

JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN

Fachbereich 09 Agrarwissenschaften, Ökotoxikologie und Umweltmanagement

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II

Professur für ökologischen Landbau

THESIS

zur Erlangung des Grades Bachelor of Science (B.Sc.)

im Studiengang Umweltmanagement

zum Thema

**„Orientierungshilfe für die Auswahl
blühender Bäume und Sträucher zur
Wiederbewaldung von
Nutzwäldern“**

Eingereicht von: Angelika Holstein

Betreuung durch: Dr. Annely Brandt und Dr. Philipp Weckenbrock

1. Prüfer: Prof. Dr. Andreas Gättinger

2. Prüfer: Dr. Philipp Weckenbrock

Gießen, den 25.05.2022

„Ohne die Tat ist Wissen wie ohne Honig die Biene.“- Johann Gottfried Herder

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	I
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	II
TABELLENVERZEICHNIS	II
FORMELVERZEICHNIS.....	II
ABBILDUNGSVERZEICHNIS DES ANHANGS	III
TABELLENVERZEICHNIS DES ANHANGS	III
KURZZUSAMMENFASSUNG.....	IV
ABSTRACT	V
1 EINLEITUNG.....	1
1.1 Einführung in die Thematik	1
1.2 Aktueller Wissensstand	2
1.2.1 Ökologischer Waldumbau	2
1.2.2 Gehölze und Artenzusammenstellungen	3
1.2.3 Insektenschwund und Wildbienenschutz.....	4
1.2.4 Honigbienen im Wald	4
1.2.5 Bienenwaldprojekte	5
1.3 Hintergrund Wissen.....	6
1.3.1 Wald und Forst	6
1.3.2 Klimawandel.....	7
1.3.3 Ökosystemdienstleistungen	8
1.3.4 Biodiversität	8
1.3.5 Neophyten.....	9
1.3.6 Die Honigbiene Apis Mellifera	9
1.3.7 Trachtsituation	11
1.3.8 Wildbienen	12
2 ZIELSETZUNG	13
3 METHODEN	14
3.1 Datenmanagement	14
3.2 Literaturrecherche.....	15
3.3 Beurteilungskriterien	15
3.3.1 Imkereifachliche Kriterien	15
3.3.2 Ökologisch orientierte Kriterien	19

3.3.3	Waldbauliche Kriterien.....	20
3.4	Artenauswahl.....	20
3.5	Ranglisten	21
3.6	Blühkalender.....	22
4	ERGEBNISSE.....	24
4.1	Naturschutz.....	24
4.1.1	Neophyten und Invasive Arten.....	24
4.1.2	Wildbienen.....	25
4.2	Forstwirtschaft.....	25
4.2.1	Forstwirtschaftlich relevante Baumarten.....	26
4.2.2	Waldrandgestaltung.....	27
4.2.3	Klimaanpassung.....	28
4.3	Imkerei.....	30
5	DISKUSSION	32
5.1	Bewertung der gefunden Literaturinformationen.....	32
5.2	Bewertung der eigenen Forschung	33
6	FAZIT	35
7	AUSBLICK UND NEUE FORSCHUNGSANSÄTZE.....	37
	DANKSAGUNG	40
	LITERATURVERZEICHNIS.....	41
	ANHANG	50
	EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG	63

Abkürzungsverzeichnis

AFS	Agroforstsystem
BAYSF	Bayrische Staatsforsten
BD	Biodiversität
BFN	Bundesamt für Naturschutz
BiWa	Bienenwald
Bk	Beurteilungskriterien
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Bau und Reaktorsicherheit
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BNI	Bienen-Nähr-Index
BNZ	Bienennährwert-Zahl
DBMS	Datenbankmanagementsystem
DBS	Datenbanksystem
FW	Forstwirtschaft
HB	Westliche Honigbiene (<i>Apis mellifera</i> L.)
HMUELV	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
HT	Honigtau
IP	Invasives Potenzial
KW	Klimawandel
LW	Landwirtschaft
LWG	Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
MKLLU MV	Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländlichen raum und Umwelt des Landes Mecklenburg-Vorpommern
MLR BW	Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg
NW	Nektarwert
NW-FVA	Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
ÖS	Ökosystem
PW	Pollenwert
StMELF	Bayrisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
UFZ	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
WaÖS	Waldökosysteme
WB	Wildbiene

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nahrungsverfügbarkeit Bienenwald.....	16
Abbildung 2: Ausschlussverfahren der Artenauswahl	21
Abbildung 3:Forstwirtschaftlich relevante Baumarten	26
Abbildung 4: Blühkalender zukunftsfähiger Bienenwald.....	30
Abbildung 5: Nahrungsangebot der Trachtzeiten	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifizierung der Trachtzeiten.....	17
Tabelle 2: Identifizierung von Nektarwert und Pollenwert	17
Tabelle 3: Legende Nektarwert und Pollenwert.....	18

Formelverzeichnis

Formel 1: Bienennährwert-Zahl	21
Formel 2: Bienen-Nähr-Index	22

Abbildungsverzeichnis des Anhangs

Abbildung A1: Grundlage des Honigs	51
Abbildung A2: Blühkalender	55
Abbildung A3: Legende zum Blühkalender	55
Abbildung A4: Kreislauf Mensch-Umwelt	62

Tabellenverzeichnis des Anhangs

Tabelle A1: Ökosystemdienstleistungen des Waldes.....	51
Tabelle A2: Zuckergehalt.....	52
Tabelle A3: Trachtwerte	53
Tabelle A4: Wildbienen im Wald.....	56
Tabelle A5: Legende Ranglisten	57
Tabelle A6: Rangliste forstwirtschaftlich relevante Baumarten	57
Tabelle A7:Rangliste begleitende forstwirtschaftliche Baumarten.....	58
Tabelle A8: Rangliste Waldrandarten.....	59
Tabelle A9: Rangliste Entwicklungstracht	60
Tabelle A10: Rangliste Spättracht.....	60
Tabelle A11: Rangliste klimaangepasste Gehölze	61

Kurzzusammenfassung

Der Klimawandel hinterlässt bereits Spuren: Trockenheit, Hitze, Stürme und der damit einhergehend gestiegene Borkenkäferbefall haben vor allem Fichtenwäldern enorme Schäden zugefügt. Viele Flächen müssen mit nachhaltigeren, gut angepassten Gehölzen aufgeforstet werden, um die Ökosystemdienstleistungen durch Waldökosysteme zu gewährleisten. Dies eröffnet die Möglichkeit, wirtschaftliche Ziele, z. B. die Erzeugung von hochwertigem Holz, mit ökologischen Zielen, wie dem Schutz von Bestäubern, zu verbinden und so Synergien auszunutzen.

Die hier vorgestellte Datenbank, basierend auf einer umfassenden Literaturrecherche, dient als Hilfsmittel für die Auswahl geeigneter Arten für eine bienenfreundliche Aufforstung, wobei aus einer Vielzahl von 94 Baum- und Straucharten ausgewählt werden kann.

Die wichtigsten Bewertungskriterien für die Auswahl der Arten sind (i) der Schutz von Bestäubern, (ii) der Nutzen für die Imkerei (iii), die Eignung in Waldökosystemen und (iv) die Klimaresistenz. Ziel ist es, ein kontinuierliches Nahrungsangebot für Honigbienen und blütenbesuchende Insekten in Wäldern und Agroforstsystemen zu schaffen.

Für die Bewertung der nährreichsten Arten für Bienen wird ein "Bienennährwert" ermittelt, indem die Blühdauer mit den Nektar- und Pollenwerten multipliziert wird. Auf der Grundlage der Parameter werden Ranglisten mit verschiedenen Zielsetzungen sowie ein Blühkalender erstellt. Die Filter- und Sortierfunktionen der Datenbank ermöglichen die Auswahl von Arten nach individuellen Prioritäten, z.B. der Aufbau eines ökologisch orientierten Laubmischwaldes in Deutschland (Cornus mas, Salix spec., Prunus avium, Acer platanoides, Sorbus torminalis, Tilia cordata, Castanea sativa, Rubus idaeus).

Die Ergebnisse sind als Richtwerte zu betrachten, da von Unsicherheiten in den Literaturangaben, durch das biologisch-dynamische Verhalten in natürlichen Ökosystemen und uneinheitlichen Standortfaktoren, auszugehen ist. Angestoßen werden künftige Untersuchungen zur Stärkung einer fundierten Datenverfügbarkeit.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die "Bienenwalddatenbank" und die resultierenden Ranglisten einen benutzerfreundlichen Leitfaden für eine bienenfreundliche Aufforstungen darstellen.

Abstract

Climate change shows already its impact: drought, heat, storms, and subsequent bark beetle infestations have caused enormous damage, especially to spruce forests. Many areas need to be reforested with more sustainable, well-adapted woody plants to ensure ecosystem services by forest ecosystems. This unlocks opportunities to combine economic goals, e.g. high quality timber production, with ecological goals, such as the protection of pollinators.

A newly developed database, based on a comprehensive literature research, serves as a tool which may support the selection of the most suitable species for a bee-friendly afforestation, choosing among a variety of 94 tree and shrub species. The main evaluation criteria for the selection of species were (i) protection of pollinators, (ii) benefits for beekeeping, (iii) forest suitability, and (iv) climate resilience. The aim was to provide a continuous food supply for honey bees and flower-visiting insects in forests and agroforests.

To determine the most valuable species for bees, a "bee nutritional value" was established by multiplying flowering duration by nectar and pollen values. Based on these parameters, rankings for different requirements were presented as well as a flowering calendar. The filters and sorting functions in the database allow the selection of species based on individual target priorities, e.g. on an ecologically oriented mixed deciduous forest in Germany (*Cornus mas*, *Salix spec.*, *Prunus avium*, *Acer platanoides*, *Sorbus torminalis*, *Tilia cordata*, *Castanea sativa*, *Rubus idaeus*).

The results serve as a benchmark because it is to be assumed that due to biodynamic behavior in natural ecosystems and non-uniform site factors, uncertainties in literature data are present. Future research will be initiated to increase profound data availability. In conclusion, the "Bee-Forest Database" and the resulting rankings provide a user-friendly guide for bee-friendly afforestation.

