gemüse weniger gegessen wird (ebd. S. 8f). Eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Mineralstoffunterversorgung gibt es also in eigentlich ernährungsmäßig gut versorgten Ländern. Dies liegt aber eher an den Gewohnheiten, als an einer Unterversorgung mit Nahrung, die die Mineralstoffe enthalten würden. Für eine Verbesserung der Versorgung, müsste die Integration von mehr Obst und Gemüse, den Menschen nähergebracht werden.

Die untersuchten krautigen Waldgartenkulturen zeigen sich in der Nährstoffanalyse als gute Mineralstofflieferanten, ohne dabei zu einer Überversorgung mit Natrium beizutragen. Sie können eine gute Alternative oder Beimischung in klassischen Salaten sein oder gekocht Gemüsegerichte vielfältiger machen. Der Staudenbuchweizen ist besonders reich an Calcium, Magnesium und Eisen und damit eine gute Alternative zu Blattspinat. Der Protein- und Energiegehalt ist höher als der von Salaten. Die zwölf untersuchten Kulturen spiegeln aber nicht annährend das Potential eines Waldgartens wider. Ein etablierter Waldgarten kann ebenfalls Obst, Nüsse und Pilze hervorbringen.

Ein Apfel aus einem Waldgarten ist vergleichbar mit einem Apfel einer Streuobstwiese. Beide sind vollkommen unbehandelt. Jeder auf einer Plantage gewachsene Bio-Apfel wurde mit verschiedenen von der Europäischen Öko-Verordnung akzeptierten Pflanzenschutzmitteln wie zum Beispiel Kupfer, Schwefel oder Neem-Extrakt behandelt. Insbesondere die Anreicherung von Kupfer in den Böden von Weinbergen und Obstplantagen wird zunehmend kritisiert (Ökolandbau.de 2017). Das Bodenleben reagiert am empfindlichsten auf erhöhte Kupferkonzentration, wie zum Beispiel der Regenwurm *Eisenia fetida*. Er wird je nach Boden schon bei Konzentrationen ab 28 mg/kg oder erst bei 384 mg/kg beeinträchtigt werden (Duan *et al.* 2016, S.1). Alle Produkte des Waldgartens sind frei von jeder Form des Pflanzenschutzes. Ob die Nutzung von Schwermetallen wie Kupfer oder anderen im

ökologischen Anbau akzeptierten Pflanzenschutzmitteln gut ist oder nicht erübrigt sich beim Waldgarten.

Nicht nur die untersuchten krautigen Kulturen können mehr Mineralstoffe enthalten, auch im Obst aus dem Waldgarten kann ein Mehrwert im Vergleich zu Plantagenobst enthalten sein. Alte Most-Apfelsorten enthalten beispielsweise mehr sekundäre Pflanzenstoffe. Saft aus *Boskoop* Äpfeln enthält fast sechsmal so viele Polyphenole[3] als ein *Golden Delicious* und ein *Bohnapfel* viermal so viele (Kahle 2008, S.132 und S. 322f). Es sollte aber bedacht werden, dass Mostäpfel, die ohne Pflanzenschutz angebaut werden, teils optisch unzulänglich aussehen und besser zu Saft verarbeitet werden. Dieser Saft ist dann allerdings sehr gesund (Kahle 2008, S.132).

Gewohnheiten beeinflussen allerdings sehr wesentlich die Ernährung der Menschen (van't Riet *et al*. 2011). Die Integration von mehr Obst und Gemüse in die Ernährung als Herausforderung für die Gewohnheiten wurde bereits diskutiert. Ein weiteres Problem ist, dass die Obst- und Gemüsesorten des Waldgartens zudem noch überwiegend unbekannt und ungewohnt sind. Die Brennnessel und der Staudenbuchweizen können beispielsweise als Spinat zubereitet werden, geschmacklich weichen sie jedoch von diesem ab. Der K. Rankespinat hat es da leichter, er sieht zwar etwas anders aus, hat aber geschmacklich größere Ähnlichkeiten mit Spinat. Sehr ungewöhnlich sind die Textur und der Geschmack des Speisebeinwells. Seine Blätter sind dicker und haariger als normaler Salat. Er ähnelt sehr dem Borretsch auch Gurkenkraut genannt. Aber auch Borretsch wird in der heutigen Küche selten genutzt. Bei einem Besuch der Gemeinschaft Schloss Tempelhof sagte eine Gasthelferin zur Autorin: „Ich könnte nie sowas wie Giersch essen, das ist für mich ein Unkraut. Und der hat mich schon zu viel im Garten genervt, als dass ich ihn Essen will." Wegen entsprechender Voreingenommenheit und wegen alter Gewohnheiten ist die Erweiterung der menschlichen Ernährung auf eine größere Menge an Arten und Sorten eine in der Theorie leichte, aber in der Umsetzung schwere Aufgabe. Es braucht dafür weitere Aufklärungs- und Überzeugungsarbeit. Wie in dem Abschnitt zu dem Sozialen Nutzen eines Waldgartens später beschrieben wird (siehe S. 64), sind die Beteiligung an einem Gemeinschaftsgarten und die Integration von Gartenunterricht in Schulen und Kindergärten Möglichkeiten den Verzehr von Obst und Gemüse zu erhöhen. Dies können Wege sein, die Waldgartenkulturen in die Ernährung zu integrieren.

Bei der Anlage eines Waldgartens sollte insbesondere in Städten auf die Lage geachtet werden. Eine 2014 veröffentlichte Studie hat in Berlin die Belastung von Obst und Nüssen mit Cadmium und Blei untersucht. Beides sind Schwermetalle, die sich im Körper anreichern. Bei Cadmium kann es zu Osteomalazie (Knochenerweichung) und Nierenfunktionsstörungen kommen und bei Bleivergiftungen sind die Symptome Anämie (Blutarmut) und Schlaflosigkeit (DEBInet 2018). Die Studie hat festgestellt, dass die Belastungen von verschiedenen Faktoren

[3] Polyphenole: Aromatische Kohlenwasserstoffverbindungen mit antioxidativer Wirkung. Pflanzen mit hohem Polyphenolgehalt gelten als gesundheitsfördernd.

abhingen. Zum einen enthielten Nüsse am wenigsten und Beeren am meisten Cadmium und Blei. Äpfel und Pflaumen lagen dazwischen. Der zweite wichtige Faktor war, wie viele Fahrzeuge am Ernteplatz vorbeifuhren, ob es einen Pufferstreifen zur Straße gab und in welcher Höhe geerntet wurde. Früchte im Supermarkt enthalten ähnlich viele oder mehr Schwermetalle (van Hoffen und Säumel 2014, S. 4). Gemüse von den gleichen Gärten in Berlin hatte höhere Kontaminationen mit Cadmium und Blei. Es enthielt bei den meisten Gemüsesorten mehr Schwermetalle als Supermarktgemüse. Bei einigen Proben wurde der EU-Grenzwert für Blei überschritten. Der Effekt durch die Anzahl der vorbeifahrenden Fahrzeuge und ein Schutz durch Barrieren wie Gebüsch und Häuser zwischen Garten und Straße konnte auch in dieser Studie gesehen werden (Säumel *et al.* 2012, S. 7). Waldgärten sollten also nicht direkt an viel befahrenen Straßen liegen und es sollte immer ein Pufferstreifen zwischen dem Garten und der Straße sein. Außerdem sollten Kontaminationen durch die Bombardierungen im zweiten Weltkrieg oder durch die Industrie ausgeschlossen werden, indem der Boden vor der Pflanzung des Gartens untersucht wird (Alloway 2012, S.1ff).

Waldgärten können also je nach Größe unterschiedlich viele Personen mit regionalem und vollkommen biologisch angebautem Gemüse, Nüssen und Obst versorgen. Das Gemüse kann sogar besonders reich an Mineralstoffen und sekundären Pflanzenstoffen sein. Durch die Integration von Waldgärten in den Schulunterricht oder durch die Umsetzung von gemeinschaftlichen Waldgärten, können die Waldgärten die beschriebene Mineralstoffunterversorgung der Bevölkerung minimieren. Sie sollten aber auf unbelasteten Böden angelegt werden.

5.3 Ökologische Funktionen von Waldgärten

5.3.1 Biodiversität

Biodiversität ist die Variabilität lebender Organismen. Sie ist in den letzten Jahren durch Veränderung der Landschaft und Landschaftsnutzung zurückgegangen (Fahrig et al. 2015; Tsiafouli *et al.* 2015). Diese Entwicklung, wird in der folgenden Abbildung schematisch dargestellt.

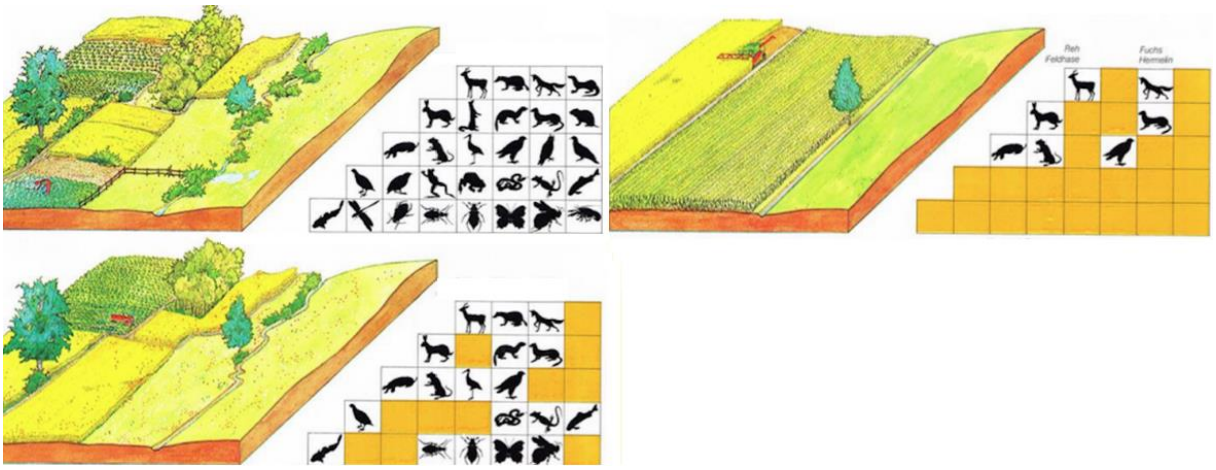


Abb. 28: Biodiversitätsverlust in der Agrarlandschaft (BUWAL 1997)

Die Ackerschläge sind mit der Zeit zunehmend größer geworden und Strukturen wie Gewässerrandstreifen sind verschwunden. Außerdem wurden Flächen zunehmend begradigt, damit Wiesen und Äcker leichter mit Maschinen zu bearbeiten sind. Dies führt zu dem in der Abbildung gezeigten Lebensraumverlust für verschiedene Tiere. Der Lebensraum der Libelle beispielweise ist durch die Mitnutzung des Gewässerrandstreifens verschwunden. Für den Storch sind Nahrung und Lebensraum unter anderem durch die dargestellte Begradigung des Flussbetts verloren gegangen. Ein zunehmendes Bienen- und Insektensterben wird dokumentiert. Es soll heute um mindestens 75 % weniger Fluginsekten geben als vor 27 Jahren. Dies wurde in 63 Naturschutzgebieten in Deutschland festgestellt (Hallmann *et al.* 2017, S. 1). Die Biodiversität unserer Umgebung geht also zurück. Die Frage ist deshalb, wie Waldgärten diesen Entwicklungen entgegenwirken können.

Von den im Waldgarten Schloss Tempelhof dokumentierten Arten (siehe S. 38), sind die meisten in Deutschland häufig anzutreffen. Wenige sind seltener, wie die Feldhummel (*Bombus ruderatus*) und der Gemeine Bienenkäfer (*Trichodes apiarius*). Der Schwalbenschwanz (*Papilio machaon*) ist auf der Vorwarnliste für die Rote Liste, von ihm wurde eine Raupe im September beim Ernten des Teefenchels bemerkt. Der Rosenkäfer (*Cetonia aurata*) ist die einzige dokumentierte Art, die geschützt ist (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg 2018). Er wurde auf dem Wiesenknöterich fotografiert. Rosenkäfer sind eine sehr nützliche Art. Die Engerlinge leben nur von totem Material und sind zum Beispiel in Komposthaufen sehr wertvoll, da sie gut Totholz verdauen können. Nach zwei bis drei Jahren verpuppen sich die Engerlinge. Der ausgewachsene Rosenkäfer ist ebenfalls kein Schädling. Er ernährt sich von Pollen, reifem Obst und Pflanzensäften (NABU Brandenburg 2000). Die Biodiversität im Waldgarten wirkt im Vergleich zu den umliegenden Flächen erhöht, was aber nur eine Beobachtung der Autorin ist, der keine genauere Untersuchung zu Grunde liegt. Wenn man über die benachbarte Wiese ging, begegneten einem weniger wahrnehmbare Insekten. Es sind viele unterschiedliche blühende Pflanzen vorhanden und es gibt auch Strukturen wie Totholz, Steine und Mulchmaterial, die Nahrung und Lebensraum für verschiedenste Tiere sein können. Je länger ein Waldgarten existiert, desto mehr Insekten und andere Tiere werden sich ansiedeln. Waldgärten ähneln gut geplant eher strukturreichen Bauerngärten als Gemüseäckern. Eine Metastudie hat hervorgehoben, dass Hausgärten ein Ort sind, an dem Sorten- und Artenvielfalt erhalten wird und ökologische Nischen vorhanden sind. Gemeinsam mit anderen benachbarten Gärten bilden sie ein wichtiges Ökosystem (Galluzzi *et al.* 2010, S. 1ff).

Die Biodiversität im Boden ist im Vergleich zu der oberirdischen höher, aber weniger gut sichtbar. Das Edaphon besteht zum großen Teil aus Pilzen und Bakterien. Da diese sehr klein sind, passen in ein Gramm Boden eine Vielzahl an Organismen. Es können dort bereits 1 Billionen Bakterien, 200 Millionen Pilzhyphen sowie einige größere Bodenbewohner, wie zum Beispiel Nematoden zu finden sein (Bardgett und Van der Putten 2014).