1 Einleitung

1.1 Einführung in die Thematik

Die Lebensweise des Menschen basiert auf einer Vielzahl von natürlichen Ressourcen. Bereits gegenwärtige Generationen fürchten die Verknappung dieser. Es ist unumstritten, dass der anthropogene Einfluss enorme Auswirkungen auf das ökologische Gleichgewicht der Erde hat. Umweltschutz erlangt eine zunehmend höhere Bedeutung. Es darf nicht vergessen werden, dass unter Umwelt die menschenumgebende Umwelt mit ihren Systemdienstleitungen definiert wird. Die fundamentalen Elemente Sauerstoff, Wasser, Mineralien und Genmaterial sind unersetzliches Naturkapital (HABER & BÜCKMANN, 2013).

Waldökosysteme sind als Klimaschützer, Sauerstoffproduzenten, Bodenschützer, Wasserlieferanten, Nahrungs- und Rohstofflieferanten und Lebensraumspender essenziell für alle Lebewesen (FAO, 2020). Durch klimatische Veränderungen wird die nachhaltige Waldbewirtschaftung zunehmend zur Herausforderung. Dabei ist die Stabilität der Wälder ein Schlüsselfaktor für den Schutz des Klimas und der Biodiversität (BD). Ohnehin beeinflusst der fortschreitende Insektenschwund bereits Nahrungsnetze und damit indirekt auch die menschliche Ernährung (SEGERER & ROSENKRANZ, 2018). Die wohl bekanntesten Vertreter in der Klasse der Insekten sind Honigbienen. Ihre Förderung hat in der Gesellschaft einen besonderen Stellenwert und dennoch wird die Gesundheit von Honigbienenvölkern und ihrer nahen Verwandten durch verschiedene Stressoren zunehmend belastet (FORSTER et al., 2005).

Aufgrund der Aktualität der zuvor erläuterten Problematiken sollen nun Lösungsansätze untersucht werden. Der Fokus soll auf den Insekten- und Waldschutz gelegt werden. Die Wirtschaftsbereiche Forst und Imkerei werden näher betrachtet, da der Ursprung der Holz- sowie der Honigproduktion in natürlichen Systemen liegt und durch die Art der Bewirtschaftung einen erheblichen Einfluss auf die Umwelt haben. Ziel ist es, Anreize zu bieten, um ökologische Vorteile zu erreichen. In Kapitel 1.2 werden zunächst der aktuelle Wissensstand und der Handlungsbedarf zum ökologischen Waldumbau und Insektenschutz, sowie die derzeitige Forschung zur Integration und Förderung von Honigbienen in Waldökosystemen dargestellt. Zum Verständnis der Untersuchungsgegenstände wird Hintergrundwissen in Kapitel 0 aufgearbeitet. Durch den erlangten Wissensstand wird die Zielsetzung in Kapitel 0 definiert. Essentiell ist die Beschreibung der Methodik zur Problemlösung (Kapitel 0).

Hier sind die Beurteilungskriterien und die neu entwickelten Kennzahlen von zentraler Bedeutung. Aus der Datensammlung wird ein Leitfaden mit zielgerichteten Vorschlägen entwickelt. Abschließend werden in Kapitel 0 die Literaturinformationen sowie die eigene Forschung bewertet und abschließend Ausblicke in künftige Forschungen geboten.

Die Motivation dieser Arbeit ist es, den Wald einerseits als Wirtschaftsraum und mit besonderer Beachtung als Bestandteil des natürlichen Lebensraumes von Honigbienen, zu stärken und damit Diskussionen um die ökologische Gestaltung der Wälder anzustoßen.

1.2 Aktueller Wissensstand

1.2.1 Ökologischer Waldumbau

Seit der Sesshaftigkeit des Menschen wird der Wald für vielseitige Zwecke und Bedürfnisse genutzt. Damit wird er ein Teil der vom Menschen gemachten Kulturlandschaft. Zur Sicherstellung der Dienstleistungen durch den Wald wird in Deutschland seit dem 18. Jahrhundert das Konzept der nachhaltigen Waldbewirtschaftung verfolgt. Der steigende Bedarf, insbesondere nach einschlagenden historischen Ereignissen wie z.B. dem 2. Weltkrieg, forderte schnellwachsende Alternativen zu den gebietseigenen Arten. Die laubbedeckte Landschaft entwickelte sich zur Nadelholzplantage. Die Vitalität und Reaktionsfähigkeit von Bäumen wird geschwächt, wenn sie auf unnatürlichen und damit ungeeigneten Standorten gepflanzt werden. Dies hat zur Folge, dass sie empfindlich gegenüber Stressoren, wie z.B. Trockenheit, Stürme und Schaderreger sind. Dabei können zusätzliche Faktoren, wie z.B. Luftverschmutzung oder klimatische Veränderungen die Stabilität ganzer Bestände beeinflussen (BMEL, 2014; ELLENBERG & LEUSCHNER, 2010).

Aktuell erzeugt die Reaktion vieler Baumarten auf Hitze und Trockenheit einen besorgniserregenden Eindruck und stellt die Forstwirtschaft (FW) vor eine große Herausforderung. Der bereits spürbare Klimawandel (KW) verändert rasant die Standortbedingungen und bringt weitere Folgen mit sich, wie z.B. steigende Kalamitäten oder Sturmschäden. Insbesondere ist die Absterberate bei Nadelgehölzen mehr als doppelt so hoch wie bei Laubbäumen (BMEL, 2020).

Zwar steigt der Laubanteil in Wäldern immer weiter an, jedoch ist der Wald ein langlebiges Ökosystem (ÖS), in dem sich lange forstliche Bewirtschaftungszyklen ergeben und somit die Nadelgehölze weiterhin die größte Forstfläche ausmachen

(STATISTISCHES BUNDESAMT, 2021). Ziel der Forstpolitik von Bund und Ländern ist es, klimastabile, strukturreiche und naturnahe Laubmischwälder zu schaffen (BMEL, 2021; BMUV, 2020)

Der Handlungsbedarf in dieser Thematik ist bereits seit den 1980ern präsent, daher wird reichlich Forschung betrieben und Informationen werden geteilt. Über die Naturschutz- und Forstämter der Länder, z.B. HessenForst und des Bundes sowie durch Umweltschutzorganisationen, z.B. BUND, kann Informationsmaterial bezogen werden (BAYSF, 2009; BMEL, 2014; BUND, 2011). Der Waldumbau wird mit EU-, Bundes- und Landesmitteln gefördert (DEUTSCHER BUNDESTAG, 2019; VAN RÜTH, 2019). Dabei stützen sie sich auf Richtlinien, wie z.B. die Waldstrategie 2050 (BMEL, 2021), die Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt (BMUB, 2007) oder das UN-Klimaschutzabkommen von 2015 (BMWK, 2015).

Die forstwirtschaftlichen Versuchsanstalten sowie die Universitäten leisten einen großen Beitrag durch die Wissenschaft (NW-FVA, 2022; VOR et al., 2015). Es werden konkrete waldbauliche Maßnahmen sowie zukunftsfähige Artenzusammenstellungen empfohlen. Zweck aktueller Forschungen in den Forstwissenschaften ist häufig die Stabilisierung der Wälder für den Klimaschutz und den Schutz der Biodiversitäten.

1.2.2 Gehölze und Artenzusammenstellungen

Als übergeordnetes Kriterium für die Wiederbewaldung wird eine Naturnähe der Baumartenzusammensetzung genannt (BMUV, 2020). Damit wird auf heimische und standortangepasste Artengemeinschaften gedeutet. Durch die Erhöhung der Strukturvielfalt in Mischwaldbeständen wird erwartet, dass nicht nur eine bessere Reaktion auf Umwelteinflüsse, sondern auch eine Förderung von seltenen und bedrohten Arten stattfinden kann (BMEL, 2014).

Durch Beobachtungen in Naturschutzreservaten kann das Bundesumweltamt belegen, dass sich die natürliche Baumartenzusammensetzung zum Vorteil von Eiche, Ahorn, Esche und Pioniergehölzen verschiebt (UMWELT BUNDESAMT, 2019). Hauptbaumarten, wie die Gemeine Fichte (*Picea abies*), Rotbuche (*Fagus sylvatica*), Weißtanne (*Abies alba*) und Traubeneiche (*Quercus petraea*), verlieren zunehmend ihre Eignung als wirtschaftliches Forstgehölz. Modellrechnungen zu Klimaszenarien zeigen, dass insbesondere die Fichte nicht zukunftsfähig ist (AVILA et al., 2021).

Die Wissenslage zu potenziellen Artenzusammenstellungen ist besonders im Bereich der klimaangepassten Gehölzarten gestärkt (AVILA et al., 2021; HENSCHKE, 2015). Bewertungen zur Verwendung von fremdländischen Gehölzen werden durch die

naturschutzfachliche Position zur Verfügung gestellt (BMU, 2012; NEHRING & BFN, 2013).

Zu bienenfreundlichen Gehölzen existieren Ratgeber für die gärtnerische Anwendung im privaten Sektor (LWG, 2019; MKLLU MV, 2018; MLR BW, 2019; PRITSCH, 2018), jedoch kann eine spezifizierte Artenzusammenstellung für den Einsatz in deutschen Nutzwäldern nur schwer identifiziert werden (KUDERNATSCH, 2012).

Grundlegende Informationen wie Wuchs- und Erscheinungsmerkmale, Standortfaktoren und Verbreitung zu den einzelnen Gehölzarten sind reichlich verfügbar (ELLENBERG et al., 2001; LÜDER, 2013; UFZ & BFN, 2021).

1.2.3 Insektenschwund und Wildbienenschutz

Insektenarten und -Populationen sind auf lokaler, regionaler und globaler Ebene im starken Rückgang, dabei werden sie aufgrund ihres Artenreichtums als Systemrelevant angesehen. Die Ursachen sind zwar komplex und vielfältig, jedoch gilt der anthropogene Einfluss, z.B. intensive Landwirtschaft, als treibende Kraft. Unumstritten ist, dass monotone, chemisch belastete Landschaften (z.B. Pflanzenschutzmittel), zerschnittene Lebensräume und genetisch verarmende Restpopulationen den größten Beitrag zum Insektenschwund leisten. Wissenschaftler*innen und Naturschützer*innen deuten darauf hin, dass ein größeres Gefahrenpotenzial für die menschliche Existenz, als die des Klimawandels entsteht (SEGERER & ROSENKRANZ, 2018).

Es besteht ein hoher Bedarf für den Schutz von Wildbienen (WB). In Hessen stehen aktuell 43% der Bienenarten auf der Roten Liste (HMUELV, 2009).

Aktuell ist ein Trend in der Honigbienenhaltung zu verzeichnen, jedoch wird die Bewirtschaftung aufgrund des zunehmend schlechteren gesundheitlichen Zustands der Völker zur Herausforderung (DEUTSCHER IMKERBUND, 2021). Steigende Völkerverluste werden primär durch ein mangelhaftes Nahrungsangebot begründet (SEGERER & ROSENKRANZ, 2018).

Dabei ist die Existenz von Bienen eine Grundvoraussetzung für blühende Landschaften und intakte Nahrungsketten (PICKHARDT & FLURI, 2000).

1.2.4 Honigbienen im Wald

Der natürliche Lebensraum der westlichen Honigbiene (*Apis mellifera* L.), fortan HB, liegt in den europäischen Wäldern. Seit dem 10. Jahrhundert existieren Belege für die Nutzung von Bienenprodukten durch den Menschen. Die Bewirtschaftung der ehemaligen Baumhöhlenbewohner wird als „Zeidlerei“ bezeichnet. Zunehmend

gewinnt die Honigbienenhaltung von Bedeutung und wird fester Bestandteil der Nutztierhaltung in Siedlungen. Die Begleitkräuter in den Ackerlandschaften bieten ein reichhaltiges Nahrungsspektrum. Die steigende Entnahme von Holz verändert die ursprünglichen Waldformationen und beeinflusst Kleinsthabitate. Spätestens seit dem systematischen Waldbau durch den Menschen, mit produktionssteigernden Artenzusammenstellungen und „Holzplantagen“, wird die HB aus ihrem natürlichen Lebensraum verdrängt. Die Veränderung des Ökosystems führt zur Verschiebung von Nahrungsnetzen und Lebensgemeinschaften. Die artenarme Waldgestaltung erzeugt einen Nahrungs-mangel für bestäubende Insekten (SCHIRACHS & VOGEL, 1774; VOIGT, 2017).

Heute wird die „Zeidlerei“ noch traditionell im russischen Uralgebirge fortgeführt. Seit einigen Jahren steigt das Interesse an der traditionellen Bewirtschaftung auch in Mitteleuropa (MELLIFERA E.V., 2015).

Durch die Untersuchungen zu wildlebenden HB in Wäldern, durch SEELEY und TAUTZ, wird Potenzial in der Rückführung des Waldinsektes in ihr ursprüngliches Habitat gesehen (SEELEY, 2019; TAUTZ & ARNDT, 2020). Aktuell beschäftigen sich Wissenschaftler*innen am Lehrstuhl für Tierökologie der Universität Würzburg mit der Überlebensfähigkeit von wildlebenden Honigbienen-völkern sowie dem Sammelverhalten von HB in süddeutschen Wäldern (im Review).

Die Autoren RUPPERTSHOFEN und VOIGT machen in ihren Werken die Rolle der HB als Glied des Waldes deutlich. Es wird angenommen, dass die Integration von HB einen positiven Einfluss auf die Waldgesundheit hat, z.B. ökosystemare Wirkung im Nahrungsnetz durch Förderung der Waldameise und Waldhygiene (RUPPERTSHOFEN, 1995; VOIGT, 2004, 2017).

1.2.5 Bienenwaldprojekte

Die Menge aktueller „Bienenwald“-Projekt in Deutschland ist überschaubar. MITTL skizziert ein Modellprojekt, „Deutschlands Bienengarten“, für den ehemals imkereigenutzten Nürnberger Reichswald. Dabei hebt sie die Ziele und den Forschungsbedarf hervor (MITTL, 2017). Z.B. bieten das StMELF und die Stiftung Bienenwald (<https://stiftung-bienenwald.de>) Unterstützung bei der bienenfreundlichen Umgestaltung von Wäldern (KUDERNATSCH, 2012; STIFTUNG BIENENWALD, 2021).

Seit 2018 befindet sich ein Projekt in Sachsen (<https://www.lgks.eu/de/bienenwald>) im Aufbau (PRZEWOZNY, 2021). Durch die positiven Reaktionen durch die Gesellschaft

erhielt die Försterin Bärbel Kemper den deutschen Waldpreis 2021 (FORSTPRAXIS, 2021).

Die vorliegende Arbeit dient der Planungsunterstützung beim Projekt „Zukunftsfähiger Bienenwald“ in Hessen (<https://www.bienenwald-hessen.de>). Hier erarbeitet die Projektgruppe „zukunftsfähiger Bienenwald“ aktuell mit Hilfe vieler Unterstützer*innen, unter anderem das Bieneninstitut Kirchhain und die Universität Gießen, ein Konzept für bienenfreundliche und zukunftsfähige Wälder. Das Projekt wird wissenschaftlich betreut und durch die EU gefördert.

1.3 Hintergrund Wissen

1.3.1 Wald und Forst

Die Begriffe „Wald“ und „Forst“ sind, unter Betracht der Entwicklung von mitteleuropäischen Wäldern, nicht eindeutig voneinander differenziert. Besonders häufig werden sie im allgemeinen Sprachgebrauch als Synonym verwendet (BUND-NRW, 2022). Das Bundeswaldgesetz macht keinen Unterschied deutlich, sondern verweist auf die erstrebenswerten Ziele durch die FW (BUNDESMINISTERIUM FÜR JUSTIZ, 1975). Botanisch betrachtet ist ein Wald eine von Bäumen geprägte Vegetation, wird jedoch rechtlich definiert als: eine baumbestockte Fläche von mindestens 0,1ha mit einer Breite von 10m (BMEL, 2014). In der Ökologie wird zwischen Waldökosystemen (WaÖS) und Forstökosystemen unterschieden (SCHUBERT, 1991). SCHUBERT definiert einen Forst als gezielt angepflanzte Gehölzformation, hingegen kann ein Wald nicht gepflanzt werden. Hier greifen unterschiedliche Phasen der Vegetationsentwicklung (Sukzession). Ein Wald stellt ein besonders langlebiges und durchsetzungsfähiges ÖS dar, in dem sich ein komplexes und dynamisches Beziehungsgefüge zwischen den lebenden Pflanzen und Tieren (biotische Komponenten) und der unbelebten Umwelt (abiotische Komponenten) einstellt. In einem gesunden und naturnahen System werden Stoffe in einem ständigen Kreislauf weitergegeben, ein natürlicher Energiefluss entsteht und ein biologisches Gleichgewicht mit einem charakteristischen Waldklima stellt sich ein (z.B. höhere Luftfeuchtigkeit) (ELLENBERG & LEUSCHNER, 2010). Der stockwerkartige Aufbau bringt zahlreiche Kleinstlebensräume hervor, die von der Waldfauna auf verschiedenste Weise genutzt werden und dadurch eine große Individuen- und Artenzahl hervorbringen (HOFMEISTER, 1997). Die Glieder des Waldes sind in verschiedene Nahrungsketten verwickelt und bilden durch Verknüpfungen ein komplexes

Nahrungsnetz. Durch das spezielle Waldinnenklima können viele Arten nur im Wald leben. Die Funktionsfähigkeit des ÖS kann durch Ausfallen oder Massenvermehrung von Mitgliedern beeinträchtigt werden. Beispielsweise sind die Borkenkäferarten Teil eines WaÖS und werden erst durch eine Massenvermehrung zum Forstschädling (BAUER, 2013).

Die Strukturvielfalt erstreckt sich vertikal sowie horizontal und wird durch verschiedene Faktoren, wie z.B. das Alter und die Artenzusammensetzung der Bäume, bestimmt. Bäume sind innerhalb ihrer Lebensspanne unterschiedlichen Umweltbedingungen ausgesetzt, da sie ortsgebunden und langlebig sind. Eine schlechte Anpassung des Einzelnen wirkt sich auf das gesamte ÖS aus (BMEL, 2021).

Anzumerken ist, dass Wald die potenziell natürliche Vegetation in Mitteleuropa darstellt und trotz Störungen, wie klimatische Veränderungen und Kalamitäten, keine steuernden Eingriffe durch den Menschen zum Erhalt der Vegetationsform benötigt. Der Schutz und der Umbau dienen lediglich der Sicherstellung, der vom Menschen geforderten Ökosystemdienstleistungen (ELLENBERG & LEUSCHNER, 2010).

Die moderne FW in Mitteleuropa bevorzugt Bewirtschaftungsweisen mit Buchen- und Fichtenhochwäldern, da diese geeignete Werthölzer fördern (ELLENBERG & LEUSCHNER, 2010). Waldflächen sind vorrangig an Standorten zu finden, an denen aufgrund von Klima, Bodenbeschaffenheit oder Geländebedingung eine geminderte Eignung für Landwirtschaft (LW) und Siedlungen besteht (BMEL, 2014). Die Gestaltung eines Waldes erzeugt seit dem Beginn der organisierten Waldwirtschaft einen Konflikt zwischen verschiedenen Interessensgruppen (IMKERFORUM, 2019; RUPPERTSHOFEN, 1995). Es sollte sich jedoch vor Augen geführt werden, dass FW, Jagd, Imkerei, LW und Naturschutz, gleichermaßen ein Interesse an einem gesunden WaÖS haben.

1.3.2 Klimawandel

Unter den terrestrischen ÖS haben Wälder die höchste positive Wirkung auf das Klima. Sie liefern nachwachsende Rohstoffe und binden Kohlenstoffdioxid (CO₂) (BMEL, 2014).