Der Waldgarten und andere Flächen der Gemeinschaft Schloss Tempelhof wurden 2017 beprobt. Dabei wurde festgestellt, dass im Waldgarten am meisten mikrobieller Kohlenstoff und Stickstoff gefunden werden konnte. Die Werte lagen bei 2.813 kg C_{MIC}/ha und

496 kgN_{MIC}/ha. Der Gehalt an mikrobiellem Kohlenstoff und Stickstoff war zwei- bis dreimal so hoch wie auf anderen Wiesen und Feldern von Schloss Tempelhof (Masiero 2017, S. 24ff). Der Waldgarten ist also reich an mikrobieller Biomasse. Zudem wird der Waldgarten extensiv bewirtschaftet. Eine extensive Bewirtschaftung soll für die Biodiversität von Böden förderlich sein (Tsiafouli *et al.* 2015). Die unterschiedliche Bepflanzung im Waldgarten mit verschiedenen Wurzeltiefen und die Kompostgaben bei der Anlage des Waldgartens sind zwei weitere Faktoren, die Biodiversität fördern (Martinéz-Blanco *et al.* 2013). Der Boden des Waldgartens in Schloss Tempelhof beherbergt also eine hohe Menge an Mikroorganismen. Eine hohe Menge an Bodenlebewesen, bei einer Vielzahl unterschiedlicher oberirdischer Pflanzen, macht eine hohe Biodiversität im Boden des Waldgartens wahrscheinlich. Pathogene im Boden können durch eine höhere Biodiversität an einer massenhaften Ausbreitung gehindert werden. Es wurde in einer Studie der Universität Jena festgestellt, dass Bakterien in der Rhizosphäre Pflanzenpathogene an einer Infektion hindern können. Dabei wurden verschiedene Grünland Zusammensetzungen getestet. Die Artenzahl variierte zwischen einer und 60 Arten. Es wurde festgestellt, dass die Menge an vor Pathogenen schützenden Bakterien sich mit der Diversität erhöhte (Latz *et al.* 2012 S. 1ff). Die extensive Nutzung und vielfältige Bepflanzung des Waldgartens erhöht die dortige Biodiversität im Boden und gibt so verschiedenen Bodenlebewesen einen Rückzugsort und verhindert das Ausbreiten von Pflanzenpathogenen.

In einem Vortrag über den Rückgang von Insekten bezieht sich Prof. Dr. Johannes Steidle der Universität Hohenheim auf den bereits zitierten Artikel über den Rückgang der Biomasse von Insekten in 63 Naturschutzgebieten in Deutschland (Hallmann *et al.* 2017). Anschließend begründet er diesen Rückgang. Für Prof. Steidle ist das größte Problem der Rückgang an Habitaten. Vom Rainfarn (*Tanacetum vulgare*) beispielsweise leben 24 Insektenarten. Für ihr Überleben braucht es deshalb Feldränder an denen Rainfarn wächst. Da in der Landwirtschaft Flächen zunehmend zusammengelegt werden und sie effektiver bis zu den Wegen ausgenutzt werden, gibt es entsprechende Plätze immer weniger. Die Insektenpopulationen gehen deshalb zurück oder sterben ganz aus. Dabei sind Insekten ein entscheidender Teil des ökologischen Netztes. Sie bestäuben zum Beispiel Pflanzen und sind Nahrung für Vögel (Steidle 2018). Auch im Boden geht die Biodiversität durch eine intensivere Landwirtschaft zurück (Tsiafouli *et al.* 2011). Es braucht also extensiv bewirtschaftete Rückzugsorte. Waldgärten können dazu wie bereits erläutert einen Beitrag leisten. Einzelne Punkte reichen als Rückzugsort aber nicht aus. Es braucht Korridore, damit sich Populationen vermischen können und vital bleiben können und ein stabiles Ökosystem entsteht (Vergenes 2011, S. 5f). Als Teil eines Netztes können Waldgärten die Biodiversität erhalten. Als einzelne Inseln sind sie wenig effektiv. Durch Uferrandstreifen von Flüssen und durch Pufferstreifen zu Straßen können Biodiversitätsinseln wie Waldgärten vernetzt werden. Auch Städte können so zu Rückzugsorten werden. Eine Studie stellte fest, dass Bienen am meisten Pollen in den Gärten von Vorstadtregionen sammeln und am wenigsten Nahrung in Regionen mit intensiver Landwirtschaft finden (Kaluza *et al.* 2016). Es sollten deshalb, von diesen bereits existierenden nahrungsreichen Regionen ausgehend in Richtung Stadt und Land neue Ausbreitungswege entstehen.

Biodiversität ist eine genetische Ressource, die für die Anpassungsfähigkeit und Funktionsfähigkeit (Resilienz) eines Ökosystems entscheidend ist (Bardgett und Van der Putten 2014, S. 1ff, Oliver *et al.* 2015). Klimatische Veränderungen sind ein Beispiel, welches die Resilienz eines Ökosystems herausfordert. Die Bedeutung für den Menschen ist bei den Kulturpflanzen besonders direkt zu sehen. Der Wissenschaftler Heiko K. Parzies der Universität Hohenheim schrieb in einem Artikel: „Die Ernährung der Welt hängt von etwa 30 Pflanzenarten ab. Die Spezialisierung auf wenige Getreide- und Gemüsesorten mit hohem Ertrag macht die Menschheit verwundbar. Es reicht nicht, genetische Vielfalt nur in Samenbanken zu bewahren.“, (Parzies 2010). Die menschliche Ernährung hängt also an wenigen Pflanzenarten und bei diesen dann wiederum nur an wenigen Sorten. Dies führt zu einer genetischen Verarmung. Waldgärten können ein Teil der Lösung sein. Sie sind ein Wachstumsort für viele unterschiedliche Pflanzen, die nicht zu unseren Standard-Kultursorten zählen. Die mehrjährigen Kulturen sind teils mit einjährig kultiviertem Gemüse verwandt. Beispiele dafür sind der K. Rankespinat, der Staudenbuchweizen, die Staudenkresse und die Winterheckzwiebel. Sie erweitern den Genpool und können Material sein für zukünftige Sortenzüchtungen. Zum Teil sind es aber auch Obst- und Gemüsesorten, die seit langem nicht mehr zur normalen Ernährung gehörten, wie zum Beispiel die Quitte oder die Taglilie.

Der Erhalt der Sortenvielfalt soll am Beispiel des Apfels kurz erläutert werden. Beim Apfel stammen fast alle in Plantagen angebauten Sorten von drei Apfelsorten ab: Dem *Golden Delicious*, dem *Cox Orange* und dem *Jonathan*. Auch neue Züchtungen, bei denen durch die Einkreuzung einer Wildapfelart Resistenzen erzeugt wurden, sind nicht sehr vielfältig in ihrer Genetik. Es beziehen sich 95 % von ihnen auf die Einkreuzung einer Art den „*Malus floribunda 821*“ (Bannier 2005, S. 3f). Diese genetische Verarmung bedeutet ein Risiko, da solche monogenetischen Resistenzen durchbrochen werden können. Es wären dann viele Sorten gleichzeitig betroffen. Alte Obstsorten haben diverse Resistenzmechanismen. Sie sind teils noch in Streuobstwiesen zu finden. Entsprechende robuste Sorten sind auch die richtigen für einen Waldgarten.

Eine vielfältige Umwelt ist für die Landwirtschaft nicht nur ein Hindernis und ein Flächenverlust., so wie es in der Abbildung 28 (siehe S. 53) den Anschein hat. Sie kann auch förderlich sein. Bei Blühsteifen neben Winterweizenäckern wurde getestet, ob diese gegen den Befall mit Getreidehähnchen (*Oulema melanopus*) helfen können. Die einjährigen Blühstreifen haben Nützlinge angelockt, indem sie ihnen Lebensraum und Nahrung angeboten haben. Die Getreidehähnchen wurden in der Studie um fast die Hälfte reduziert. Diese Funktionsmöglichkeit der einjährigen Blühstreifen setzt aber voraus, dass es in der näheren Umgebung mehrjährige Rückzugsorte für Nützlinge gibt (Tschumi *et al*. 2015 S. 1f). Dies wäre eine Funktion, die von entsprechend angelegten Waldgärten für die Landwirtschaft geleistet werden kann.

Waldgärten können also als Lebensraum für die Biodiversität von Insekten und anderen Tieren förderlich sein. Um eine stabiles Ökosystem zu bilden, ist die Vernetzung mit anderen entsprechenden Flächen allerdings notwendig. Die so geförderte Vielfalt kann auch auf Äckern

zum Schutz von Kulturpflanzen beitragen. Durch die Kultivierung selten Kulturpflanzenarten und -sorten können Waldgärten ebenfalls zur Biodiversität über und unter der Erde beitragen.

5.3.2 Kohlenstoffreduzierung und Bodenfruchtbarkeit

Weltweit ist am meisten Kohlenstoff (C) in den Ozeanen gespeichert. Insgesamt 38.400 Gt C Der zweitgrößte Speicher ist der Boden mit 2.344 Gt C In lebenden Organismen sind 560 Gt Kohlenstoff gespeichert. Im Boden ist mehr Kohlenstoff gespeichert, je geringer die Jahresdurchschnittstemperatur ist. Von den weltweit 2.344 Gt C im Boden sind deshalb 1.672 Gt C unter arktischen Ökosystemen und borealen Wäldern. In den Böden befindet sich im Mittel 54 % des Kohlenstoffs im obersten Meter (Stockmann *et al.* 2013, S. 2f). Der Kohlenstoff im Boden besteht aus fünf Gruppen: Oberirdische und unterirdische Pflanzenreste, zum Teil zersetztes organisches Material über 50 µm, zersetztes organisches Material unter 50 µm (Humus) und nicht zersetzbares organisches Material wie zum Beispiel Kohle (ebd., S. 8). Die Landnutzung verändert ebenfalls die Menge an gespeichertem Kohlenstoff. Eine Metastudie hat 74 Studien aus 16 Ländern gemeinsam ausgewertet und festgestellt, dass verschiedene Landnutzungsänderungen negativ auf die Kohlenstoffsequestrierung (Kohlenstoffspeicherung) wirken. Die ungünstigsten sind: Weide zu Acker (-59 %), Wald zu Acker (-42 %), Wald zu Obstplantage (-13 %) und Weide zu Obstplantage (-10 %). Positive Auswirkungen auf die Kohlenstoffsequestrierung haben: Wald zu Weide (+8 %), Acker zu Plantage (+18 %), Acker zu Weide (+19 %), und Acker zu Wald (+53%) (Guo and Gifford 2002, S.2ff). Es kommt aber auch auf die Art, wie ein Acker oder eine Plantage bewirtschaftet werden, an. In der folgenden Tabelle sind Bewirtschaftungsformen und ihr Potential zur Erhöhung der Kohlenstoffspeicherung in den Boden dargestellt.

Tabelle 21: Bewirtschaftungsmethoden und ihr Potential zur Kohlenstoffsequestrierung (Smith 2004, S. 3)

Methode	**Potential zur Kohlenstoff Sequestrierung**
Nicht Pflügen	0,38 t C/Jahr
Reduziertes Pflügen	< 0,38 t C/Jahr
Dauerkulturen	0,62 t C/Jahr
Tiefwurzelnde Kulturen	0,62 t C/Jahr
Tierdung	0,38 t C/Jahr
Stroh	0,69 t C/Jahr
Klärschlamm	0,26 t C/Jahr
Kompost	0,38 t C/Jahr
Bioenergiepflanzen	0,62 t C/Jahr
Extensivierung	0,54 t C/Jahr
Ökologischer Landbau	0-0,54 t C/Jahr
Umwandlung von Acker zu Weide	1,2-1,69 t C/Jahr
Umwandlung von Acker zu Wald	0,62 t C/Jahr

Die Tabelle zeigt ebenfalls, dass die Umwandlung von Acker zu Weide den meisten Kohlenstoff zurück in den Boden bringen kann. Aber auch einige andere Maßnahmen haben hohe Potentiale. Der nach seiner Anlage nicht mehr gepflügte Waldgarten, in dem Dauerkulturen wachsen, die teils tief wurzeln und in dem extensiv ökologisch gewirtschaftet wird, hat demnach ein gutes Potential zur Kohlenstoffsequestrierung. Der Boden im

Waldgarten ist zudem permanent mit Pflanzen oder Mulch aus Stroh, Heu oder Sägespänen bedeckt. Es wird also viel Material zur Umsetzung zu fruchtbarem und kohlenstoffspeicherndem Humus bereitgestellt. Von den oben erwähnten Landnutzungen ähnelt der Waldgarten am ehesten einer Obstplantage. Durch den lichteren Baumbestand und die dauerhafte Bepflanzung ist ein Waldgarten aber auch mit einer Weide vergleichbar. Beide Bewirtschaftungsformen speichern mehr Kohlenstoff als ein Acker.

Pflanzen, die mit Stickstoff fixierenden Bakterien oder Mykorrhiza assoziiert sind, sollen die Einlagerung von organischem Material in Böden fördern (Stockmann *et al*. 2013, S. 3). Eine hohe Pflanzendiversität ist ebenfalls förderlich für den Gehalt an Kohlenstoff im Boden. Die Menge und Qualität des Eintrags von organischem Material auf die Oberfläche und des Eintrags der Wurzelexudate beeinflussen auch die Kohlenstoff Einlagerung. Niederschlagsmengen und Temperatur sind weitere Einflussfaktoren (ebd., S. 5). Erlen und sibirische Erbsensträucher sind die Stickstofffixierer des Waldgartens Schloss Tempelhof. Bei seinem Ortswechsel im November 2018 wurde teils auch Weißklee als Bodendecker unter höheren Stauden eingesetzt. Die positive Wirkung durch Pflanzen, die mit Stickstoff fixierenden Bakterien assoziiert sind gibt es also ebenfalls. Waldgärten haben in der Regel auch eine hohe Pflanzendiversität.

Auch der Anteil von nicht zersetzbarem kohlenstoffreichem Material im Boden kann durch die Einarbeitung von Pflanzenkohle erhöht werden. Sie ist dann nicht nur im Boden gebundener Kohlenstoff, sondern auch für die Bodenfruchtbarkeit förderlich. Die Kohle hat eine große Oberfläche. Sie kann Nährstoffe binden und als Wachstumsort für Mikroorganismen dienen. Diese Nährstoffe gehen aber nicht verloren, da sie pflanzenverfügbar sind. Die Aufnahme und Speicherung von überschüssigen Nährstoffen durch die Pflanzenkohle schützt vor Auswaschungen und macht so den Boden fruchtbarer (Hagemann *et al.* 2017, S. 1ff, Smith 2016, S. 7). Pflanzenkohle wirkt also ähnlich wie die bereits beschriebenen Huminstoffe im Humus. Der Rohstoff für Pflanzenkohle kann, aber muss nicht Brennholz sein. Bei der Pflege von privaten Gärten und öffentlichen Grünflächen fällt viel Baumschnitt an. Dieser ist ein gutes Ausgangsmaterial zur Herstellung von Pflanzenkohle.

Bei der Anlage von Waldgärten ist es gut umsetzbar, Pflanzenkohle in den Boden miteinzuarbeiten. Bei einem bereits angelegten Garten kann das beim Schnitt der Bäume und Sträucher anfallende Material zur Herstellung von Pflanzenkohle genutzt werden. Diese wird dann am besten in einen Komposthaufen aus gejäteten Beikräutern und Ernteabfällen eingearbeitet. Dieser Kompost kann dann entnommene Nährstoffe dem Boden wieder zuführen.