Dass der KW einen Einfluss auf die Wälder nehmen wird, ist unumstritten. Allerdings ist das Ausmaß schwer prognostizierbar, da Wälder in einem komplexen Wirkungsgefüge mit der Umwelt stehen (BAUER, 2013; MOSBRUGGER et al., 2012). Nach Prognosen durch Fachleute wird die mittlere globale Lufttemperatur bereits innerhalb der nächsten 100 Jahre um 1,4 °C bis zu 5,8 °C ansteigen und gravierende

Auswirkungen auf alle ÖS und Lebensräume haben (IPCC, 2021). Folgen einer Klimaänderung für WaÖS können sein: Formung neuer Lebensgemeinschaften durch Ein- und Abwanderung von Arten, erhöhte Temperaturen und zurückgehende Niederschläge im Sommer, milde Winter und gehäufte Starkregenereignisse, die wiederum vermehrt zu Sturmschäden führen, sowie die Zunahme von Waldbränden und schädlicher Massenvermehrungen von Insekten induzieren. Die Folgen können bis zum Zusammenbruch ganzer Waldbestände und einem rasanten Artensterben reichen (BAUER, 2013; MOSBRUGGER et al., 2012).

Der KW hat Auswirkungen auf die Bienengesundheit durch Wetterextreme, Hitzestress und milde Winter. Die Faktoren haben einen direkten Einfluss auf den Trachtverlauf, die Pollenversorgung und die Brutaktivität außerdem auf die Entwicklung von Parasiten und Pathogene und die Reaktionsfähigkeit der Bienen darauf (GODOW ET AL., 2021; DEWENTER, 2014).

1.3.3 Ökosystemdienstleistungen

Ökosystemdienstleistungen (ÖSD) sind ökosystemare Prozesse oder Funktionen, die vom Menschen direkt oder indirekt genutzt oder konsumiert werden (HABER & BÜCKMANN, 2013). Das terrestrische ÖS Wald erbringt vielfältige ÖSD der Basis-, Versorgungs- und Regulationsleistungen sowie kulturelle Leistungen (Tabelle A2) (BMEL, 2014).

1.3.4 Biodiversität

BD definiert sich durch die Vielfalt des Lebens auf der Erde auf verschiedenen Ebenen. Sie umfasst die Diversität der Gene, der Arten, der ÖS und die Diversität der Wechselwirkung zwischen Arten und ÖS (MOSBRUGGER et al., 2012).

Der Schutz von BD ist eng mit den Funktionen der ÖSD gekoppelt (HOOPER et al., 2005), was durch gemeinsame Strategien der Nachhaltigkeit belegt wird (BMUB, 2007). Der Erhalt der Artenvielfalt trägt zur Stabilität eines WaÖS bei, sichert dessen Funktionen und Nutzen für den Menschen (MOSBRUGGER et al., 2012). Studien belegen einen Zusammenhang zwischen der Artenvielfalt und dem menschlichen Wohlergehen (HOOPER et al., 2005; METHORST et al., 2021). Der Klimawandel hat einen Einfluss auf die BD, z.B Verschiebung von Habitaten, jedoch hat die Art der Waldbewirtschaftung einen größeren Effekt (MOSBRUGGER et al., 2012). Als Schlüsselfaktor zur Förderung der BD in WaÖS wird eine besonders artenreiche Waldrandgestaltung und eine erhöhte Strukturvielfalt empfohlen (VOIGT, 2004).

1.3.5 Neophyten

Unter Neophyten sind fremdländische Arten, die natürlicher Weise nicht in einem Gebiet vorkommen, sondern durch einen anthropogenen Einfluss auftauchen, zu verstehen. Als invasive Art gilt eine gebietsfremde Art, die negative Auswirkungen auf die Natur im eingebrachten Gebiet hat (Invasives Potenzial), durch z.B. eine hohe Konkurrenzkraft (BFN, 2005).

Aus wirtschaftlichen Gründen werden von der FW nicht heimische Gehölzarten eingebracht. Zwar ist es zurzeit nicht möglich, eine eindeutige Vorhersage zum Verhalten von WaÖS zu treffen, jedoch wird erwartet, dass Neophyten sich negativ auf die BD und die Artengemeinschaften auswirken können, da durch die Gefahr von Invasion und unbekannter Virulenz, heimische Arten verdrängt werden könnten. Insbesondere ist zu beachten, dass in der Regel keine spezialisierten Zersetzer für nicht heimische Arten in deutschen Wäldern beheimatet sind (MOSBRUGGER et al., 2012).

1.3.6 Die Honigbiene *Apis Mellifera*

1.3.6.1 Allgemeines

Das aus Europa, Afrika und Asien stammende soziale Insekt *Apis mellifera* wird der Familie Apidae innerhalb der Ordnung der Hymenoptera zugeordnet. Das langlebige (1-4 Jahre) staatenbildende Volk besteht aus unfruchtbaren Arbeiterinnen, Drohnen (männliche HB) und einer fortpflanzungsfähigen Königin (SPÜRGIN, 2020).

Es sind zwei morphologische Variationen, Sommer- und Winterbienen, der Arbeiterinnen bekannt. Sommerbienen leben bis zu acht Wochen. Winterbienen haben aufgrund von größeren Fett- und Eiweißeinlagerungen und einer geminderten Aktivität, eine Lebenserwartung von bis zu sechs Monaten (MANDL & SUKOPP, 2011).

Das gesamte Volk wird als „Superorganismus“ bezeichnet, da dynamische Stoffflussprozesse innerhalb des Volkes stattfinden und eine organisierte Kooperation tausender Individuen maßgeblich für die Überlebensfähigkeit und Reproduktion von HB ist (TAUTZ, 2008).

Die Existenz und die Erhaltung von HB als Nutztier hat einen sehr hohen Stellenwert. Die Gründe dafür sind vielschichtig, daher sollen an dieser Stelle kurz die wichtigsten Aspekte genannt werden. Den bedeutendsten Beitrag leistet sie durch ihre Bestäubungsleistung. Als Generalisten mit Blütenstetigkeit tragen sie zur besonders effizienten Bestäubung von landwirtschaftlichen Nutzpflanzen bei und fördern damit die Qualität und Quantität der Erträge. Bienenprodukte, wie z.B. Honig, Wachs und

Pollen, werden vom Menschen genutzt und tragen direkt zur Ernährung und Gesundheit des Menschen bei. Mit der Bestäubung von Wildpflanzen wird sowohl passiv als auch aktiv eine positive Wirkung auf die Biodiversität hervorgerufen. Als Nahrungsquelle für Insektenfresser können sie durch die hohe Biomasse, als unerlässliches Glied im natürlichen Kreislauf angesehen werden. Insbesondere im Vogelschutz und der Förderung von Ameisen kann ein positiver Effekt belegt werden (MANDL & SUKOPP, 2011; VOIGT, 2017).

1.3.6.2 Ernährung

Die Ernährung ist für ihren Gesundheitszustand und ihre Überlebensfähigkeit von zentraler Bedeutung. Eine Mangelernährung führt zur Schwächung des Immunsystems und verstärkt die Risiken durch Krankheiten oder Pestizide (LIPINSKI, 2018). Aufgrund der bereits erwähnten Problematiken ist die gesunde Ernährung von HB der Schlüsselfaktor in potenziellen Lösungsansätzen des Umwelt- und Ressourcenschutzes.

Bienen ernähren sich von zuckerhaltigen wässrigen Lösungen wie Blütennektar, Blattlausausscheidungen (Honigtau) und extrafloralen Nektarien (Pflanzensaft) sowie Blütenpollen und Harzen. Verschiedene Zuckerarten, vor allem Saccharose, Fruktose und Glucose, sind im Nektar enthalten. Die Pflanzenart sowie die darauf wirkenden äußeren Einflüsse, z.B. Boden- und Lufttemperatur sowie Feuchtigkeit, bestimmen die Menge und den Zuckergehalt (Zuckerkonzentration aller gelösten Zucker in Prozent) und damit die Attraktivität der Art als Nektarspender. Die Zuckermenge der einzelnen Pflanzenarten wird als „Zuckerwert“ (Zuckermenge einer Blüte, ausgeschieden innerhalb von 24 Stunden, in mg) angegeben. (MANDL & SUKOPP, 2011; PRITSCH, 2018).

Ein höherer Zuckergehalt wird in der Regel bevorzugt (LIPINSKI, 2018).

Honigtau (HT) wird durch pflanzensaugende Insekten zur Verfügung gestellt und spielt in der Herstellung von Honigtauhonig, wie Waldhonig, eine Rolle. Er wirkt sich aufgrund des hohen Melezitosegehalt negativ auf die Bienengesundheit aus. Insbesondere der durch Nadelgehölze erzeugte HT ist sehr ballaststoffreich, schlecht verträglich und verursacht eine erschwerte Überwinterung (SCHWENKEL, 2021). Die durch Pflanzen produzierten zuckerhaltigen Lösungen bilden die Grundlage des Honigs (Abbildung A1)(SCHICK & SPÜRGIN, 1997).

Der Pollen ist entscheidend für die Aufzucht der Brut, da Eiweiß, Fett, Mineralstoffe und Vitamine enthalten sind. Der Nährwert und seine Wirksamkeit werden durch die

Pflanzenart bestimmt. Die Qualität für die Bienenernährung wird vorwiegend durch den Protein- und Aminosäuregehalt bestimmt (LIPINSKI, 2018).

Ein abwechslungsreiches Pollenangebot ist notwendig, da durch monotone Einträge ein Nährstoffmangel hervorgerufen werden kann (GARRIDO, 2021).

Der jährliche Futterbedarf eines Volkes liegt bei 60-80kg Nektar (ohne Wintervorrat) und 30-60kg Pollen, ist jedoch abhängig von der Volksstärke, der Bruttätigkeit, dem Futtermittelverwertungsvermögen, der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit (NEUGSCHWANDTNER, 2003).