Agroforst ist die Integration der Kultivierung von Bäumen in die Agrarlandschaft. Drei Beispiele sind: beweidete Streuobstwiesen, Baumreihen in Getreidefeldern oder Schweinemast in Eichenwäldern. Eine Vergleichbarkeit mit Waldgärten ist vorhanden, weil Bäume ein Teil von beiden Systemen sind, sie sind aber jeweils nicht der einzige Ertrag der Fläche. Ähnlich wie auf einer Streuobstwiese wird der Boden im Waldgarten nach seiner Anlage nicht mehr umgebrochen, sondern permanent bewachsen. In einer Studie wurden sechs traditionelle über

Europa verteilte Agroforstsysteme mit benachbarten Regionen ohne Agroforst verglichen. Es zeigte sich, dass beim Agroforst jährlichen mehr Kohlenstoff eingelagert wurde und die absolute Menge an Kohlenstoff auf den Flächen höher war. Außerdem war der Bodenverlust durch Erosion auf Agroforst Flächen geringer (Kay *et al*. 2017, S. 6ff). Das Potential von Agroforst, Kohlenstoff einzulagern, bestätigt die Feststellung, dass tiefwurzelnde Dauerkulturen dafür förderlich sind.

Insbesondere in Hanglagen und in windoffenen Lagen ist Erosion durch Wind und Regen ein besonders Problem. Waldgärten wirken Bodenerosion effektiv entgegen. Der Wind wird durch die Mischung aus Bäumen und unterschiedlich hohen Stauden gebremst. Der Boden wird zudem durch die dauerhafte Bepflanzung und die Bedeckung mit Mulch vor Wind und Regen geschützt (Gohlami *et al*. 2012). Die verschiedenen Wurzeltiefen stabilisieren zusätzlich gegenüber Erosion in Hanglagen (Ni *et al.* 2018, S. 1ff).

Bodenfruchtbarkeit ist die Fähigkeit des Bodens zur Primär- und Sekundärproduktion. Sie setzt sich zusammen aus den Nährstoffmengen im Boden, der Fähigkeit zur Umwandlung der Nährstoffe, der Pufferkapazität gegenüber Umwelteinflüssen und der Stabilität und Regeneration und somit Dauerhaftigkeit von Bodeneigenschaften. Die Gefahren der Bodenfruchtbarkeit sind Erosion, Verdichtung, Versiegelung, Versauerung und Humusabbau (Jörgensen 2017). Dass die Bewirtschaftung von Waldgärten humusaufbauend ist und die Speicherung von Kohlenstoff bewirken kann, wurde bereits erläutert. Zudem wurde gezeigt, dass die Menge an Mikroorganismen im Waldgarten Schloss Tempelhof höher ist als auf den umliegenden Feldern. Der Boden sollte somit gut in der Lage sein, Nährstoffe umzuwandeln. Auch durch die Einmischung von Pflanzenkohle können die Speicherung, Umwandlung und Verfügbarkeit von Nährstoffen verbessert werden. Die vielfältige Bepflanzung, zu denen auch Sträucher und Bäume gehören, und die kleinräumige Strukturierung von Waldgärten verhindern den Einsatz von Maschinen zur Ernte und Pflege. Verdichtung des Bodens wird dadurch entgegengewirkt. Die vor Erosion schützenden Eigenschaften von Waldgärten wurden ebenfalls beschrieben. Es kann deshalb geschlussfolgert werden, dass Waldgärten die Bodenfruchtbarkeit und die Speicherung von Kohlenstoff im Boden fördern.

Bei der Anlage eines Waldgartens sollte außerdem auch darauf geachtet werden, dass die Obst- und Gemüsesorten so gewählt werden, dass sie eine möglichst große Bandbreite des Jahres abdecken. Bei Obst ist dies besonders leicht. Maibeeren sind eine der ersten Früchte, die reifen. Anschließend folgen Erdbeeren, Johannisbeeren, Kirschen und Äpfel. Bei Äpfeln ist es gut möglich, einerseits Sorten zu kultivieren, die bereits im Juli reif sind, und andererseits auch Sorten, die erst im Oktober und November reifen und gut lagerfähig sind (Alte-Obsorten.de 2018; biogärtner.de 2018). Auch bei Birnen gibt es frühe und späte Sorten. Eine regionale und vielfältige Obstversorgung ist somit möglich und reduziert Treibhausgasemissionen durch Transporte. Die Ergänzung der Ernährung einer Gemeinschaft, wie in Schloss Tempelhof oder einer Wohnsiedlung mit einem Waldgarten, ist also nicht nur förderlich zur Erholung und Naturverbindung, sie ist auch treibhausgasreduzierend.

Waldgärten können also durch ihre mehrjährigen teils stickstofffixierenden und teils tief wurzelnden Kulturen, durch ihre Bodenbedeckung mit organischem Material, durch die nicht vorhandene Bodenbearbeitung und durch die mögliche Nutzung von Pflanzenkohle zu Kohlenstoffsenken werden. Ihre Bodenfruchtbarkeit wird ebenfalls durch diese Faktoren erhalten. Zudem können Treibhausgase durch die Förderung von regionaler Ernährung reduziert werden.

5.3.3 Wasserversorgung

Obst- und Gemüseerzeugung in Waldgärten ist ein Anbaukonzept, welches nach der einmaligen Pflanzung der Kulturen keine weitere Bewässerung vorsieht. Es ist somit eine wassersparende Bewirtschaftung.

Für eine gute Wasserversorgung des Bodens sind Poren verschiedener Größen nötig: Feine Poren, in denen das Wasser gehalten werden kann, und gröbere Poren, die bei Regen das Versickern des Wassers von der Oberfläche ermöglichen. Diese beiden Porentypen sollten ausgewogen vorhanden sein, damit ein Boden eine optimale Wasserspeicherkapazität hat und das Wasser bei stärkerem Regen versickern kann. Die Grobporen sind auch für die Belüftung des Bodens wichtig. Die Wasserretentionskurve zeigt, dass schluffige Böden die besten Voraussetzungen durch ihre Zusammensetzung der Korngrößen haben. Tonböden, wie in Schloss Tempelhof, haben auch sehr feine Poren, in denen das Wasser aber so stark gehalten wird, dass es den Pflanzen nicht zur Verfügung steht (Peth 2016). Wieviel Wasser ein Boden speichern kann, ist aber auch abhängig vom Bodenleben, der Bedeckung des Bodens und vom Humusanteil.

Bioporen sind Poren im Boden die von Bodenlebewesen oder Wurzeln gemacht wurden. Ihr Durchmesser liegt zwischen 30 µm und 5 mm. Sie entstehen durch abgestorbene Wurzeln oder durch Bodenlebewesen. Tief wurzelnde und mehrjährige Pflanzen, bilden ein weit reichendes Netz aus Bioporen. Dadurch ist es für später wachsende Wurzeln leichter, an Nährstoffe und Wasser zu gelangen. Die Poren, die durch Regenwürmer entstehen, enthalten an ihren Wänden Humus und Nährstoffe. Insbesondere anözische Regenwürmer, die Streu von der Oberfläche sammeln, formen vertikale Poren, die die Belüftung und die Wasserinfiltration fördern (Kautz 2014, S. 1ff). Für diese Regenwürmer ist es optimal, wenn wie im Waldgarten nicht gepflügt wird und es viele Pflanzenreste und Mulchmaterial auf der Bodenoberfläche gibt. Die mehrjährigen Kulturen der Gärten fördern ebenfalls die Bildung von Bioporen. Es kann also auf entsprechend bewachsenen Flächen verhindert werden, dass Regenwasser oberflächlich in Bächen abfließt. Das Wasser findet stattdessen Wege zur Infiltration in den Boden über ein vielfältiges Porensystem.

Beim Vergleich verschiedener traditioneller Agroforstsysteme in Europa wurde festgestellt, dass unter Agroforstflächen im Vergleich zu klassisch bewirtschafteten Feldern weniger Wasser das Grundwasser erreichte. Dies war statistisch signifikant bei allen sechs Regionen. Die Grundwasserwiederbefüllung wurde berechnet aus der Regenmenge, der Evapotranspiration, dem oberflächlich abfließenden Wasser und dem Bodenwasser (Kay *et al*. 2018 S. 5ff). Es ist nicht verwunderlich, dass durch mehr Bäume auch mehr

Evapotranspiration stattfindet. Evapotranspiration und Evaporation von Wasseroberflächen führen auch zur Bildung von Wolken. Ein Mechanismus, der allerdings erst bei größeren Flächen eine Wirkung zeigt (Klima der Erde 2018). In einer Stadt ist die Evapotranspiration von Bäumen als positiv zu bewerten. Die Stadt wird dadurch gekühlt (Norton *et al.* 2014).

Humus besteht aus schwer abbaubaren Huminstoffen und Huminsäuren. Die wichtigsten Eigenschaften dieser Stoffe neben der bereits diskutierten Speicherung von Kohlenstoff ist die Speicherung von Wasser im Boden. Die Stoffe haben eine große Oberfläche und können Wasser wie ein Schwamm aufnehmen. Zudem lockern die Huminstoffe den Boden und erleichtern so ebenfalls die Infiltration von Wasser und sie verlangsamen die Evaporation von Wasser aus dem Boden. Mit dem Wasser werden auch Mineralstoffe gebunden, die so den Wurzeln zur Verfügung stehen. Eine Auswaschung von Nitrat kann durch die Bindung an Huminstoffe ebenfalls verhindert werden (Pettit 2004, S. 3ff). Kohlenstoffsequestrierung und Humusaufbau in Waldgärten führen also auch zu einer besseren Wasserspeicherung in der Erde und zu weniger Auswaschungen von Nährstoffen. Ein hoher Humusgehalt führt somit dazu, dass das Wasser, welches bis zum Grundwasser versickert, weniger Nitrat und Mineralstoffe mit sich trägt und so für eine gute Trinkwasserqualität sorgt.

Waldgärten können also durch ihren dauerhalten Bewuchs und durch die Bodenruhe die Bildung von Bioporen und damit die Infiltration von Wasser unterstützen. Die vermehrte Evaporation durch Bäume hat zu mindestens in Städten einen positiven Effekt. Das Wasser, welches bis zum Grundwasser durchsickert, enthält durch den Humus im Boden wenig Nitrat und andere Mineralstoffe. Zudem ist der Anbau in Waldgärten wassersparend, da keine Bewässerung nötig ist. Es sollte auch hervorgehoben werden, dass es bei den ökologischen Effekten von Waldgärten wie zum Beispiel die Erhöhung der Biodiversität und Humusaufbau, eine zeitliche Komponente gibt. Waldgärten sollen zu kleinräumigen und vielfältigen Ökosystemen werden, doch das braucht Zeit. Wie gut das funktioniert, hängt davon ab, wie durchdacht der Waldgarten angelegt wurde und wie weit er von natürlichen Habitaten entfernt ist.

5.4 Soziale Funktionen von Waldgärten

Die soziale Bedeutung eines Waldgartens ist, dass er die Natur wieder ein Stück näher an den Menschen bringen kann. Für in Städten lebende Menschen ist der Naturkontakt beispielsweise erschwert. Inwiefern dieser Naturkontakt für die menschliche Entwicklung wichtig ist, wie er die Gesundheit fördern kann und ob Waldgärten zu sinnvollen Therapieorten werden können, soll im Folgenden anhand diverser wissenschaftlicher Veröffentlichungen erörtert werden.

Laut einer Studie der Vereinten Nationen werden 2050 weltweit 66 % der Menschen in Städten leben (United Nations 2014). Der Mensch wird also in Zukunft zunehmend in dicht bevölkerten Umgebungen mit weniger Raum für Natur leben. Wird dann etwas fehlen? Eine aktuelle schwedische Studie bejaht das, denn heranwachsende Kinder brauchen Naturkontakt. Im Vergleich zu heute eher mehr als weniger (Giutsti *et al.* 2018, S.2). Eine Verbindung zur Natur ist ein psychologisches Bedürfnis des Menschen und hierfür brauchen Kinder vielfältige Sinnesanregungen, wodurch Gedankenproesse angestoßen werden (ebd., S. 12). Die Kinder

sollten die Möglichkeit haben, sich in der Natur wohl zu fühlen und sie verstehen lernen zu können (ebd., S. 13f). Eigene Pflege- und Erntetätigkeiten würden zum Beispiel viele Sinne ansprechen und für eine Naturverbindung förderlich sein. Der Artikel entwickelt und diskutiert eine Kriterienliste für die Bewertung von Grün-Strukturen und deren Eignung zur Bildung von Naturbeziehungen für Kinder. Diese Kriterienliste wird ACHUNAS[4] genannt. Die Qualitäten in dieser Liste, die die Grünstrukturen mehr oder weniger erfüllen können, sind in der folgenden Tabelle 22 aufgelistet. Außerdem findet sich darin eine Einschätzung der Autorin dieser Masterarbeit inwieweit der Waldgarten Schloss Tempelhof diese Kriterien erfüllen würde.

[4] ACHUNAS: Assessing Children's Nature Situations (Deutsch: Beurteilung der Natursituation von Kindern)

Tabelle 22: ACHUNAS Kriterienliste, Einschätzung der Studie über das Gärtnern sowie eigene Einschätzung des Waldgartens Schloss Tempelhof. (Bewertungen zwischen 0 (nicht erfüllt) und 5 (sehr gut erfüllt))

ACHUNAS Kriterium	**Gärtnern** (Giusti *et al*. 2018)	**Eigene Einschätzung Waldgarten Schloss Tempelhof mit Begründung**	
Unterhaltung	0	1	Wenn ein Kind Spaß am Pflanzen und Insekten beobachten oder an Schneckenrennen hat, ist der Garten unterhaltsam, sonst eher kein Spielplatz
Gedanken-provokation	5	5	Pflanzenentwicklung über das Jahr, Zusammenhang Pflege und Ernte von Kulturen, Rolle der Insekten
Ehrfurcht	2	3	Erfahren wie Nahrung wächst
Überraschung	0	1	Nicht häufig, aber möglich z.B. das Auftauchen von Raupen und deren Verwandlung in Schmetterlinge
Intimität	1	2	Komplettes alleinlassen eines Kindes mit der Natur im Garten ist altersabhängig
Achtsamkeit	4	4	Gegenüber Natur als Nahrungsquelle und Lebensort und gegenüber Tieren, z.B. den bestäubenden Bienen
Selbstwieder-herstellung	4	4	Beruhigende Naturtöne, erleben des Wetters und der Selbstregulation der Natur, naturbelassene Nahrung
Kreativer Ausdruck	0	1	Ein planvoll angelegter Garten kann nicht beliebig vom Kind verändert werden, so etwas wie z.B. Steinhügel als Wärmespeicher und Wohnort für Tiere aber schon
Körperliche Aktivität	0	2	Ernten, Jäten von Gras oder einfach nur durchlaufen
Herausforderung	2	2	Ernte und Pflege eines Abschnitts z.B. von Erdbeeren durch das Kind, oder Ernte des Salats für das Mittagessen
Sinneseindrücke	2	4	Verzehr von Blättern und Früchten, Vogelgezwitscher, Blätter-rauschen, Bienensummen, verschiedene Pflanzentexturen fühlen
Kind getriebene Aktivität	2	1	Ein planvoll angelegter Garten kann nicht beliebig vom Kind verändert werden; geerntet werden kann nur zu passenden Zeiten
Beteiligung von Mentoren	2	3	Ein Mentor sollte dabei sein, wenn Kinder im Waldgarten sind
Anleitung	4	4	Bei Ernte oder Pflegearbeiten notwendig
Soziale/ kulturelle Unterstützung	5	4	Einbeziehung der Ernte oder des Ortes Waldgarten im Alltag oder bei Festen wie Erntedank/ Mitsommer
Einbeziehung von Tieren	2	2	„nur“ Insekten wie z.B. Käfer, Bienen oder Schmetterling und Vögel

Die ACHUNAS Kriterien wurden mit minimal 0 oder maximal 5 Punkten bewertet. Bei 16 Kriterien sind das maximal 85 Punkte. Die Einschätzung der Autorin für den Waldgarten Schloss Tempelhof ergab 43 Punkte. Die beispielhafte Einschätzung vom Gärtnern in der

schwedischen Veröffentlichung ergab nur 35 Punkte. Ein Waldgarten hat gegenüber normalem Gärtnern nach Einschätzung der Autorin mehr Möglichkeiten für Achtsamkeit, Überraschungen, Sinnesanspruch, Kreativität und körperliche Aktivität. Ein angeleitetes Gärtnern, Ernten und Entdecken der Welt in einem Waldgarten bietet demnach vielfältige Möglichkeiten für die Entstehung einer intensiven Kind-Natur Beziehung. Wie gut jedes einzelne Kriterium erfüllt wird, hängt aber ganz von der Anleitung durch Betreuer und der Anlage des Waldgartens ab (Auswahl der Kulturen und Aufbau). Für Kinder sollte beispielsweise auf Giftpflanzen verzichtet werden und es sollten Freiräume zum Spielen und Sitzen vorhanden sein.

Es gibt diverse Studien, die die Auswirkung von Anleitung zum Gärtnern auf die Lebensgewohnheiten von Kindern untersuchen. In Neuseeland wurde 2012 eine umfangreiche Befragung von Jugendlichen zwischen 12 und 18 Jahren durchgeführt. Bei der Auswertung wurde festgestellt, dass etwa ein Viertel der Jugendlichen Zuhause im Garten helfen. Diese Jugendlichen hatten zudem gesündere Ernährungsgewohnheiten mit mehr Obst und Gemüse, waren sportlicher und wurden als geistig und körperlich gesünder eingestuft (Van Lier *et al*. 2016, S.1ff). Eine Studie in Großbritannien der „Royalen Garten Kampagne“ wollte herausfinden, ob Kinder, die in der Schule an einem Gartenkurs teilnahmen, mehr Obst und Gemüse aßen als Kinder, die in der Schule keinen extra Gartenunterricht erhielten. Die Antwort war, sie dadurch mehr Obst und Gemüse essen (Christian *et al.* 2014, S. 23). 2016 wurde eine Metastudie gemacht, die herausfinden wollte, wie populäre Gartenprogramme für Schulen sich auf die Gesundheit und das Wohnbefinden von Schüler auswirken. Es wurden 40 Studien ausgewertet. Dass der erhöhte Obst- und Gemüseverzehr in der Regel auf Selbstauskünften beruht, wurde allerdings kritisiert. Bei den Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden wurde die Datenlage als besser beurteilt und Vorteile konnten gesehen werden (Ohly *et al.* 2016, S. 1ff). Für Kinder ist eine Aufnahme vom praktischen Obst- und Gemüseanbau in den Schulunterricht den zitierten Studien zufolge vorteilhaft für Gesundheit und Wohlbefinden.

In Schweden hat eine aktuelle Studie die Eignung von Waldgärten oder traditionellen einjährigen Gemüsegärten, die beide direkt an der Schule lagen und Exkursionen in Wälder zur Stärkung und Bildung von Grundschulkindern miteinander verglichen. Die Studie hat resümiert, dass Waldgärten am geeignetsten sind, um den Kindern zu vermitteln, dass sie ein Teil von etwas Größerem sind, dass es eine Selbstregulation der Natur gibt, dass sie auch mit nicht menschlichen Organismen zusammenhängen und dass Orte in der Natur wandlungsfähig sind (Almers *et al.* 2018, S. 2ff). Zudem haben Waldgärten den Vorteil, dass sie, wenn sie einmal angelegt sind, weniger Pflege brauchen, als ein normaler Gemüsegarten. Gegenüber Ausflügen in Wälder haben beide an der Schule lokalisierten Gärten den Vorteil, dass sie immer erreichbar sind und auch nur mal kurz besucht werden können und dass die Kinder in den Gärten selbst etwas verändern oder arbeiten können (ebd. S.11). Die Studie sagt selbst, dass sie mit Waldgärten ein neues Element zur Bildung von Kindern untersucht und dass die Studie noch nicht tiefgreifend analysieren konnte. Aber eine gute Eignung von Waldgärten für den Einsatz in Schulen ist wahrscheinlich.

Das Britische „*Foresight-Program*“ (deutsch: Vorrausschauendes Programm) untersuchte 2008 die wichtigsten Faktoren für geistige und körperliche Gesundheit. Das Ergebnis waren die fünf Wege zum Allgemeinen Wohlbefinden: 1. Verbinden mit Mitmenschen, 2. körperlich aktiv sein, 3. achtsam und neugierig sein, 4. Weiterlernen und Neues ausprobieren, 5. Geben, Altruistisches und hilfsbereites Verhalten (Aked *et al*. 2008 S. 3ff). Ein sich in den Jahreszeiten wandelnder, von einer Gemeinschaft genutzter Garten kann ein Raum für alle fünf Wege zur mentalen und körperlichen Gesundheit für alle Altersklassen sein.

Accordia ist eine geplante Wohnanlage in Camebridge. Sie ist 9,5 ha groß und wurde 2006 fertig gestellt. Die Anlage hat 378 Wohneinheiten und eine Bevölkerungsdichte von etwa 10.000 Einwohnern/km². Öffentliche Grünflächen machen 39 % der Anlage aus. Private Grünfläche haben nur einen Anteil von 5 % an der Gesamtfläche. Die Wohnanlage ist für mittleres bis höheres Einkommen ausgelegt (Anderson *et al.* 2016 S.3). Eine wissenschaftliche Studie verglich mit einer Umfrage sowie durch Beobachtungsrundgängen in den Siedlungen das Gesundheitsverhalten der Bewohner von Accordia mit den Bewohnern aus einer nahegelegenen Wohnsiedlung mit vergleichbarem Einkommen der Einwohner. Im Allgemeinen war das Gesundheitsverhalten in beiden Siedlungen ähnlich. Die größere öffentliche Grünfläche direkt um die Häuser und Wohnungen führte in Accordia aber zu mehr nachbarschaftlicher Interaktion und mehr körperlicher Bewegung (ebd. S. 9f). Gemeinschaftliche Grünflächen direkt in städtischen Siedlungen bringen den Anwohnern also mehr Lebensqualität und geben Raum, um die fünf Wege zum Allgemeinen Wohlbefinden umzusetzen. Ein Waldgarten könnte all dies und zusätzlich noch Erträge bringen.

Ein Waldgarten kann auch ein Ort für Therapie und Genesung sein. Insbesondere aus Dänemark konnten diverse Veröffentlichungen zu Therapiegärten gefunden werden. Das dänische Informationsportal „Nature and Human Health“ der Universität Kopenhagen informiert über Forschung und Praxis. Dort werden unter anderem 14 dänische Therapiegärten aufgeführt. Von diesen wurden elf näher beschrieben. Insgesamt sechs Gärten werden als Orte für verschiedene Stress- und Burnout-Therapien genutzt. Speziell für die Therapie und Verwurzelung von psychisch erkrankten Asylbewerbern, Flüchtlingen und Immigranten werden zwei Gärten genutzt und jeweils einer wurde für Veteranen, Opfer häuslicher Gewalt und psychisch erkrankte junge Erwachsene angelegt (Nature and Health 2018).

Der Therapiegarten Nacadia® wird für die Therapie verschiedener Stresserkrankungen genutzt. Stresserkrankungen und so entstehende Fehltage bei der Arbeit haben eine zunehmende Bedeutung für die Gesellschaft und Wirtschaft (Corazon *et al*. 2018, S.1). Auch in Deutschland fühlen sich die Menschen zunehmend gestresster und stressbedingte Fehlzeiten am Arbeitsplatz nehmen zu (Wohlers und Hombrecher 2016, S.32). Der 1,4 ha großen Therapiegarten Nacadia® in Kopenhagen ist ein Ort, an dem viele Studien zu Stresstherapien durchgeführt werden. Die aktuellste Veröffentlichung vergleicht durch einen randomisierten Versuch die Langzeiteffizienz der dortigen Anti-Stress-Therapie mit einer validierten kognitiven Therapie (Corazon *et al.* 2018, S.1). Die Therapie läuft über zehn Wochen mit drei Terminen in der Woche. Ein Termin dauert drei Stunden und beinhaltet u.a.: Achtsames Gehen im Garten, individuelle und gemeinschaftliche Gartenarbeit sowie Übungen

im achtsamen Bewusstsein (ebd. S.3). Für den Zeitraum von zwölf Monaten nach der Therapie konnten signifikante positive Effekte bei beiden Varianten festgestellt werden. Der Nacadia® Therapiegarten hat sich also als Therapieform für Stresserkrankungen bewährt (ebd. S. 9). Auch für eine Natur-basierte Therapie für Veteranen wurde der Nacadia® Waldgarten genutzt. Die Veterane erhielten ebenfalls eine zehnwöchige Therapie mit drei Terminen die Woche. Die wesentlichen Elemente der Therapie waren, Yoga, Achtsamkeitstraining und angeleitetes Arbeiten wie zum Beispiel Gärtnern. Von den acht Teilnehmern nutzten sieben auch ein Jahr später noch Aktivitäten in der Natur zur Entspannung und zum Verarbeiten (Poulsen *et al*. 2016, S. 12). Alle Teilnehmer haben die Therapie als sehr positiv empfunden. „In der Natur scheint alles richtig zu sein“ (ebd. S.1).

Eine Studie aus Shanghai hat an 110 Schizophrenie-Patienten getestet, wie sich eine gärtnerische Begleittherapie auf den Medikationserfolg der Schizophrenie bei Patienten auswirkt (Zhu *et al.* 2016, S.1ff). Eine zufällig ausgewählte Hälfte der Patienten erhielt nicht nur die Medikation gegen Schizophrenie Symptome, sondern auch über zwölf Wochen lang dreimal in der Woche eine 90-minütige gärtnerische Therapiestunde. In der vierten und zwölften Woche wurde bei allen Patienten der psychopathologische Wert getestet. Es zeigten sich signifikante Unterschiede. Es wurde resümiert, dass die Effektivität der Medikation von Schizophrenie durch eine gärtnerische Begleittherapie deutlich verbessert werden kann.

Auch für ältere Menschen kann der Zugang zu Gärten oder selbst Gärtnern die Gesundheit verbessern. Eine Studie aus den USA hat einer zufällig ausgewählten Hälfte von über 60-jährigen Krebspatienten, die ihre Krankheit seit fünf Jahren überstanden haben, ein einjähriges Gartenprogramm angeboten. Die Studie zeigte, dass Patienten, die am Gartenprogramm teilgenommen hatten, weniger adipös wurden und mehr Obst und Gemüse am Tag aßen (Demark-Wahnefried *et al.* 2017; S.1ff). In einer Meta-Studie wurde zudem untersucht, wie sich die Nutzung von Gärten auf die Gesundheit von an Demenz erkrankten Menschen auswirkt. Das Ziel hinter der Studie ist zu zeigen, wie das Leben von Demenzpatienten auf nicht medikamentösem Weg verbessert werden kann. Es wurden 17 Studien gemeinsam ausgewertet. Im Allgemeinen hatten die Gärten eine beruhigende Wirkung auf die Patienten und einige Studien ergaben, dass die Patienten glücklicher wurden. In einer Studie konnte die Medikation mit Antidepressiva reduziert werden. Wie genau die Gärten auf die Patienten wirken, wurde in den Studien nicht festgestellt (Whear *et al.* 2014 S. 1ff). Demenzpatienten erhalten also durch Gärten mehr Lebensqualität.

Insgesamt zeigen die Studien, dass Gärtnern und der Aufenthalt in Gärten eine entspannende und gesundheitsfördernde Wirkung auf Kinder, gestresste, kranke und ältere Menschen hat. Sie können zudem jedem Menschen Raum geben, um die fünf Wege zu geistigem und körperlichem Wohlbefinden auszuüben. Waldgärten können also zur Lebensqualität der Bevölkerung beitragen. Insbesondere in Städten, wo der Naturkontakt erschwert ist, können Waldgärten eine Bedarfslücke schließen.

Doch ist das umsetzbar? Es ist vorstellbar, dass Teile von öffentlichen Grünanlagen in Waldgärten umgewandelt und anschließend von Kindergärten, Schulen, Altenheimen oder

Kliniken als Lern- Erholungs- oder Therapieort genutzt werden. Die Waldgärten müssten allerdings umzäunt und mit einem verschließbaren Tor versehen werden. Drei Gründe dafür sind: 1. Schutz vor Haustieren wie Hunden und Katzen, die in den Garten koten könnten, 2. Schutz vor Fraß und Krankheitseinschleppung durch städtische Wildtiere wie Kaninchen, Füchse, Mader, Waschbären und Wildschweine (nabu.de 2018), 3. Zum Schutz davor, dass Obst, Gemüse und Nüsse von unberechtigten Personen geerntet werden, sondern die Ernte im Rahmen von Unterricht oder Therapie stattfinden kann.

Die nächste Frage ist, wie Waldgärten der allgemeinen Bevölkerung zur Verfügung stehen können. Schließlich sollten Kinder auch mit ihren Eltern gemeinsam die Möglichkeit haben, in der Natur sein zu können. Ein gemeinsamer Wochenendspaziergang, bei dem Kräuter oder Obst für eine gemeinsame Mahlzeit geerntet werden, wäre ein schönes und gesundes Naturerlebnis für die ganze Familie. Ein Waldgarten ist aber wesentlich empfindlicher als ein Stadtpark mit Wiesen, Büschen und großen Bäumen. Es braucht Kenntnis beispielsweise über Erntezeitpunkte und mögliche Erntemengen, die eine Pflanze verkraften kann. Um die Art der Umsetzung zu diskutieren, sollen einem öffentlichen Waldgarten nahekommende Beispiele öffentlicher Grünflächen beschrieben werden.

Die Grünflächen in Accordia (siehe S. 65) sind eher wie Parks und weniger wie Gärten gestaltet. Die Bäume sind überwiegend ältere und größere Laubbäume (Anderson *et al*. 2016, S. 2). Ob Nuss- oder Obstbäume mit dabei sind ist nicht bekannt. Aber die Wohnsiedlung Accordia zeigt, dass bereits die direkte Nähe von Grünanlagen, das Wohlbefinden der Anwohner steigert und dass eine direkte räumliche Kombination auch mit einer städtischen Bevölkerungsdichte vereinbar ist.