1.3.7 Trachtsituation

Durch monotone Anbausysteme zum Vorteil einiger weniger Arten in der LW und FW, entsteht ein Ungleichgewicht in der kontinuierlichen Nahrungsbereitstellung für bestäubende Insekten (VOIGT, 2017).

Ein Nahrungsmangel kann auch durch langanhaltende Regen- und Dürreperioden hervorgerufen werden (LIPINSKI, 2018).

Das Bienenjahr startet etwa im Februar, wenn die Temperaturen dauerhaft zwischen 10°C – 15°C liegen und die Hasel zu blühen beginnt. Durch verkürzte, milde Winter im letzten Jahrzehnt hat sich die Phänologie der Pflanzen sowie die aktive Phase der Bienen nach vorne verschoben und die Winterruhe verkürzt. (DEUTSCHER WETTERDIENST, 2022a).

Im frühen Frühjahr wird besonders hochwertiger Pollen für die Entwicklung starker Völker benötigt. Das Nahrungsangebot wird zeitlich eingeordnet und zu dieser Jahreszeit „Entwicklungs- oder Aufbautracht“ genannt. Im Vollfrühling wächst das Volk rasant, da in der Regel verschiedene, reichhaltige Nahrungsangebote, z.B. Obstblüten und Raps, zur Verfügung stehen. Während der „Frühtracht“ fordern HB hohe Nektarmengen und Zuckerwerte (FRERICK, 2022). Massentrachten kommen durch produktive und flächenmäßig große Bestände einer Art zustande, z.B. Rapsfelder, Akazienwälder, und werden in der Regel von Bienen bevorzugt. Im Gegensatz dazu stehen Läppertrachten. Sie kommen durch wenige vereinzelte, verschiedene Blüten hervor (DIE HONIGMACHER, 2011).

Das Sammeln und Einlagern von Nektar während der „Sommertracht“ wird immer wichtiger, da die gesamten Blühzeiträume versetzt sind. Ab August entwickeln sich die Winterbienen, daher muss die „Spättracht“ reichhaltige Pollenquellen bereitstellen. Jedoch ist zu dieser Zeit das Nahrungsspektrum sehr gering (siehe Abbildung 1).

Die Honigtautracht im Wald fällt in den Spätsommer und wird aufgrund der bereits erwähnten negativen Aspekte als „Abnutzungstracht“ bezeichnet (FRERICK, 2022).

Die Pollenversorgung ist zwar im Vorfrühling und Spätsommer besonders wichtig, jedoch sollten Pollen sowie auch Nektar möglichst kontinuierlich zur Verfügung stehen (LIPINSKI, 2018). Die Trachtzeiträume werden in Kapitel 3.3.1.1 definiert.

1.3.8 Wildbienen

Unter WB werden hier Hummeln und solitäre Bienen verstanden. Wie die HB gehören WB zur Familie der Apoidea. WB besiedeln verschiedenste Lebensräume und organisieren sich entweder solitär oder in eusozialen Staaten. Im Vergleich zu HB ernähren sich einige WB oligolektisch (Spezialisten). Sie produzieren keinen Honig, sind jedoch aufgrund ihrer großen Artenzahl unerlässlich für die Bestäubung (WESTRICH, 2011).

Das mangelnde Nahrungsangebot in der Agrarlandschaft stellt auch für WB ein Problem dar. Defizite sollen mit Blühstreifen ausgeglichen werden, jedoch haben besonders die einjährigen Anlagen keinen langfristigen Nutzen für WB. Für die Förderung sind dauerhafte, natürliche Strukturen in Landschaften, z.B. Gehölzformationen, nötig (SPIEWOK, 2022).

2 Zielsetzung

Die Einbindung von HB in ein WaÖS, aufgrund der erwähnten positiven Wechselwirkung, ist naheliegend und gleichwohl werden Imkerei und Forstwirtschaft meist separat betrieben. Um ökologische sowie ökonomische Vorteile für beide Bereiche zu erzielen, ist eine überzeugende Datenlage notwendig, zumal eine zuverlässige Planung im Umwelt- und Ressourcenschutz unerlässlich ist.

Im selben Zuge kann die Möglichkeit ergriffen werden, Ansätze für einen ökologischen und zukunftsfähigen Waldumbau zu integrieren.

Zielsetzung der Untersuchung ist es, eine geeignete Gehölzauswahl zu identifizieren, um in deutschen Waldökosystemen die Nahrungsgrundlage für Honigbienen und weitere bestäubende Insekten zu verbessern.

Dabei liegt der Fokus auf dem Wohlergehen der westlichen Honigbiene (*Apis Mellifera* L.) und der Förderung einer Bienenhaltung in wirtschaftlichen Nutzwäldern. Den Schwerpunkt stellt die Bereitstellung eines reichhaltigen und kontinuierlichen Nahrungsangebotes für bestäubende Insekten dar. Parallel wird auf den Schutz der Artenvielfalt und der Wildbienen eingegangen.

Zur Bearbeitung der Zielsetzung gilt es zunächst Beurteilungskriterien zu definieren. Eine Artenzusammenstellung für temperierte WaÖS sowie Lösungsansätze zur Bewertung der Nahrungsverfügbarkeit durch blühende Gehölze sollen entwickelt und veranschaulicht werden.

Insgesamt soll die vorliegende Arbeit durch eine fundierte Datensammlung- und Bewertung von Gehölzgewächsen, als ökologisch orientierte Entscheidungsunterstützung zur bienenfreundlichen Wiederbewaldung dienen.

3 Methoden

Zuerst erfolgt eine Einschätzung der gegenwärtigen Lage deutscher Wälder und ihre Eignung als Bienenweide. Hierfür wird die Nützlichkeit von HB im Wald sowie die Entwicklung der Wälder in Deutschland im geschichtlichen Kontext betrachtet.

Es folgt eine Recherche zu aktuellen „Bienenwald“-Projekten und die Herausarbeitung notwendiger Informationen zur Lebensweise und Ernährung von HB und WB.

Fortan werden Kriterien zusammengetragen, die Einfluss auf die Gehölzauswahl für die Errichtung eines „Bienenwaldes“ (BiWa) haben. Die Auswahl der Kriterien wird in Kapitel 3.3 ausführlich vorgestellt. Eine strukturierte Datensammlung zu blühenden Waldgehölzen wird mit Hilfe von MS Excel eingerichtet. Im Rahmen dieser Arbeit wird von der Implementierung eines Datenbanksystems mit einem Datenbankmanagementsystem aus zeitlichen Gründen abgesehen.

Eine Analyse zu den Eigenschaften blühender- und typischer Forstgehölze führt zur Auswahl der zu bewertenden Holzarten (Kapitel 3.4).

Die HB wird hier hervorgehoben, da ihre Bedeutung in der Nutztierhaltung äußerst wichtig für die Versorgungssicherheit ist. Berücksichtigt werden sollte, dass hier HB repräsentativ für alle bestäubenden Insekten stehen sollen.

Durch einen quantifizierbaren Index zur Bienennährwertigkeit und der qualitativen Auskunft über den Blühzeitpunkt wird ein Lösungsansatz durch eine semiquantitative Methode ermittelt. Ein zusätzlicher Blühkalender sowie gezielte Ranglisten werden zur Darstellung einer begründeten Entscheidung für eine geeignete Artenauswahl angelegt.

Zu beachten ist, dass im folgenden Kapitel die notwendige Herangehensweise für die Erarbeitung der Lösungsvorschläge in Kapitel 4 sowie die Methodik zur BiWaDB, vorgestellt werden.

3.1 Datenmanagement

Für eine effiziente Datensammlung und -speicherung (Datenbank) wird MS Excel (Datenbankmanagementsystem) hinzugezogen. Die Datei „Bienenwalddatenbank_AngelikaHolstein_2022.xlsx“ repräsentiert ein Datenbanksystem (DBS). Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte DBS richtet sich nach der Struktur eines relationalen DBS (Verknüpfungen verschiedener Daten) und dient der vereinfachten Überführung in ein Datenbankmanagementsystem (DBMS) mittels einer Verwaltungssoftware, z.B MS Access, LibreOffice Database.

Die Informationen werden mit Abkürzungen, Zeichen und Zahlen für eine kompakte Darstellung eingegeben. Es steht eine Legende in der „Bienenwalddatenbank“ (BiWaDB) bereit. Das Arbeitsblatt „Bienengehölze“ (Leaderboard) enthält eine Artenliste und die hier vorgestellten wichtigsten zur Beurteilung herangezogenen Kriterien. Weitere Arbeitsblätter enthalten zusätzlich nützliche Information zur Erstellung einer künftig vollständigen Datengrundlage und Beurteilung der Gehölze durch die Nutzer*innen. Die Artenliste der Gehölze ist alphabetisch nach den deutschen Bezeichnungen geordnet. Jede Art erhält eine einmalige Kennungs-ID (Primärschlüssel).

Ziel ist es die gesammelten Daten Nutzer*innenfreundlich zur Verfügung zu stellen.

3.2 Literaturrecherche

Zur Aneignung des notwendigen Wissens und Bearbeitung der Zielsetzung werden insgesamt 204 Literaturquellen untersucht. Die Daten in der BiWaDB werden mit Hilfe von 63 Literaturquellen zusammengetragen.

Informationen werden aus den Bereichen der Waldökologie, Entomologie, Imkerei, FW, LW, Gartenbau und dem Naturschutz sowie den Forschungen zu Agroforstsystemen und Schutzmaßnahmen zum Klima und der Biodiversität herangezogen.

3.3 Beurteilungskriterien

Die Wahl der Beurteilungskriterien (Bk) ist ein Kernfaktor der vorliegenden Arbeit. Anhand dessen soll eine Entscheidung mit individuellem Fokus ermöglicht werden. An dieser Stelle wird nur auf die wichtigsten Bk aus ökologischem, imkerfachlichem und waldbaulichem Kontext eingegangen, die zur Erarbeitung der Ergebnisse notwendig sind. Alle weiteren in der BiWaDB verwendeten Bk sowie zusätzliche Vorschläge für künftige Ausarbeitungen sind Tabelle A1 zu entnehmen. Zu erwähnen ist, dass entscheidungsunterstützende Aspekte für die Holzproduktion nicht beachtet werden.

3.3.1 Imkereifachliche Kriterien

Die vorliegende Arbeit betrachtet nicht nur den Wert der Ernährung für bestäubende Insekten, sondern weist ebenfalls auf die Vorzüge einer Bienenhaltung in einem etablierten BiWa hin. So erscheint es unerlässlich, Bk hervorzuheben, die sich besonders förderlich auf die Ernährung von HB und eine ertragssteigernde Honigproduktion auswirken. Folgende Bk sind relevant für die Bewertung der Nährwertigkeit von bestäubenden Insekten:

- Blühzeitpunkt und -dauer,
- Trachtzeiten,
- Pollenwerte (PW), Nektarwerte (NW),
- Zuckergehalt,
- Trachtwerte
- und HT-verfügbarkeit.

Informationen zur Blüten- und Pollenfarbe, den Honigtauerzeugern und den Sortenhonigen werden zusätzlich in der BiWaDB aufgeführt.

3.3.1.1 Blühzeitpunkt und Blühdauer

Der Blühzeitpunkt im Kalenderjahr und die potenzielle Blühdauer der Art liefern wesentliche Informationen zur Kontinuität des Nahrungsangebotes einer Artenzusammenstellung oder ermöglichen die Schließung von Trachtlücken. Der Blühzeitpunkt spielt in den Monaten Januar bis März (Frühblüher) sowie Juli bis Oktober (Spätblüher) eine gesonderte Rolle, da in diesen Zeiträumen nur ein geringes Nahrungsangebot für HB zur Verfügung steht (Abbildung 1).

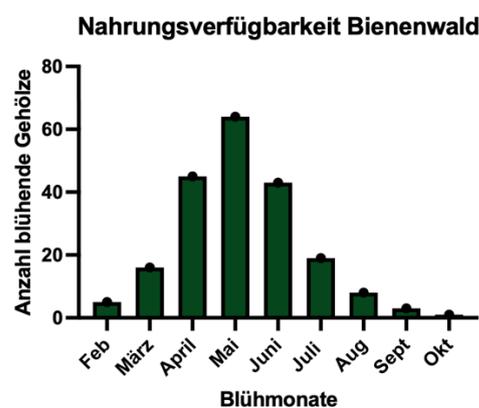


Abbildung 1: Nahrungsverfügbarkeit Bienenwald

Auswertung der 94 Gehölzarten aus der Bienenwalddatenbank. Dargestellt wird die Anzahl der in Blüte stehenden Arten in den jeweiligen Blühzeiträumen Februar bis Oktober (Quelle: Eigene Darstellung).

Für die Imkerei ist eine zusätzliche Einteilung nach Trachtzeiten sinnvoll, da regionale Witterungseinflüsse und ungleichartige klimatische Bedingungen in Deutschland, Verschiebungen der Phänologie bewirken. Hier werden physiologisch-biologische Faktoren der Natur und das Verhalten der Bienen miteinbezogen und geben Aufschluss darüber, welche Tracht durch einen Bestand ausgewählter Arten erwartet werden kann. Der Blühzeitraum dient lediglich als grober Richtwert.

Die gegenwärtige Einteilung wird in Tabelle 1 erläutert.

Tabelle 1: Klassifizierung der Trachtzeiten

Klassifizierung der Trachtzeiten eins bis vier mit der geläufigen Bezeichnung und Einteilung in die Blühzeiträume in Monaten (Quelle: Daten entnommen aus LWG, 2019 und FRERIK, 2022)

Trachtzeit	Trachtbezeichnung	Blühzeitraum
1	Entwicklungstracht	Februar - März
2	Frühtracht	April - Mai
3	Sommertracht	Mai - Juni
4	Spättracht	Juli - September

3.3.1.2 Nektar- und Pollenwert

Zur Identifizierung ertragreicher Gehölzarten als Pollen- und Nektarspender werden fünf Literaturquellen herangezogen. Die Autoren bieten Beurteilungen über den Wert des zur Verfügung stehenden Nektars oder Pollen an. Hier werden unterschiedliche Methoden und Skalierungen zur Feststellung der Werte verwendet (Tabelle 2). Einige Daten beziehen sich auf Messungen über die Menge und Qualität (Zuckergehalt) des Nektars. Zur Bewertung der Pollenverfügbarkeit wird durch Beobachtungen des Sammelverhaltens von Honigbienen die Attraktivität des Pollens ausgewertet. Andere stützen sich auf Einschätzungen durch Expert*innen. Die Skalierungen werden in eine fünfstufige Werteskala, von Null bis 4, transformiert, da keine einheitliche Skalierung aller zu untersuchenden Gehölzarten zur Verfügung steht (Tabelle 3). Gehölzarten mit dem Nektarwert „0“ liefern keine Nahrung in Form von Nektar. Der Wert „4“ beschreibt eine sehr gute Nektarverfügbarkeit. Gleichmaßen gelten die Werte für Pollen.

Tabelle 2: Identifizierung von Nektarwert und Pollenwert

Aufschlüsselung der Literaturangaben und Methoden der Autoren zu Nektarwert und Pollenwert

Literaturquelle	Verwendete Methode	Angabe in der Literatur
(PRITSCH, 2018b)	Experteneinschätzung + Literaturverweise auf Beobachtungen Flugverhalten Honigbienen und Messungen von Nektarmenge, Zuckergehalt, Zuckerwert und Trachtwert	1 (gering) 2 (mittel) 3 (gut) 4 (sehr gut)
(MLR BW, 2019)	Experteneinschätzung	Gering Mittel Gut Sehr gut
(LWG, 2019)	Experteneinschätzung	1 2 3 4 Keine Angabe

(UMWELTFORSCHUNGSZENTRUM LEIPZIG-HALLE GMBH, 2022)	Literaturverweis Knuth, P. 1898: Handbuch der Blütenbiologie. Leipzig	1 (kein) 2 (wenig) 3 (vorhanden) 4 (reichlich) 5 (unbekannt)
(BIENFORMATIK E.V, 2022)	Literaturverweise	0 1 2 3 4
(KASPER, 2022)	unbekannt	Skala unbekannt

Tabelle 3: Legende Nektarwert und Pollenwert

Bedeutung des Wertebereichs null bis vier für die Angabe über den Nektar- und Pollenwert in der Bienenwalddatenbank (Quelle: In Anlehnung an Tabelle 2)

Wert	Bedeutung
0	Kein
1	Gering
2	Mittel
3	Reichlich
4	Sehr viel

3.3.1.3 Zuckergehalt und Trachtwert

In der vorliegenden Arbeit werden Daten zum Zuckergehalt von 27 Arten aus einer Quelle zusammengetragen (PRITSCH, 2018a). Das Minimum liegt bei 12% und das Maximum bei 87 %. Der Mittelwert liegt bei 48,26 % (Tabelle A3Tabelle A4).

Der Trachtwert zu 23 in der Datenbank enthaltenen Arten gibt eine quantitative Auskunft (durch Hochrechnung) über einen möglichen Honigertrag in kg je Hektar (Tabelle A4). Er liefert Hinweise zu potenziellen Massentrachten, die notwendig sind für eine gesicherte Bienenernährung, die Honigproduktion und Sortenhonigerträge. Zu berücksichtigen ist, dass zur Förderung der Bienengesundheit eine abwechslungsreiche Ernährung, durch zusätzliche Läppertrachten, ermöglicht werden soll (FRERICK, 2022).

3.3.1.4 Honigtau

Für die Produktion von Honigtauhonig oder ähnliche Sortenhonige, ist das Vorkommen von honigtauerzeugenden Insekten erforderlich (BUNDEMINISTERIUM DER JUSTIZ, 2004). In Anbetracht der fortschreitend negativen Auswirkungen auf typische Honigtautrachtgehölze, z.B. Fichte, werden weitere Wirtspflanzen betrachtet. In der BiWaDB werden 48 bekannte Wirtspflanzen mit den darauf vorkommenden Honigtauerzeugern genannt. Aufgrund des komplexen biologischen Verhaltens der

Produzenten (Kapitel 1.3.6.2), werden die Wirtspflanzen in den Ergebnissen aufgezeigt, jedoch nicht in die Auswertung aufgenommen.

3.3.2 Ökologisch orientierte Kriterien

Die vorliegende Arbeit dient zur Unterstützung einer ökologisch orientierten Waldumbaustrategie. Für eine bestärkte Aussage zu den ökologischen Funktionen der Gehölzarten in einem WaÖS werden Daten zur Wildbienenneigung, dem floristischen Status, dem invasiven Potenzial (IP) und der Nahrungsverfügbarkeit durch die Früchte herangezogen. Generell ist darauf hinzuweisen, dass eine artenreiche Gehölzauswahl maßgeblich zur Steigerung der BD und damit auch zur Stabilisierung von WaÖS und der Sicherung von ÖSD durch Wälder beiträgt.

3.3.2.1 Wildbienen

In der BiWaDB werden Markierungen zur Wildbienenneigung vorgenommen, wenn eine Gehölzart in der Literatur aufgrund der Ernährungs- und Habitatfunktion als besonders attraktiv oder überlebensnotwendig für Wildbienen beschrieben wird.

Eine Auswahl jener Gehölzarten, die für die Ernährung von Spezialisten förderlich sind, wirkt sich besonders positiv auf den Wildbienenschutz aus.

3.3.2.2 Floristischer Status und invasives Potenzial

Zur Zeit werden Maßnahmen ergriffen, die Wirtschaftswälder an naturnahe Wälder angleichen sollen (BMEL, 2020). Der floristische Status gibt Auskunft über die Etablierung und das natürliche Vorkommen einer Art im ÖS. Neophyten sind aus naturschutzfachlicher und waldbaulicher Sicht kritisch zu betrachten. In staatlichen Wäldern dürfen sie nicht gepflanzt werden. In der folgenden Arbeit wird bei der Artenzusammenstellung bewusst ein Augenmerk auf heimische Arten geworfen. 17 nicht heimische Arten werden aufgrund von vorteilhaften Eigenschaften für die Imkerei, z.B. hoher Trachtwert oder die FW mit aufgenommen. Zusätzlich soll die Datensammlung, einschließlich Neophyten, die Arten leichter vergleichbar machen und eine Abwägung dieser im Vergleich zu heimischen Arten ermöglichen.