Ein Gemeinschaftsgarten ist ein von allen oder einigen Anwohnern eines Wohnblocks oder Wohnviertel genutzter Garten mit mehr oder weniger genauen Regelungen, was wer dort tun darf. In Berlin gibt es mehrere Gemeinschaftsgärten. Der erste wurde von „Community Gardens“ in New York inspiriert (tip-Redaktion 2010). Wissenschaftliche Studien zu Community Gardens gibt es viele. Dass Gemeinschaftsgärten den Verzehr von Obst und Gemüse in Städten erhöhen können, zeigt unter anderem eine Studie aus den USA (Barnidge *et al.* 2013, S. 6). Ein Waldgarten ist permanent angelegt wie ein Park. Er gibt aber auch einen Ernteertrag wie ein Gemüsegarten und kann deshalb wahrscheinlich ebenfalls den Verzehr von Kräutern, Obst und Gemüse erhöhen. Vom Pflegeaufwand dürfte der Waldgarten auch zwischen einem Gemüsegarten und einem Park liegen. Nutzer von Waldgärten könnten aber weniger selbst verändern und nicht anbauen, was sie gerade wollen, sondern müssten nutzen, was da ist, und den Garten sich zu einem Ökosystem entwickeln lassen. Von der Organisation her müsste ein Waldgarten wie ein Gemeinschaftsgarten behandelt werden.

Die Erfahrungen von 445 Organisationen für Gemeinschaftsgärten in den USA und Kanada wurden 2015 in einer Metastudie ausgewertet. Manche Organisationen betreuten nur einen lokalen Gemeinschaftsgarten, andere betreuten sehr viele in einer größeren Stadt. Insgesamt sind die Erfahrungen aus 8.550 Gemeinschaftsgärten in die Studie eingeflossen. Die Schlussfolgerung aus der Befragung war, dass es viele Vorteile für die Anteilhaber der

Gemeinschaftsgärten gibt, aber auch viele Herausforderungen (Drake und Lawson 2015, S.1f). Die Finanzierung und die Organisation der Teilnehmer und die Findung von neuen, wenn alte aufgrund von mangelnder Motivation wieder abspringen, waren die größten Herausforderungen. Weitere Probleme waren das Finden von neuem Land für Gärten und die Organisation von Materialien für die Gärten (ebd. S. 9).

Für gemeinschaftlich genutzte Waldgärten in einer Stadt ist es wahrscheinlich am besten, wenn es ein an die Gesamtgröße der Gärten angepasstes Team gibt, welches über das Ökosystem Waldgarten gut gebildet ist und die Pflege übernimmt. Außerdem sollten alle Teilnehmer regelmäßig informiert werden über aktuelle Phasen des Gartens und Erntezeitpunkte verschiedener Kulturen. Das Mitmachen in einem gemeinschaftlichen Garten sollte leicht und unkompliziert sein, damit auch viel arbeitende Menschen einen Besuch im Waldgarten in ihren Alltag integrieren können. Die Finanzierung eines solchen Projektes sollte von allen getragen werden, die profitieren. Es profitieren nicht nur die Teilnehmer, sondern auch die Stadt und der Staat, etwa von den auf den Seiten 53 bis 61 diskutierten ökologischen Funktionen. Außerdem profitieren sie nicht nur von einer resilienteren Umwelt, sondern auch von einer gesünderen Gesellschaft. Krankenkassen könnten auch ein Interesse daran haben, dass ihre Mitglieder sich an gemeinschaftlichen Waldgärten beteiligen und diese deshalb dabei unterstützen. Bhutan ist ein Staat, der anstelle des Bruttonationalproduktes das Bruttonationalglück berechnet. Der Staat möchte den Fokus von Wirtschaft und Wachstum auf den Menschen zurücklenken (Tho 2018). Waldgärten sind kein neuer Wirtschaftszweig, sie sind etwas was wie in diesem Kapitel erläutert dem Menschen in jedem Alter guttun kann.

6. Schlussfolgerung

Ziel der Arbeit war es, die Frage zu beantworten, ob die Anlage von Waldgärten in unseren Breitengraden sinnvoll ist.

Die krautigen Kulturen des Waldgartens Schloss Tempelhof haben das Potential protein-, und mineralstoffreiche sowie pflanzenschutzmittelfreie Nahrung zu erzeugen. Dabei haben sie einen Flächenertrag, der etwa 25 % geringer ist als der von klassischen Salaten. Der Arbeitsaufwand pro Flächeneinheit ist geringer, da es viele Schritte des klassischen Gemüseanbaus nicht gibt. Die Ernte von vielen unterschiedlichen Kulturen per Hand ist allerdings aufwendiger und macht nach der Etablierung einen großen Teil der Arbeit aus.

Waldgärten fördern die regionale Biodiversität. Sie erhalten auch die Biodiversität von Kulturen, auf denen die menschliche Ernährung beruht. Sie leisten durch Humusaufbau einen Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung im Boden und zu verringerten Nährstoffausträgen in das Sickerwasser. Da die Kulturen des Waldgartens auch in trockenen Sommern wie dem 2018 ohne eine Bewässerung einen Ertrag bringen, sind Waldgärten wassersparend, auch wenn unter ihnen potentiell weniger Wasser das Grundwasser erreicht. Für Menschen jeden Alters können Waldgärten Orte zur Naturerfahrung und Erholung sein. Sie können von Kindergärten, Schulen, Altenheimen und Privatpersonen genutzt werden. Auch als Therapieort können sie dienen. Für eine Gemeinschaft, wie der in Schloss Tempelhof und für Städte ist es wegen der zusätzlichen ökologischen und sozialen Vorteilesinnvoll, in einen oder mehrere Waldgärten zu investieren.

Der ökologische und soziale Nutzen, der Nährstoffgehalt und das Ertragspotential wurden nur mit einfachen Methoden untersucht. Alle diese Funktionen, die ein Waldgarten haben kann, sollten einzeln und detailreicher weiter analysiert werden. Zudem sollte ein Waldgarten zum Zeitpunkt der Untersuchungen bereits länger etabliert sein, sodass sich sein Ökosystem bereits stabilisiert hat und auch Bäume miteinbezogen werden können.

7. Zusammenfassung

Die zentrale Frage der Arbeit war, ob Waldgärten in unseren Breitengeraden sinnvoll sind. Vier Aspekte wurden dafür untersucht. Im Waldgarten Schloss Tempelhof wurden an ausgewählten Kulturen das Wachstumsverhalten und Ertragspotential sowie der Nährstoffgehalte der Kulturen analysiert. Durch Literaturrecherche wurden zudem die möglichen ökologischen und sozialen Funktionen von Waldgärten diskutiert.

Die Messung des Pflanzenwachstums im Waldgarten Schloss Tempelhof zeigte, dass für die meisten Kulturen der trockene und warme Sommer 2018 auch ohne Bewässerung kein Problem war. Fraßschäden stellten für einige Kulturen ein größeres Problem dar. Die Erträge der krautigen Kulturen des Waldgartens lagen durchschnittlich bei 2,18 kg/m². Sie waren um etwa 25 % geringer als die Erträge von Salaten und Spinat in klassischen Gemüseanbausystemen. Sie sind auch um 80 % geringer als die Erträge des Schnittsalats im „*Market Garden System*“. Zudem ist das Erntegut des Waldgartens, wie Schnittsalat, nicht lange lagerfähig. Die Erträge von Bäumen und Sträuchern wurden nicht mit untersucht. Der Arbeitsaufwand ist im Waldgarten für den Gemüseanbau geringer als auf Äckern oder in Gewächshäusern. Die zwölf untersuchten krautigen Kulturen spiegeln allerdings nicht vollständig das Potential eines Waldgartens wieder. Ein etablierter Waldgarten kann zusätzlich Obst, Nüsse und Pilze hervorbringen.

Die Analyse der Mineralstoff- und Proteingehalte der krautigen Waldgartenkulturen zeigte, dass die Waldgartenkulturen mit durchschnittlich 3,89 g/100 g frischem Material relativ proteinreich sind. Sie enthalten außerdem deutlich mehr Kalium und Magnesium und etwas mehr Eisen und Zink als klassische Salate. Die gemessenen Natriumgehalte waren niedrig, was vorteilhalt ist, da Natrium in der Regel durch Speisesalz reichlich aufgenommen wird. Die untersuchten Kulturen können gut Salate und Gemüsegerichte vielfältiger werden lassen. Staudenbuchweizen ist sehr reich an Calcium, Magnesium und Eisen und damit eine gute Alternative zu Blattspinat. Die Bevölkerung in Deutschland, USA und Großbritannien ist teils mit Mineralstoffen wie Calcium, Magnesium und Eisen unterversorgt. Der Grund dafür liegt in einer gemüsearmen und getreidereichen Ernährung. Es ist deshalb eine Herausforderung das ungewohnte und besonders mineralstoffreiche Gemüse des Waldgartens in die Ernährung der Bevölkerung zu integrieren. Waldgärten sollten nicht direkt an viel befahrenen Straßen liegen und es sollte immer einen Pufferstreifen zwischen dem Garten und einer Straße geben.

Es konnte anhand der Literaturrecherche gezeigt werden, dass Naturkontakt, Gärtnern und der Aufenthalt in Gärten einen positiven Einfluss auf Wohlbefinden und Gesundheit von Menschen jeden Alters hat. Besonders in Städten mit wenig Natur gibt können Waldgärten eine Bedarfslücke schließen. Die Mitarbeit in einem gemeinschaftlichen Garten sollte leicht und unkompliziert sein, damit auch viel beschäftigte Menschen Ausgleich und Entspannung in ihnen finden können. Es profitieren nicht nur die direkten Nutzer der Waldgärten, auch die Stadt und der Staat profitieren von seinen ökologischen Funktionen. Außerdem profitieren sie von einer gesünderen Gesellschaft und von einer resilienteren Umwelt.

Die Ökosystemdienstleistungen von Waldgärten sind: Biodiversitätserhalt, Kohlenstoffsequestrierung und Wasserschutz durch Humusaufbau. Zudem können Treibhausgasemissionen durch regionale Erzeugung von Obst, Gemüse, Kräuter und Nüssen reduziert werden. Die Biodiversität wird erhalten, indem der Waldgarten Nahrung und Lebensraum für Insekten und Bodenlebewesen bietet. Im Waldgarten Schloss Tempelhof konnten 48 Insektenarten dokumentiert werden. Von dieser Biodiversität können auch benachbarte Felder profitieren, da Nützlinge vorhanden sind. Viele der Kulturen des Waldgartens sind mit klassischem Gemüse verwandt, welches für die menschliche Ernährung wichtig ist. Ihre genetische Biodiversität wird in Waldgärten dadurch auch erhalten.

Waldgärten können also einen Beitrag zur Versorgung mit regionalem, mineralstoff- und proteinreichem sowie pflanzenschutzmittelfrei angebautem Obst, Gemüse und Nüssen sein. Sie führen zu keinen Kontaminationen und fördern die regionale Biodiversität und die Speicherung von Kohlenstoff im Boden. Sie kommen ohne eine Bewässerung aus und sorgen für gute Sickerwasserqualitäten. Es sollten aber keine hohen Erträge erwartet werden und eine Etablierungszeit mit weniger Ertrag eingeplant werden. Waldgärten haben dadurch keinen wirtschaftlich hohen Wert. Nur wenn ökologische und soziale Funktionen berücksichtigt und genutzt werden, sind Waldgärten auch in der gemäßigten Klimazone sinnvoll.

8. Literaturverzeichnis

Almers E, Askerlund P, Kjellström S, 2017: Why forest gardening for children? Swedish forest garden educators' ideas, purposes, and experiences.“ *The Journal of Environmental Education* 2017, VOL. 0, NO. 0, 1–18.

Allgäustauden: http://www.allgaeustauden.de/Stauden/Stauden-von-A-Z/Polygonum-Knoeterich/Polygonum-bistorta-Superbum-Schlangen-Knoeterich-Wiesen-Knoeterich::11404.html, zuletzt besucht am 22.10.2018.

Alloway BJ, 2012: „Sources of Heavy Metals and Metalloids in Soils” *Heavy Metals in Soils* pp 11-50.

Alte-Obstsorten.de, 2018: https://www.alte-obstsorten.de/sortenuebersicht.html, zuletzt besucht am 12.11.18.

Aked J, Marks N, Cordon C, Thompson S, 2008: “A report presented to the Foresight Project on communicating the evidence base for improving people’s well-being” the *New Economics Foundation.*

Bannier HJ, 2005: “Genetische Verarmung beim Obst und Initiativen zur Erhaltung der genetischen Vielfalt“ *Samensurium 16/2005*, Seiten 61-68.

Bardget RD, van de Putten WH, 2014: “Belowground biodiversity and ecosystem functioning.” *Nature*, 27 November 2014 pages 505-511.

Barnidge EK, Hipp PR, Estlund A, Duggan K, Barnhart KJ, Brownson RC, 2013: “Association between community garden participation and fruit and vegetable consumption in rural Missouri” *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 2013, 10:128.

Bigärtner.de, 2018: http://www.bio-gaertner.de/Obstbaeume/Apfelernte-Kalender, zuletzt besucht am 12.11.18.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) 1997: “ Umwelt in der Schweiz 1997“ ISBN: 978-3303020340.

Christian MS, Evans CEL, Cade JE, 2014: “Does the Royal Horticultural Society campaign for School Gardening increase intake of fruit and vegetables in children? Results from two randomized control trials” *Public Health Research* Volume 2 Issue 4 August 2014 ISSN 2050-4381.

Corazon SS, Karlsson Nyed P, Sidenius U, Varning Poulsen D, Karlsson Stigsdotter U, 2018: A Long-Term Follow-Up of the Efficacy of Nature-Based Therapy for Adults Suffering from Stress-Related Illnesses on Levels of Healthcare Consumption and Sick-Leave Absence: A Randomized Controlled Trial. *Enviromental Research and Public Health, 15, 137.*

Crawford, Martin 2010: “Creating a Forest Garden. Working with Nature to Grow Edible Crops” *green books.* ISBN-10: 1900322625.

Crawford, Martin 2012: How to grow perennial Vegetables Low-maintenance, low-impact vegetable gardening, *green books*. ISBN-10: 1900322846

DEBInet: Deutsches Ernährungsberatungs- und Informationsnetz http://www.ernaehrung.de, zuletzt besucht am 18.10.18.

Demark-Wahnefried W, Cases MG, Cantor AB, Frugé AD, Smith KP, 2017: „Pilot and Randomized Controlled Trial of a Home Vegetable Gardening Intrvention among Older Cance survivors Shows Feasibility, Satisfaction and Promise in Improving Vegetable and Fruit Consumption, Reassurance of Worth and the Trajectory of Central Adiposity” *JOURNAL OF THE ACADEMY OF NUTRITION AND DIETETICS*, April 2018 Volume 118 Number 4.

Drake L and Lawson LJ, 2015: “Results of a US and Canada community garden survey: shared challenges in garden management amid diverse geographical and organizational contexts” *Agric Hum Values* (2015) 32:241–254.

Duan X, Xu M, Zhou Y, Yan Z, Du Y, Zhang L, Zhang C, Bai L, Nie J, Chen G, Li F, 2016: “Effects of soil properties on copper toxicity to earthworm *Eisenia fetida* in 15 Chinese soils” *Chemosphere 145 (2016) pages 185-192*.

Elmadfa I., Aign W., Muskat E., Fritzsche D. 2017: „Die große GU Nährwert Kalorien Tabelle 2018/19“ *Gräfe und Unzer Verlag.* ISBN-10: 3833862866

Fahrig L, Girard J, Duro D, Pasher J, Smith A, Javorek S, King D, Freemark Lindsay K, Mitchel S, Tischendorf L, 2015: “Farmlands with smaller crop fields have higher within-field biodiversity” *Agriculture, Ecosystems & Enviroment Volume 200, Pages 219-234.*

Feller C, Bleiholder H, Buhr L, Hack H, Hess M, Klose R, Meier U, Strauss R, van den Boom T, Weber E, 1995: Phänologische Entwicklungsstadien von Gemüsepflanzen: I. Zwiebel-, Wurzel-, Knollen- und Blattgemüse. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 47, 193-206.*

Galluzi G, Eyzaguirre P, Negri V, 2010: “Home gardens: neglected hotspots of agrobiodiversity and cultural diversity.” *Biodivers Conserv* (2010) 19:3635–3654

Golami L, Sadeghi SH, Homaee M, 2012: “Straw Mulching Effect on Splash Erosion, Runoff, and Sediment Yield from Eroded Plots” *Soil Sci. Soc. Am. J.* 77:268–278.

Giusti M, Svane U, Raymond CM, Beery TH 2018: A Framework to Acess Where And How Children Connect to Nature. *Frontiers in Psychology Volume 8 Article 2283.*

Guo LB, Gifford RM, 2002: “Soil carbon stocks and land use change.” *Global Change Biology* (2002) 8, 345-360.

Hagemann N, Joseph S, Schmidt HP, Kammann C, Harter J, Borch T, Young RB, Varga K, Taherymoosavi S, Elliot KW, McKenna A, Albu M, Mayrhofer C, Obst M, Conte P, Dieguez-Alonso A, Orsetti S, Subdiaga E, Behrens S, Kappler A, 2017 : Organic coating on biochar explains its nutrient retention and stimulation of soil fertility *NATURE COMMUNICATIONS* | 8: 1089.

Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, Schwan H, Stenmans W, Müller A, Sumser H, Hörren T, Goulson D, de Kroon H, 2017: „More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas” *PLOS One 12(10): e0185809.*

Heil A, 2003: „Der Paradiesgarten essbare Stauden selbst angepflanzt Eine Übersicht von A-Z.“ *Ökobuch* ISBN-10: 3922964907.

Hermle M, Schaller A, Thalmann H, Dierhauer H, 2009: „Ampferregulierung, Vorbeugende Möglichkeiten ausschöpfen.“ *Merkblatt Ampferregulierung 2009, Bioland, KÖN, Bio Austria, FiBL.*

Hess M, Barrallis G, Bleiholder H, Buhr L, Eggers T, Hack H und Strauss R, 1997: Use of the extended BBCH-scale - general for the description of the growth stages of mono- and dicotyledonous weed species. *Weed Research*, 37, *433-441.*

Heil, Alexander 2003: Der Paradiesgarten essbare Stauden selbst angeplanzt Eine Übersicht von A-Z *Ökobuch Faktum* ISBN-10: 3922964907.

Hemenway, Tobi 2010: “How Permaculture Can Save Humanity and the Earth, but Not Civilization” Video von *Duke's Nicholas School of the Environment* https://www.youtube.com/watch?v=8nLKHYHmPbo .

Holmgren D, 2016: „Permakultur. Gestaltungsprinzipien für zukunftsfähige Lebensweisen.“ *Drachenverlag* ISBN-10: 3927369764.

Hornstein D, 2016: „ Naturnahes Wassermanagement Tempelhof. Bestandsaufnahme und Maßnahmenkonzept.“ *Siedlungskreis Wassergruppe TH,* 2016.

Jörgensen RG, 2017: „Bodenfruchtbarkeit“ Vorlesung in L23 „Nährstoffkreisläufe, Energieflüsse und Ökobilanzen“ der *Universität Kassel* WS 2017/18.

Kahle K, 2008: „Polyphenole aus Apfelsaft: Studien zur Verfügbarkeit im Humanstoffwechsel“ *Dissertation Universität Würzburg*.

Kaluza BF, Wallace H, Heard TA, Kleins AM, Leonhardt SD, 2014: “Urban gardens promote bee foraging over natural habitats and plantations *Ecology and Evolution* 2014 6(5): 1304–1316.

Kautz T, 2014: Research on subsoil biopores and their functions in organically managed soils: A review *Renewable Agriculture and Food Systems*: 30(4); 318–327.

Kay S, Crous-Duran J, Ferreiro Domínguez N, García de Jalón S, Graves Anil, Moreno G, Mosquera-Losada MR, Palma JHN, Roces-Diáz, JV, Santiago-Freijanes JJ, Szerencsits E, Weibl R, Herzog F, 2018: „Spatial similarities between European agroforestry systems and ecosystem services at the landscape scale.” *Agroforest Syst* (2018) 92:1075–1089.

Klausnitzer B, Senglaub K, Hannemann HJ, 2011: „Stresemann - Exkusionsfauna von Deutschland, Band 2. Wirbellose: Insekten“ *Spektrum der Wissenschaft* 11. Auflage 2011.

Klima der Erde, 2018: http://www.klima-der-erde.de/wolken.html, zuletzt besucht am 17.11.2018.

Kräuterverzeichnis: https://www.kraeuter-verzeichnis.de/kraeuter/wiesenknoeterich.shtml, zuletzt besucht am 22.10.2018.

Landesanstalt für Umwelt Baden Württemberg, 2018: https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/natur-und-landschaft/besonders-und-streng-geschuetzte-arten/-/asset_publisher/mLOnhW6V5oKk/content/kafer?inheritRedirect=false zuletzt besucht am 12.11.2018.

Latz E, Eisenhauer N, Rall BC, Allan E, Roscher C, Scheu S, Jousset A: „Plant diversity improves protection against soil-borne pathogens by fostering antagonistic bacterial communities” *Journal of Ecology* 2012,100, 597-604.

Martinéz-Blanco J, Lazcano C, Christensen TH, Munoz P, Rieradevall J, Moller J, Antón A, Bodrin A: “Compost benefits for agriculture evaluated by life cycle assement A Review” *Agron. Sustain. Dev.* (2013) 33:721-732.

Masiero L, 2017: „Assesment of Soil Fertility under different cultivation using biological index in organic faming” *Master Thesis, Universität Padova*.

NABU Brandenburg, 2000: „Brokat auf Beinen Schillernder Typ: Der Rosenkäfer / Larven gut für den Kompost.“*MAZ-Serie „Quar-Tier“ Nr. 10*.

Nabu.de 2018: https://berlin.nabu.de/tiere-und-pflanzen/wildtiere-in-der-stadt/index.html zuletzt besucht am 28.10.2018.

Naturspaziergang 2018: http://www.naturspaziergang.de/Kaefer_Farben_Uebersicht.htm, zuletzt besucht am 24.11.2018.

Nelson GC, Valin H, Sands RD, Havlik P, Ahammad H, Deryng D, Elliott J, Fujimori S, Hasegaa T, Heyhoe E, Kyle P, Von Lampe M, Lotze-Campen H, D`Croz DM, van Meijl H, van der Mensbrugghe D, Müller C, Popp A, Robertson R, Robinson S, Schmid E, Schmitz C, Tabeau A, Willenbockel D, 2013: „Climate change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks“ *PNAS 11 (9) 3274-3279.*

Natur and Health, 2018: https://www.natureandhealth.ku.dk/, zuletzt besucht am 23.11.2018.

Ni JJ, Leung AK, Ng CWW, Shao W, 2018: “Modeling hydro-mechanical reinforcments of plants to slope stability.” *Computers and Geotechnics* 95 (2018) 99-109.

Norton BA, Coutts AM, Livesley SJ, Harris RJ, Hunter AM, Williams NSG, 2014: “Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes.” *Landscape and urban planning* 2014.10.018.

Briony A.Norton[a1]Andrew M.Coutts[b]Stephen J.Livesley[a]Richard J.Harris[c]Annie M.Hunter[a]Nicholas S.G.Williams

Ohly H, Gentry S, Wigglesworth R, Bethel A, Lovell R, Garside R, 2016: “A systematic review of the health and well-being impacts of school gardening: synthesis of quantitative and qualitative evidence” *BMC Public Health* (2016) 16:286.

Ökolandbau.de: https://www.oekolandbau.de/erzeuger/pflanzenbau/allgemeiner-pflanzenbau/pflanzenschutz/pflanzenschutzmittel/kupfer-im-oekolandbau/, Artikel zuletzt aktualisiert am 14.2.2017, zuletzt besucht am 25.10.2018.

Oliver TH, Heard MS, Isaac NJB, Roy DB, Procter D, Eigenbrod F, Freckleton R, Hector A, Orme CDL, Petchey OL, Proenca V, Raffaelli D, Shuttle B, Mace GM, Martin-López B, Woodcock BA, Bullock JM, 2015: „Biodiversity and Resilience of Ecosystem Functions" *Cell*, Volume 30, Issue 11, November 2015, Pages 673-684.

Parsier HK, 2010: „Artenvielfalt- Die Ernährung der Welt" *Süddeutsche Zeitung* 17. Mai 2010, https://www.sueddeutsche.de/wissen/artenvielfalt-die-ernaehrung-der-welt-1.581563-2.

Peth S 2016: "Soil & Water" Vorlesung der *Universität Kassel* SS 2016.

Pettit RE, 2004: „Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: Their importance in soil fertility and plant health" *CTI Research* 2004.

Permakultur 2018 a: https://permakultur.de/weiterbildung/ Zuletzt besucht am 18.04.18.

Permakultur 2018 b: https://permakultur.de/landkarte/?tx_news_pi1%5BoverwriteDemand%5D%5Bcategories%5D=53&cHash=d42dc678dc184103cd4c0fac189f4bf0 Zuletzt besucht am 18.04.2018.

Permaculture Association 2018: https://www.permaculture.org.uk/research/forest-garden-research zuletzt besucht am 01.05.2018.

Permakultur.wordpress, 2018: https://permakultur.wordpress.com/permakultur/beratung/waldgarten-selsbst-anlegen/, zuletzt angesehen am 23.11.2018.

Pflanzio: https://pflanzio.de/lepidium-latifolium/, zuletzt besucht am 22.10.2018.

Poulsen DV, Stigsdotter UK, Djenis D, Sidenius U, 2016: „'Everything just seems much more right in nature': How veterans with post-traumatic stress disorder experience nature-based activities in a forest therapy garden" *Health Psychology Open* January-June 2016: 1–14.

Radman S, Zutic I, Coga L, Fabek S, Benko B, Toth N: "Yield and Mineral Content of Stinging Nettle as Affected by Nitrogen Fertilization" *J. Agr. Sci. Tech.* (2016) Vol. 18: 1117-1128.

Rohkost-Wiki: http://www.rohkostwiki.de/wiki/Kalzium-Gehalt_von_Lebensmitteln, zuletzt besucht am 22.10.2018.

Rutto LR, Xu Y, Ramirez E und Brandt M, 2013: "Mineral Properties and Dietary Value of Raw and Processes Stinging Nettle (*Urtica dioica* L.)" *International Journal of Food Science,* Volume 2013, Article ID 857120, 9 pages.

Säumel, I.,Kotsyuk,I.,Hölscher,M.,Lenkereit,C.,Weber,F.,Kowarik,I.,2012.How healthy is urban horticulture in high traffic areas? Trace metal concentrations in vegetable crops from plantings within inner city neighbourhoods in Berlin, Germany. *Environ. Pollut* 165,124–132.

Scheub, Ute & Schwarzer, Stefan 2017: Die Humusrevolution. *Oekom* ISBN-10: 3865818382.

Schubert, Sven 2018: "Pflanzenernährung", *Eugen Ulmer Verlag*, 3. Auflage, ISBN: 978-3-8252-4509-2.

Smith P, 2004: "Carbon sequestration in croplands: the potential in Europe and the global context" *Europ. J. Agronomy 20* (2004) 229–236.

Smith P, 2016: „Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies" *Global Change Biology* (2016) 22, 1315–1324.

Stange R und Leitzmann C, 2017: „Ernährung und Fasten als Therapie" 2. Auflage 2017 *Springer-Verlag,* 348 Seiten, ISBN: 9783662544754.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2018: „Anbau und Ernte von Gemüse in Baden-Württemberg 2017" Artikel-Nr. 3384 17001.

Steidle J, 2018: „Insektensterben aus Naturwissenschaftlicher Sicht.“ *Tagung* "Insektensterben: Sommer ohne Summen? Analyse - Auswirkungen - Gegenmaßnahmen" der *Universität Hohenheim* Februar 2018 https://www.youtube.com/watch?v=_SL5GrLTNFA.

Stockmann U, Adams MA, Crawford JW, Field DJ, Henakaarchchi N, Jenkins M, Minasny B, MacBratney AB, de Remy de Courcelles V, Singh K, Wheeler I, Abbotts L, Angers DA, Baldock J, Bird M, Brookes PC, Chenu C, Jastrow JD, Lal R, Lehmann J, O`Donnell AG, Parton W, Whitehead D, Zimmermann M, 2013: “The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon.” *Agriculture, Ecosystems and Environment* 164 (2013) 80– 99.

Tempiner Kräutergarten: https://www.templiner-kraeutergarten.de/Fagopyrum-dibotrys-Stauden-Buchweizen-Bio-Saatgut, zuletzt besucht am 22.10.2018.

Tho 2018: „Glück“ Film von *Filming For Change* http://lebensraum-permakultur.de/gluecksnews-zum-weltglueckstag/, veröffentlicht am 21.03.18.

Tip-Redaktion, 2010: „Gemeinschaftsgärten in Berlin“ https://www.tip-berlin.de/gemeinschaftsgarten-berlin/.

Tschumi M, Albrecht M, Entling MH, Jacot K. 2015 High effectiveness of tailored flower strips in reducing pests and crop plant damage. *Proc. R. Soc. B* 282: 20151369.