3.3.2.3 Biodiversität und Nahrungsmittel

Zu bewerten sind ökologische Vorteile für Waldflora und -fauna. Hier wird der Überbegriff „Biodiversität“ verwendet. Folgende positive Auswirkungen sind vorstellbar: Ergänzung des Nahrungsangebotes für Wild, Vögel und weitere im Wald lebende Organismen und von Habitaten in Form von Nist- und Brutplätzen. Aktuell sind Informationen zu 27 Arten in der BiWaDB verfügbar. Ein zusätzlich nützlicher

Faktor ist die Eignung der Frucht als Nahrungsmittel für den Menschen. Untersucht werden bei 50 Arten Genießbarkeit (2), Nutzbarkeit (1) sowie Giftigkeit (0).

3.3.3 Waldbauliche Kriterien

3.3.3.1 Waldbau

Neben der Lebensform, wo bei Gehölzen zwischen Phanerophyten (Baum > 5m), Nanophanerophyten (Sträucher, Kleinbäume) und holzigen Chamaephyten (Zwergsträucher) unterschieden wird, ist ebenfalls die Entscheidung über den Nutzen und die Position der eingesetzten Gehölze wichtig. Unterteilt wird hier in „Forstgehölzart“, „Begleitgehölzart“ und „Waldrandart“. Unter „Forstgehölzart“ sind forstwirtschaftliche Hauptbaumarten zu verstehen und Arten mit hoher wirtschaftlicher Bedeutung, wie Edellaubbäume. „Begleitgehölze“ sind jene, die aus waldbaulichen oder ökologischen Gründen vereinzelt den Hauptbaumarten beigemischt werden. Insbesondere die Waldrandgestaltung hat einen hohen Beitrag, da dort Gehölzarten vorgesehen sind, die sich für den Anbau am Waldrand, am Waldwegrand oder an Lichtungen, aufgrund der dort herrschenden Standortfaktoren (Licht), eignen. Ist eine Art von besonderem Interesse für die landwirtschaftliche Nutzung, so wird eine zusätzliche Markierung (AFS) vorgenommen.

Die Listung einer Art im Forstvermehrungsgutgesetz wird angegeben.

3.3.3.2 Klimaresilienz

In Anbetracht der global steigenden Temperaturen und der daraus entstehenden Folgen ist eine Beurteilung der Klimaanpassungsfähigkeit ein entscheidendes Bk für die Artenauswahl. Die ökologische Existenz der Pflanzenarten und damit ihre Eignung für eine nachhaltige und zukunftsorientierte Waldgestaltung in der FW, hängt besonders von der Bodenfeuchtigkeit und der Wasserstoffionenkonzentration ab. Geeignete Gehölzarten werden in der Literatur als „anpassungsfähig“ beschrieben, wenn sie folgende Eigenschaften aufweisen: Dürre-resistenz, Trockenheitstoleranz, Hitzeverträglichkeit, Wärmeliebend. In der BiWaDB sind 35 klimaangepasste Arten aufgeführt.

3.4 Artenauswahl

Bei der Recherche nach blühenden Forstgehölzen ist ein Defizit in der Fachliteratur zu verzeichnen. Daher ist für die Auswahl der 94 bienenfreundlichen Gehölze eine Prüfung von möglichen Optionen notwendig (Abbildung 2). Die Vorgehensweise wird in folgendem Kapitel erläutert.

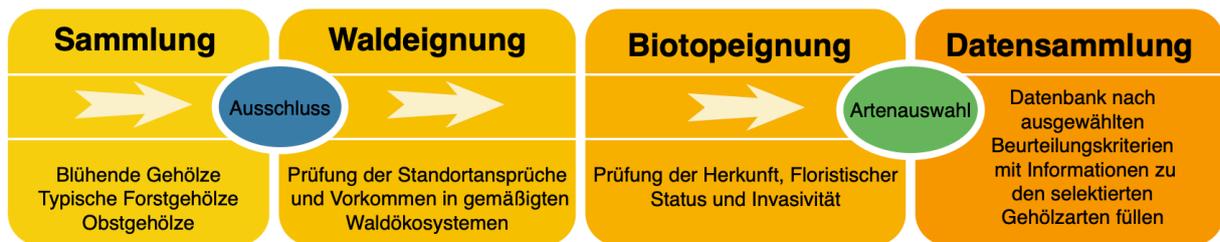


Abbildung 2: Ausschlussverfahren der Artenauswahl

Selektionsprozess für die Gehölzartenauswahl in der Bienenwalddatenbank (Quelle: Eigene Darstellung)

Am Anfang steht eine Auflistung aller blühenden und forstwirtschaftlich relevanten Gehölze der gemäßigten Klimazone. Darauf folgt der Ausschluss jener Gehölze, die nicht geeignet sind für den Einsatz im WaÖS. Dafür werden die Standortansprüche der blühenden Arten mit Standortfaktoren deutscher Wälder abgeglichen (ELLENBERG et al., 2001; LÜDER, 2013). Eine Ausnahme wird bei Obstgehölzen gemacht, da sie eine wichtige Rolle in der LW, z.B. in AFS spielen und bekanntermaßen abhängig von der Bestäubung durch Bienen sind. Aufgrund der ökologischen Ausrichtung dieser Arbeit, wird die Herkunft, der floristische Status und das IP geprüft. Nach Untersuchungen des Mehr- und Nährwerts von 151 Arten werden 57 ausgeschlossen. Anschließend werden Daten für 94 Gehölzarten, nach den vorab aufgestellten Kriterien mit Hilfe einer umfangreichen Literaturrecherche, zusammengetragen.

3.5 Ranglisten

Um die Frage nach der wirkungsvollsten Artenauswahl zu beantworten, werden Ranglisten erstellt. Sie lassen sich nach verschiedenen Bk und ausgerichtet auf unterschiedliche Zielgruppen aufstellen. Im Vordergrund steht immer die Ernährung von bestäubenden Insekten. Werden Nektar und Pollen als gleichwertige Nährstoffquelle angesehen, kann eine kumulierte „Bienennährwert-Zahl“ (BNZ) Auskunft über die Gesamtverfügbarkeit des Nahrungsspektrums einer Art geben. Anhand dessen wird die Nahrungsbereitstellung durch Pflanzen bewertet und miteinander verglichen. Die BNZ der Blüte addiert sich aus dem NW und dem PW. Die Skalierung erstreckt sich von „0“ bis „8“. Dabei ist „8“ der höchste zu erreichende Wert.

Formel 1: Bienennährwert-Zahl

$$\text{Nektarwert (NW)} + \text{Pollenwert (PW)} = \text{Bienennährwert-Zahl (BNZ)}$$

Aus ökonomischen Gründen wird für die FW die Blühdauer zusätzlich in einem „Bienen-Nähr-Index“ (BNI) beachtet. Die Blühdauer in der BiWaDB stammt aus verschiedenen Quellen, wird jedoch einheitlich mit „Bioflor“ (Datenbank biologisch-

ökologischer Merkmale der Flora von Deutschland) für die Berechnung des BNI übernommen (UFZ & BfN, 2021).

Formel 2: Bienen-Nähr-Index

$$\text{Blühdauer [in Mon.] * BNZ = Bienen-Nähr- Index (BNI)}$$

Zu beachten ist, dass nicht zu allen Arten, NW und PW zur Verfügung stehen und diese dann bei der Berechnung mit Null bewertet werden. Da eine unregelmäßige Nahrungsbereitstellung der Arten während der Vegetationsperiode zu verzeichnen ist, können früh und spät blühende Arten höher gewichtet werden. Dafür stehen gesonderte Ranglisten zur Verfügung.

Durch gezieltes Herausfiltern lassen sich zielgruppenorientierte Ranglisten erstellen. Z.B. kann eine Filterung nach Waldbaumaßnahmen für die FW oder eine gesteigerte Honigproduktion für die Imkerei, anhand von bevorzugten Bk, vorgenommen werden. Die Verwendung der BNZ wird als sinnvoll betrachtet, wenn die Blühdauer einer Art nicht relevant ist, sondern andere Faktoren, wie der Zeitpunkt der Blüte, im Vordergrund stehen. Beispielhaft werden in Kapitel 4.3 Arten für die Entwicklungstracht und Spättracht vorgestellt.

3.6 Blühkalender

Besonders nützlich für die praktische Anwendung erscheint ein Blühkalender. Der Kalender wird in der Datenbank zweifach von Januar bis Dezember dargestellt, um Nektar und Pollen differenziert zu betrachten. Der tatsächliche Blühzeitraum der gelisteten Arten erstreckt sich von Januar bis Oktober. Für Honigbienen ist die Nahrungsbereitstellung von Februar bis September relevant. Die gelisteten Arten werden kalendarisch sortiert. Die Trennung in Nektar und Pollen ermöglicht eine Eingliederung von NW und PW in den Blühverlauf. Die grafische Darstellung in Form eines Kalenders bietet Unterstützung, um Arten zum Schließen von Trachtlücken zu identifizieren. Durch Filtereinstellungen können gezielt Arten für einen bestimmten Blühzeitpunkt hervorgehoben werden.

Für die Auswertung eines exemplarischen Bienenwaldes wird ein gesonderter Blühkalender mit der BNZ erstellt (Abbildung A2). Die Blühdauer kann der grafischen Darstellung entnommen und im Kontext der Blühoptionen in dem Zeitraum eigenständig beurteilt werden.

Es wird eine beispielhafte Skizzierung (Abbildung 5: Blühkalender zukunftsfähiger Bienenwald in Kapitel 3.3.3.2) eines zukunftsfähigen Bienenwaldes für einen

Laubmischwaldstandort in Deutschland dargestellt. Zur Prüfung der Standorteignung, Temperaturverträglichkeit und Trockenresistenz, werden neben den Quellen in der BiWaDB, die Kennzahlen für das ökologische Verhalten aus Ellenbergs „Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa“ von 2001 herangezogen (ELLENBERG et al., 2001).