Tsiafouli MA, Thébault E, Sgardelis SP, de Ruiter PC, van der Putten WH, Birkhofer K, Hemerik L, de Vries FT, Bardgett RD, Brady MV, Bjornlund L, Christensen S, D´Hertefeldt T, Hotes S, Gera Hol WH, Frouz J, Liiri M, Mortimer SR, Setälä H, Tzanopoulos J, Uteseny K, Pizl V, Stary J, Wolters V, Hedlund K, 2015: “Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe.” *Global Change Biology Volume 21 Issue 2 Pages 973-985.*

Van Hoffen LP und Säumel I, 2014: „Orchards for edible cities: Cadmium and lead content in nuts, berries, pome and stone fruits harvested within the inner city neighbourhoods in Berlin, Germany Ecotoxicology and Environmental Safety 101(2014) 233–239.

Van Lier L, Utter J, Denny S, Lucassen M, Dyson B, Clark T, 2016: “Home Gardening and the Health and Wellbeing of Adolescents” *Health Promotion Practice* January 2017 Vol. 18, No. (1) 34–43.

Van’t Riet J, Sijtsema SJ, Dagevos H, De Bruijn GJ, 2011: “The importance of habits in eating behaviour. An overview and recommendations for future research” *Appetite* 57 (2011) 585–596.

Vergenes A, Le Viol I, Clergeau P, 2011: “Green corridors in urban landscapes affect the arthropod communities of domestic gardens.” Biological Conservation 145 (2012) 171–178.

Vetter A, Werries S, Dietrich H, Wurl G, Lippmann B: “Variabilität pharmazeutisch relevanter Inhaltsstoffe bei Fasernesselvarietäten“ *Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft*, 2001.

Wetterdienst.de 2018: https://www.wetterdienst.de/Deutschlandwetter/Kressberg/Klima/ zuletzt besucht am 11.10.18.

Whear R, Thompson J, Bethel A, Abbott R, Stein K, Garside R 2014: What Is the Impact of Using Outdoor Spaces Such as Gardens on the Physical and Mental Well-Being of Those With Dementia? A Systematic Review of Quantitative and Qualitative Evidence.” *JAMDA* 15 (2014) 697e705.

Wetter Tempelhof, 2018: www.Wetter.Schloss-Tempelhof.de, zuletzt besucht am 3.12.2018.

Whitfield P, 2015: „Das große Handbuch Waldgarten: Permakultur, biologischer Obst-, Gemüse- und Kräuteranbau auf mehreren Ebenen.“ *Organischer Landbau Verlag* ISBN-10: 3922201253.

Wir bauen Zukunft: https://wirbauenzukunft.de/forschung/, zuletzt besucht am 24.10.2018.

Wohlers K und Hombrecher M, 2016:“Entspann dich, Deutschland. TK Stressstudie 2016, *Techniker Krankenkasse*.

Wunderground.com 2018: https://www.wunderground.com/personal-weather-station/dashboard?ID=IKREBERG6#history/tdata/s20171010/e20181011/myear zuletzt besucht am 11.10.18.

Zhu S, Wan H, Lu Z, Wu H, Zhang Q, Qian X, Ye C: “Treatment effect of antipsychotics in combination with horticultural therapy on patients with schizophrenia: a randomized, double-blind, placebo-controlled study.” *Shanghai Archives of Psychiatry*, 2016, Vol. 28, No. 4 195-203.

9. 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.“

10. Danksagung

Ich möchte mich herzlich bedanken bei Stefan Schwarzer für die Themengabe, Beratung und Hilfe bei den Messungen im Waldgarten. Außerdem möchte ich mich bei Helene Urbain, ihrer Familie und der ganze Gemeinschaft Schloss Tempelhof dafür bedanken, dass ich so oft für Kurzbesuche bei ihnen übernachten und ihr vielfältiges und leckeres Essensangebot mitnutzen konnte. Die Gemeinschaft hat einen sehr schönen Ort geschaffen und ich habe mich über die vielen interessanten Begegnung gefreut und es sehr geschätzt, dort meine Masterarbeit machen zu können!

Die Laborarbeiten für die Nährstoffanalysen wären ohne Gabriele Dormann, Larissa Krause, Sabine Ahlers, Elsa Zwicker und Anja Sawallisch nicht möglich gewesen. Vielen Dank für die freundliche und fachkundige Unterstützung!

Ein besonderer Dank gilt auch Herrn Prof. Jörgensen für die Annahme dieser Mastarbeit und die gute Beratung, insbesondere zum Start dieser Arbeit. Dr. Anke Hupe möchte ich ebenfalls für die Annahme der Arbeit danken und für ihre Beratung bei der Fertigstellung der Arbeit.

Abb. 29: Plan vom Waldgarten in Schloss Tempelhof

Tabelle 23.1 Bilder der beobachteten Tiere im Waldgarten Schloss Tempelhof

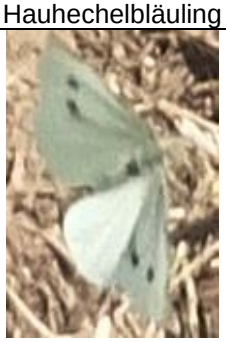
Schmetter-linge und Falter	 Raupe vom Schwalbenschwanz	 Brauner Waldvogel
	 Raupe vom Landkärtchen	 Braune Tageule
	 Schwarzkolbiger Braun Dickkopffalter	 Raupe vom Kleinen Fuchs
	 Tagpfauenauge	 Hauhechelbläuling
	 Großer Kohlweißling	 Kleiner Kohlweißling

Tabelle 23.2: Bilder beobachteten Tiere im Waldgarten Schloss Tempelhof

Schwebfliegen, Fliegen, Wespen etc.	 Schnabelschwebfliege	 Hummel-Waldschwebfliege
	 Larve der Breitfüßigen Birkenblattwespe	 Gallische Feldwespe
	Schnaken (kein Bild vorhanden)	Hummelfliege/ Wollschweber (kein Bild vorhanden)
	 Große Schwebfliege	 Schmeißfliegen
Schwebfliege und Hummel	 Helle Blattlausschwebfliege	Erdhummel (hell oder dunkel)
Hummeln	 Steinhummel	 Wiesenhummel
	 Ackerhummel	 Feldhummel

Tabelle 23.3: Bilder der beobachteten Tiere im Waldgarten Schloss Tempelhof

Spinnen	 Kürbisspinne	 Raubspinne
	 Wespenspinne	 Grüne Huschspinne
	 Unbekannte Radnetzspinne	 Unbekannte Radnetzspinne
Käfer	 Pappelblattkäfer	 Gemeiner Bienenkäfer
	 Rosenkäfer	 Variabler Weichkäfer
	 Bleischwarzer Wollkäfer	 Grüner Sauerampferkäfer (Larve)

Tabelle 22.4 Bilder der beobachteten Tiere im Waldgarten

Käfer	 Asiatischer Marienkäfer (Larve)	 Unbekannter Käfer
	 Holzbuntkäfer	 Unbekannter Käfer
Wanzen	 Beerenwanze	 Streifenwanze
	 Gefleckte Schwarznesselwanze	 Lederwanze
	 Schwarzrückige Gemüsewanze	
Ameisen	Rote Gartenameise (Kein Bild vorhanden)	Fremde Wegameise (kein Bild vorhanden)
	 Schwarze Wegameisen	

Tabelle 24.1: Bilddokumentation des Wachtums der Kulturen

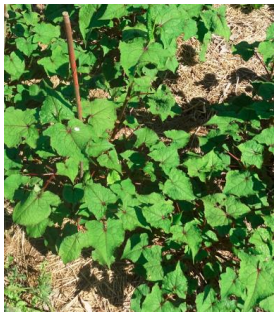
Kultur	23.04.18	18.06.18	10.09.18
Brenn-nessel			
Franz. Ampfer			
Gemüse-ampfer			
K. Rankes-pinat			
Speise-bein-well			
Stauden-buch-weizen			

Tabelle 24.2: Bilddokumentation des Wachtums der Kulturen

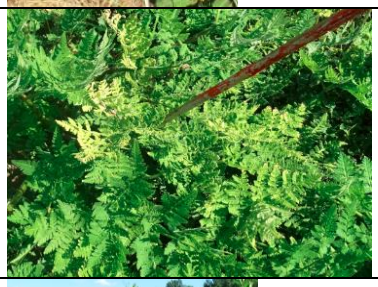
Kultur	23.04.18	18.06.18	10.09.18
Stauden-kresse			
Süß-dolde			
Tee-fenchel			
Weiße Taub-nessel			
Wiesen-knö-terich			
Winter-heck-zwiebel			

Tabelle 25.1: Messdaten Wachstum (rot = geschätzter Wert)

	Brennnessel W1 Quadrat		Franz Ampfer W1 Pflanze		Gemüseampfer W1 Quadrat		K.Rankespinat W Pflanze		
Messung [cm]	µ Höhe	Höhe max.	Höhe max.	Durch-messer	µ Höhe	Höhe max.	µ Höhe	Höhe max.	Trieb-zahl
10. Apr	4,6	7	17	18	20,5	29	7	10	72
24. Apr	13,15	19	33	32	50,9	63	33,7	42	76
08. Mai	30	42	41	57	65	126	75	90	
22. Mai	43,6	66	98	21	76,8	140	85	120	82
04. Jun	90	106	120	20	151	163	150	160	
18. Jun	103	130	131	18	0	0	155	162	
03. Jul	120	140	28	15	2	1	175	180	
17. Jul	125	147	60	33	5	11	10	20	
30. Jul	133,9	155	90	70	7	13	20	26	
13. Aug	113,6	147	110	42	9	22	42	50	
27. Aug	123,1	150	37	48	24	34	43,75	71	
10. Sep	129	154	43	58	19,6	28	50,5	70	
24. Sep	120	149	32	41	18	25	48	68	
06. Nov	109	140	14	20	6,2	10	15	30	

Tabelle 25.2: Messdaten Wachstum (rot = geschätzter Wert)

	Speisebeinwell W1 Pflanze		Speisebeinwell W2 Pflanze		Staudenbuchweizen W1 Pflanze		Staudenbuchweizen W2 Pflanze	
Messung [cm]	Höhe	Durch-messer	Höhe	Durchmesser	Höhe	Durchmesser	Höhe	Durchmesser
10. Apr	10	12	9	18	0	0	0	0
24. Apr	22	36	22	40	3	2	2	2
08. Mai	37	55	25	54	5	8	5	6
22. Mai	75	60	72	63	6	11	10	15
04. Jun	92	79	88	80	21	20	20	33
18. Jun	92	90	110	85	46	45	60	42
03. Jul	104	84	116	90	100	50	95	40
17. Jul	10	20	12	20	139	70	123	68
30. Jul	31	38	38	39	172	82	147	100
13. Aug	45	58	42	55	130	66	150	60
27. Aug	46	75	43	70	138	125	154	100
10. Sep	46	60	54	65	145	130	165	110
24. Sep	42	54	50	60	134	140	160	120
06. Nov	7	15	8	17	0	0	0	0

Tabelle 25.3: Messdaten Wachstum (rot = geschätzter Wert)

	Staudenkresse W1 Pflanze		Staudenkresse W2 Pflanze		Süßdolde W1 Pflanze		Süßdolde W2 Pflanze	
Messung [cm]	Höhe	Durchmesser	Höhe	Durchmesser	Höhe	Durchmesser	Höhe	Durchmesser
10. Apr	6	12	7	12	10	14	13	13
24. Apr	22	19	25	16	23	48	20	40
08. Mai	47		40		19	40	34	43
22. Mai	84	60	65	50	46	50	45	47
04. Jun	126		108		46	60	45	53
18. Jun	110		127		48	70	42	68
03. Jul	143	25	133	20	52	59	50	34
17. Jul	145		129		40	66	33	34
30. Jul	145	25	129	20	42	60	23	40
13. Aug	143	25	137	20	0	0	0	0
27. Aug	140	25	137	20	0	0	0	0
10. Sep	10	5	20	11	0	0	0	0
24. Sep	20		25		0	0	0	0
06. Nov	4		5		0	0	0	0

Tabelle 25.4: Messdaten Wachstum (rot = geschätzter Wert)

	Teefenchel W1 Pflanze		Teefenchel W2 Pflanze		Weiße Taubnessel W1 Quadrat	
Messung [cm]	Höhe	Durchmesser	Höhe	Durchmesser	Höhe	Höhe gezogen
10. Apr	4	1			8	7
24. Apr	22	27	12	23	12	18
08. Mai	28	40	26	38	37	45
22. Mai	63	50	54	67	54	67
04. Jun	96	60	98	58	35	45
18. Jun	164	72	161	64	30	43,3
03. Jul	150	90	150	70	48	60
17. Jul	178	100	176	85	15	20
30. Jul	180	100	182	90	8,7	10,7
13. Aug	170	120	198	110	7,67	8,93
27. Aug	185	125	168	160	7	7,67
10. Sep	188	123	165	155	6,5	7
24. Sep	180	122	160	140	5	6
06. Nov	180	120	160	115	2	2

Tabelle 25.5: Messdaten Wachstum (rot = geschätzter Wert)

	Wiesenknöterich W1 Quadrat		Winterheckzwiebel W1 Pflanze		Winterheckzwiebel W2 Pflanze	
Messung [cm]	Höhe	Höhe max.	Höhe	Durchmesser	Höhe	Durchmesser
10. Apr	5,9	8	28	22	29	20
24. Apr	22,6	32	51	28	53	32
08. Mai	32	40	58	29	62	40
22. Mai	50,2	78	64	30	72	47
04. Jun	80	102	72	42	76	68
18. Jun	103,3	143	87	43	77	70
03. Jul	90 (52 Blätter)	56	68	39	75	66
17. Jul	90 (52 Blätter)	55	68	39	74	50
30. Jul	85 (50 Blätter)	56	66	38	72	44
13. Aug	25	28	64	46	75	44
27. Aug	15,33	20	60	33	50	30
10. Sep	13,6	18	62	37	57	60
24. Sep	12	15	64	46	68	58
06. Nov	7	10	15	18	12	16

Tabelle 26.1: Ertragsmessungen

2018	10.04 FM	10.04 TM	10.04. %TM	24.04 FM	24.04 TM	24.04 %TM	08.05 FM	08.05 TM	08.05 %TM
Brennnessel E1				167,24	28,55	17,07			
Brennnessel E2				178,14	30,89	17,34			
Brennnessel E3				161	27,01	16,78			
Franz. Ampfer E1				110,57	8,49	7,68	198,07	13,8	6,97
Franz. Ampfer E2				101,39	5,79	5,71	228,61	20,35	8,90
Gemüseampfer E1	106	16,57	15,63	257,15	26	10,11	254,9	32,04	12,57
Gemüseampfer E2	87	14,11	16,22	154,89	12,06	7,79	170,47	20,02	11,74
K. Rankespinat				83,2	8,1	9,74	58,34	7,3	12,51
Speisebeinwell E1				51,14	6,8	13,30	146,91	21,87	14,89
Speisebeinwell E2				61,95	7,99	12,90			
Speisebeinwell E3							135,25	19,12	14,14
Staudenbuchweizen E1									
Staudenbuchweizen E2									
Staudenkresse E1				22,84	3,49	15,28	42,35	8,56	20,21
Staudenkresse E2				12,99	2,01	15,47	35,16	7,16	20,36
Staudenkresse E3							37,55	6,6	17,58
Süßdolde E1				67,89	10,42	15,35	221,58	42,73	19,28
Süßdolde E2				38,46	6,88	17,89	39,33	8,57	21,79
Süßdolde E3				22,06	3,71	16,82			
Teefenchel E1									
Teefenchel E2									
Weiße Taubnessel E1				131,64	21,08	16,01			
Weiße Taubnessel E2	54	14,07	26,06	100,54	15,69	15,61			
Wiesenknöterich E1	21	7,38	35,14	375,3	51,63	13,76			
Wiesenknöterich E2				196,72	30,54	15,52			
Winterheckzwiebel E1	146	17,66	12,10	173,35	8,82	5,09			
Winterheckzwiebel E2	48	8,56	17,83	42,06	2,42	5,75			
Winterheckzwiebel E3	115	15,38	13,37	96,36	6,9	7,16			

Tabelle 26.2: Ertragsmessungen

2018	22.05 FM	22.05 TM	22.05 %TM	04.06 FM	04.06TM	04.06 %TM	18.06 FM	18.06 TM	18.06 %TM
Brennnessel E1	15,95	2,04	12,79	46,51	11,81	25,39	15,8	3,6	22,78
Brennnessel E2	55,9	7,37	13,18	51,26	12,65	24,68	31,29	6,91	22,08
Brennnessel E3	39,88	5,92	14,84	66,83	16,72	25,02	25,57	5,29	20,69
Franz. Ampfer E1	28,1	2,42	8,61	183	19,78	10,81	79,79	5,28	6,62
Franz. Ampfer E2				112,84	6,99	6,19	59,43	3,65	6,14
Gemüseampfer E1									
Gemüseampfer E2									
K. Rankespinat	63,77	8,36	13,11	518,95	82,61	15,92	129,74	22,89	17,64
Speisebeinwell E1	35,76	4,7	13,14						
Speisebeinwell E2	33,43	4,17	12,47	157	35,73	22,76	44,04	8,78	19,94
Speisebeinwell E3									
Staudenbuchweizen E1							76,51	16,16	21,12
Staudenbuchweizen E2							33,64	6,70	19,92
Staudenkresse E1	24,02	3,9	16,24	45,16	8,68	19,22	253,66	71,75	28,29
Staudenkresse E2	11,74	2,01	17,12	31,12	6,22	19,99	124,76	35,12	28,15
Staudenkresse E3	14,64	2,6	17,76	29,64	7,16	24,16	184,93	49,75	26,90
Süßdolde E1	65,6	11,76	17,93	163,44	25,95	15,88	132,52	25,42	19,18
Süßdolde E2	15,44	2,08	13,47	56,04	10,74	19,16	25,88	5,17	19,98
Süßdolde E3	13,01	2,46	18,91	39,79	8,05	20,23	20,83	4,34	20,84
Teefenchel E1	66,59	11,84	17,78				18,73	4,08	21,78
Teefenchel E2	8,29	2,35	28,35	61,99	11,43	18,44	44,19	8,02	18,15
Weiße Taubnessel E1	13,79	2,75	19,94	61,41	11,01	17,93	31,67	7,33	23,14
Weiße Taubnessel E2	7,4	1,49	20,14	80,52	18,07	22,44	18,69	4,27	22,85
Wiesenknöterich E1	39,92	5,96	14,93	769,49	95,84	12,46	57,85	10,11	17,48
Wiesenknöterich E2	61,54	7,83	12,72	233,57	26,74	11,45			
Winterheckzwiebel E1	58,75	3,99	6,79	226,74	26,74	11,79	88,19	7,08	8,03
Winterheckzwiebel E2	59,15	3,6	6,09	20,14	2,07	10,28	16,86	1,61	9,55
Winterheckzwiebel E3	73,96	5,1	6,90	65,13	7,67	11,78	15,38	1,59	10,34

Tabelle 26.3: Ertragsmessungen

2018	02.07 FM	07.07 TM	02.07 %TM	30.07 FM	30.07 TM	30.07 %TM	14.8 FM	14.8 TM	14.8 %TM
Brennnessel E1				0	0		0	0	
Brennnessel E2				13,76	3,62	26,31	0	0	
Brennnessel E3				0	0		0	0	
Franz. Ampfer E1				74,94	7,27	9,70	24,52	2,43	9,91
Franz. Ampfer E2				65,88	6,21	9,43	34,28	3,19	9,31
Gemüseampfer E1				0	0		0	0	
Gemüseampfer E2				0	0		0	0	
K. Rankespinat				130,78	22,39	17,12	67,13	12,89	19,20
Speisebeinwell E1				22,96	2,48	10,80	34,62	4,5	13,00
Speisebeinwell E2				35,18	4,05	11,51	28,43	4,04	14,21
Speisebeinwell E3				41,83	4,75	11,36	12,79	1,7	13,29
Staudenbuchweizen E1	54,08	15,02	27,77	502,78	126,87	25,23	15	4,29	28,60
Staudenbuchweizen E2	21,14	5,89	27,86	153,08	36,92	24,12	10,33	3,19	30,88
Staudenkresse E1				8,27	1,74	21,04	9,06	2,07	22,85
Staudenkresse E2				10,08	2,42	24,01	5,65	1,27	22,48
Staudenkresse E3				3,46	0,67	19,36	6,82	1,52	22,29
Süßdolde E1				22,54	5,54	24,58	0	0	
Süßdolde E2				10,21	2,5	24,49	0	0	
Süßdolde E3				7,4	2,01	27,16	0	0	
Teefenchel E1				2,71	0,73	26,94	0	0	
Teefenchel E2				10,05	2,45	24,38	0	0	
Weiße Taubnessel E1				0	0		0	0	
Weiße Taubnessel E2				0	0		0	0	
Wiesenknöterich E1				0	0		0	0	
Wiesenknöterich E2				0	0		0	0	
Winterheckzwiebel E1				0	0		0	0	
Winterheckzwiebel E2				0	0		0	0	
Winterheckzwiebel E3				0	0		0	0	

Tabelle 26.4: Ertragsmessungen

2018	27.8 FM	27.8 TM	27.8 %TM	10.9 FM	10.9 TM	10.9 % TM
Brennnessel E1	0	0		13,57	3,9	28,74
Brennnessel E2	0	0		6,7	1,93	28,81
Brennnessel E3	0	0		9,87	2,73	27,66
Franz. Ampfer E1	0	0		0		
Franz. Ampfer E2	0	0		0		
Gemüseampfer E1	0	0		0		
Gemüseampfer E2	0	0		0		
K. Rankespinat	11,41	1,82	15,95	12,46	2,24	17,98
Speisebeinwell E1	22,52	2,47	10,97	26,22	3,2	12,20
Speisebeinwell E2	12,61	1,57	12,45	38,38	5,57	14,51
Speisebeinwell E3	5,84	0,69	11,82	10,41	1,43	13,74
Staudenbuchweizen E1	20,89	4,61	22,07	37,65	9,83	26,11
Staudenbuchweizen E2	11,53	2,42	20,99	21,85	5,63	25,77
Staudenkresse E1	2,32	0,43	18,53	1,21	0,32	26,45
Staudenkresse E2	1,93	0,37	19,17	0		
Staudenkresse E3	2,52	0,51	20,24	2	0,46	23,00
Süßdolde E1	0	0		0		
Süßdolde E2	0	0		0		
Süßdolde E3	0	0		0		
Teefenchel E1	0	0		17,67	5,3	29,99
Teefenchel E2	0	0		43,55	15,37	35,29
Weiße Taubnessel E1	0	0		0		
Weiße Taubnessel E2	0	0		0		
Wiesenknöterich E1	0	0		0		
Wiesenknöterich E2	0	0		0		
Winterheckzwiebel E1	0	0		55,78	6,82	12,23
Winterheckzwiebel E2	0	0		0		
Winterheckzwiebel E3	0	0		0		

Tabelle 27: Probensortierung zur Analyse der Protein- und Mineralstoffkonzentrationen

Geerntete Pflanze/ geerntetes Quadrat	Proben-nummer	Erntedatum	Frischmasse [g]	Trockenmasse[g]	%TM
Brennnessel E1	1	24.04.2018	167,24	28,55	17,07
Brennnessel E2	2	24.04.2018	178,14	30,89	17,34
Brennnessel E3	3	24.04.2018	161,00	27,01	16,78
Franz. Ampfer E1	4	24.04.2018	110,57	8,49	7,68
Franz. Ampfer E2	5	24.04.2018	101,39	5,79	5,71
Franz. Ampfer E1	6	08.05.2018	198,07	13,80	6,97
Gemüseampfer E1	7	24.04.2018	257,15	26,00	10,11
Gemüseampfer E2	8	24.04.2018	154,89	12,06	7,79
Gemüseampfer E1	9	08.05.2018	254,90	32,04	12,57
K. Rankespinat E	10	24.04.2018	83,20	8,10	9,74
K. Rankespinat E	11	08.05.2018	244,98	7,30	12,51
K. Rankespinat E	12	22.05.2018	63,77	8,63	13,53
Speisebeinwell E2	13	24.04.2018	61,95	7,99	12,90
Speisebeinwell E1	14	08.05.2018	146,91	21,87	14,89
Speisebeinwell E3	15	08.05.2018	135,25	19,12	14,14
Staudenbuchweizen E1	16	18.06.2018	76,51	16,16	21,12
Staudenbuchweizen E2	17	18.06.2018	33,64	6,70	19,92
Mischprobe von Stefan	18	24.4 -18.06.18	122,47	15,65	12,78
Staudenkresse E1	19	08.05.2018	42,35	8,56	20,21
Staudenkresse E2	20	08.05.2018	35,16	7,16	20,36
Staudenkresse E3	21	08.05.2018	37,55	6,60	17,58
Süßdolde E1	22	24.04.2018	67,89	10,42	15,35
Süßdolde E1	23	08.05.2018	221,58	42,73	19,28
Süßdolde E2	24	08.05.2018	39,33	8,57	21,79
Taubnessel E1	25	24.04.2018	131,64	21,08	16,01
Taubnessel E2	26	24.04.2018	100,54	15,69	15,61
Taubnessel andere Pflanzen	27	22.05.2018	68,10	12,99	19,07
Teefenchel E1	28	22.05.2018	66,59	11,84	17,78
Teefenchel E2	29	22.05.2018	8,29	2,05	24,73
Teefenchel andere Pflanzen	30	22.05.2018	92,40	11,40	12,34
Wiesenknöterich E1	31	24.04.2018	375,30	51,63	13,76
Wiesenknöterich E2	32	24.04.2018	196,72	30,54	15,52
Wiesenknöterich E2	33	22.05.2018	61,54	7,83	12,72
Winterheckzwiebel E1	34	24.04.2018	173,35	8,82	5,09
Winterheckzwiebel E2	35	24.04.2018	42,06	2,42	5,75
Winterheckzwiebel E3	36	24.04.2018	96,36	6,90	7,16

Tabelle 28: Nährstoffkonzentrationen in 100 g Frischmasse von allen Proben

Probe	Protein [g/100g]	Na [mg/100g]	K [mg/100g]	Mg [mg/100g]	Ca [mg/100g]	Fe [mg/100g]	Zn [mg/100g]	Unbekannte Rest-mengen [g/100g]
Brennnessel E1	5,6	0,63	621,0	90,4	140,8	1,68	0,43	10,7
Brennnessel E2	5,4	0,72	651,7	105,7	190,4	1,95	0,50	11,0
Brennnessel E3	5,3	0,39	601,4	99,7	193,0	6,21	0,43	10,6
Franz. Ampfer E1	1,9	0,56	320,4	35,7	19,4	0,63	0,29	5,4
Franz. Ampfer E2	1,4	0,66	243,8	32,6	17,3	0,57	0,27	4,0
Franz. Ampfer E1	1,4	0,35	330,8	33,7	19,3	0,62	0,30	5,2
Gemüseampfer E1	2,5	0,86	340,8	35,2	26,6	0,63	0,27	7,2
Gemüseampfer E2	2,0	0,77	319,6	33,4	26,7	0,64	0,21	5,4
Gemüseampfer E1	2,6	1,39	459,3	91,3	107,6	0,87	0,24	9,3
K. Rankespinat	3,6	0,73	633,0	47,0	21,2	1,59	0,50	5,5
K. Rankespinat	2,9	1,06	754,0	63,2	31,5	1,84	0,67	8,8
K. Rankespinat	2,9	0,39	687,9	87,3	45,1	1,06	0,89	9,8
Speisebeinwell E2	4,6	0,85	708,6	33,9	41,5	0,89	0,55	7,5
Speisebeinwell E1	4,3	1,03	710,6	41,4	66,4	1,54	0,42	9,8
Speisebeinwell E3	4,1	0,61	716,5	39,0	53,7	1,23	0,42	9,2
Stauden-buchweizen E1	4,4	1,96	486,1	173,5	195,8	3,00	0,34	15,9
Stauden-buchweizen E2	4,3	3,08	458,3	173,5	211,5	3,70	0,30	14,8
Mischprobe von Stefan	2,8	1,89	496,4	76,9	106,8	0,93	0,45	9,3
Staudenkresse E1	6,6	10,50	648,5	79,0	173,6	1,30	0,87	12,7
Staudenkresse E2	6,7	19,38	626,5	78,2	191,6	3,97	1,58	12,7
Staudenkresse E3	5,7	21,45	498,0	71,8	128,8	1,05	0,65	11,2
Süßdolde E1	3,8	1,07	684,1	84,9	138,9	1,34	0,69	10,7
Süßdolde E1	4,8	0,57	704,4	110,7	98,8	1,54	0,87	13,6
Süßdolde E2	5,6	0,12	702,1	130,0	137,3	1,76	1,03	15,2
Taubnessel E1	4,4	0,27	587,8	77,6	49,0	1,93	0,60	10,9
Taubnessel E2	4,3	2,48	592,3	76,3	57,4	3,50	0,58	10,6
Taubnessel andere Pflanzen	4,0	0,00	604,5	127,2	94,9	1,57	0,56	14,3
Teefenchel E1	4,4	64,54	671,5	79,0	169,2	1,62	0,40	12,4
Teefenchel E2	6,1	52,95	973,8	128,2	237,8	2,50	0,80	17,3
Teefenchel andere Pflanzen	3,2	30,95	541,7	44,7	80,9	1,06	0,30	8,4
Wiesenknöterich E1	3,7	0,86	417,7	70,9	43,2	1,32	0,57	9,5
Wiesenknöterich E2	4,2	0,00	460,9	77,3	45,3	1,32	0,74	10,8
Wiesenknöterich E2	2,8	0,04	385,3	103,1	109,9	1,16	0,70	9,3
Winterheckzwiebel E1	2,0	0,20	239,1	21,7	19,8	0,44	0,24	2,8
Winterheckzwiebel E2	2,0	0,28	303,8	20,1	17,3	0,73	0,30	3,4
Winterheckzwiebel E3	2,6	0,69	366,8	27,2	22,8	0,62	0,27	4,1