4 Ergebnisse

Für die Bearbeitung der Zielsetzung wird vorab eine Vorauswahl von 94 Gehölzen getroffen. Die gesammelten Daten zu diesen Gehölzen sind in Form der BiWaDB auf dem digitalen Träger zu finden der dieser Arbeit beiliegt. Aufgrund der vielschichtigen Darstellung mit MS Excel kann die BiWaDB nicht auf Papier beigefügt werden. Als Ergebnis soll die gesamte BiWaDB betrachtet werden. Die anwenderfreundliche Präsentation der Datensammlung zu Bienen- und Forstgehölzen bietet eine Planungsunterstützung für die forstwirtschaftliche Nutzung. Die aufgestellten Bk dienen als Leitfaden zur Beurteilung. Durch Sortier- und Filterfunktionen lassen sich zielgerichtet Lösungsvorschläge hervorrufen. Im folgenden Abschnitt wird lediglich beispielhaft die Nutzung der Datensammlung für die Verbesserung der Bienenernährung vorgestellt, indem präferierte Artenlisten für die forstliche Verwendung erläutert werden. Dafür wird die Methode zur Ranglistenerstellung (Kapitel 3.5) genutzt. Außerdem wird eine priorisierte Artenzusammenstellung klimaresilienter Gehölze präsentiert. Vorab wird auf recherchierte Aspekte für die naturschutzfachliche Bewertung eingegangen.

Zuletzt wird gezeigt, dass Arten mit einem erhöhten gesundheitsförderlichen Effekt für HB, aufgrund des Blühzeitpunktes, besser berücksichtigt werden können.

4.1 Naturschutz

Aufgrund der ökologischen Ausrichtung der vorliegenden Arbeit wird zu Beginn zusammengetragen, welche Erkenntnisse zum Schutz von Bestäubern und der Steigerung der BD in deutschen Wäldern ermittelt werden konnten. Sämtliche Arten in der BiWaDB dienen dem ökologischen Waldumbau. Es ist auf eine vielfältige Struktur durch heimische Laubbaumarten mit erhöhter genetischer Diversität zu achten (BARTSCH et al. , 2020).

4.1.1 Neophyten und Invasive Arten

Durch den bereits erwähnten potenziell negativen Effekt von Neophyten sollen die vier vom Bundesamt für Naturschutz als invasiv oder potenziell invasiv eingestuften Gehölze hervorgehoben werden (NEHRING & BFN, 2013). Dem Götterbaum (*Ailanthus altissima*) und der gewöhnlichen Mahonie (*Mahonia aquifolium*) werden in der Literatur eine Bedeutung in der Bienenernährung zugeschrieben (LWG, 2019), jedoch kann nun belegt werden, dass sie von vielen heimischen Arten in ihrer Bienenährwertigkeit übertroffen werden. Es bestehen keine forstwirtschaftlich vorteilhaften Eigenschaften. Der BNI beträgt zehn und ergibt in den Ranglisten eine Position zwischen 25 und 35.

Die spätblühende Traubenkirsche (*Prunus serotina*) wurde in der Vergangenheit aufgrund von positiven Waldbaufaktoren vermehrt in Kiefernwäldern in Norddeutschland eingesetzt. Heute gilt sie als nicht anbauwürdig, da sie durch eine hohe intraspezifische Konkurrenzkräft heimische Arten verdrängt und den naturnahen Waldbau behindert (PETERSEN et al., 2015). Die lichtbedürftige Pionierart Robinie (*Robinia pseudoacacia*) wirkt sich durch einen überdurchschnittlichen Zuckergehalt und Trachtwert besonders vorteilhaft auf die Imkerei aus. Von der FW wird sie aktuell aufgrund der stammkrümmenden Neigung nur auf Problemstandorten eingesetzt (SCHÜTT, 2014). Als zukunftsfähige Art wird ein hohes Potenzial in dem Holz mit hoher Dichte und Dauerhaftigkeit gesehen. Das steigende Interesse führt derzeit zu ausgedehnten Forschungen sowie Züchtung, z.B. Varietäten mit geradem Wachstum (*Robinia pseudoacacia rectissima* L.) oder Sorten mit gesteigertem Honigertrag. Die naturschutzfachliche Bewertung durch die Göttinger Forstwissenschaften ergibt kein invasives Potenzial oder eine Gefährdung der BD in geschlossenen Wäldern (MEYER-MÜNZER et al., 2015).

4.1.2 Wildbienen

Die Literaturrecherche zur Wildbieneneneignung von WaÖS ergab folgendes:

BRECHTEL fand 1986 im Bienwald Südpfalz insgesamt 32 Wildbienenarten (WESTRICH, 1989). Eine Auflistung befindet sich in Tabelle A5. In der BiWaDB bestehen Kennzeichnungen zur Wildbienenförderung bei 47 Gehölzen. Zu betonen ist, dass aktuell nur Markierungen vorgenommen werden, wenn in der untersuchten Literatur eindeutig auf eine Wildbientauglichkeit hingewiesen wird.

WESTRICH beschreibt 1989 in seinem Werk „Die Wildbienen Baden-Württembergs“ insgesamt 33 der BiWaDB-Arten als geeignet (WESTRICH, 1989). Hier werden oligolektische Arten bei den Gehölzarten *Calluna vulgaris*, *Salix caprea*, *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium vitis-idea* genannt. Nicht eindeutig ist die Beurteilung zum Konkurrenzverhältnis zwischen Wildbienen und HB (VOIGT, 2004). Daher kann auch nicht beurteilt werden, ob durch die gezielte Förderung der HB und der Imkerei, Wildbienenbestände in Wäldern bedroht werden können oder nicht.

4.2 Forstwirtschaft

Im Wirtschaftsbereich der FW liegt der Fokus auf dem Erlös durch die Holzproduktion. In folgendem Kapitel werden Gehölzarten der WaÖS auf ihr Nahrungsangebot für bestäubende Insekten untersucht und die Nährwertigkeit der „typischen“ Gehölze aus der Holzproduktion gemacht.

4.2.1 Forstwirtschaftlich relevante Baumarten

Die FW hat die Aufgabe den Wald derartig zu gestalten, dass die ÖSD nachhaltig sichergestellt und gleichzeitig wirtschaftlich lukrativ für die Waldbesitzenden sind. Dabei erfüllt die Holzproduktion vielschichtige Funktionen (BARTSCH et al., 2020). Im folgenden Abschnitt werden Baumarten mit höherer ökonomischer Bedeutung und mit wertvollen physikalischen Holzeigenschaften vorgestellt. Nach Prüfung der forstwirtschaftlichen Eignung (ROLOFF et al., 2014) wird die Bienenährwertigkeit für 26 Werthölzer ausgewertet (Tabelle A7). Den niedrigsten BNI von „0“ haben Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*), Gewöhnliche Esche (*Fraxinus excelsior*) und Weißtanne (*Abies Alba*). Der höchste BNI wird von der Vogelkirsche (*Prunus avium*) erreicht.

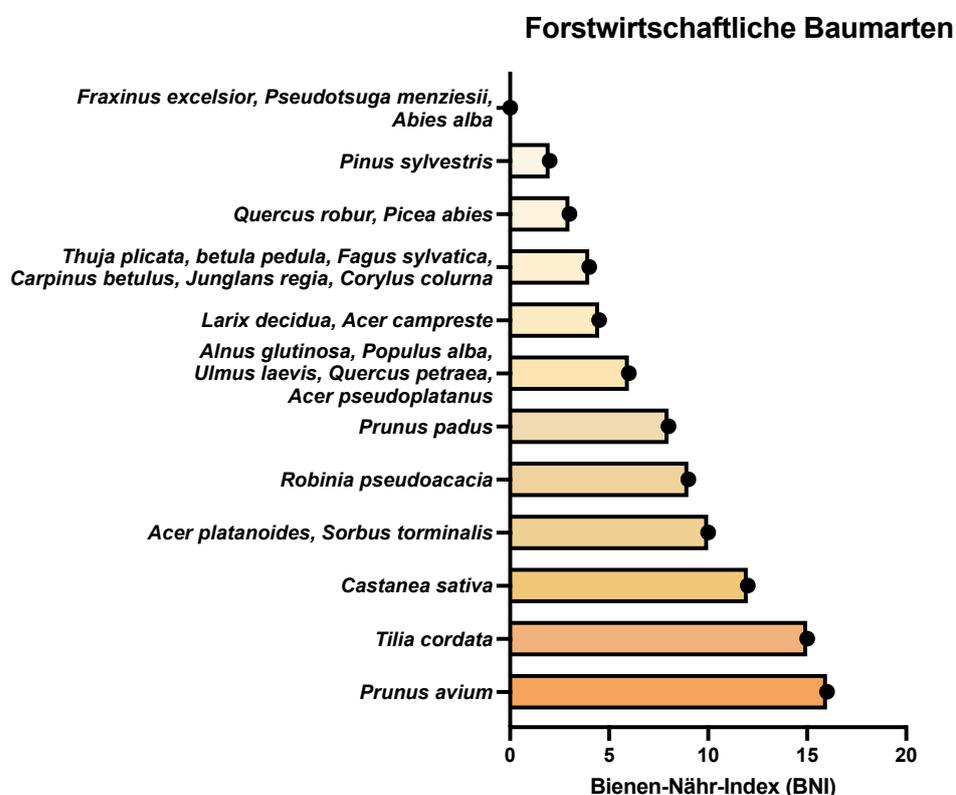


Abbildung 3: Forstwirtschaftlich relevante Baumarten

Forstwirtschaftlich relevante Baumarten dargestellt nach der Rangliste (Tabelle A7) im Wertebereich null bis 16 anhand der Berechnung des Bienen-Nähr-Index (Quelle: Eigene Darstellung).

Hauptbaumarten in der deutschen FW sind die Gemeine Fichte (*Picea Abies*), die Waldkiefer (*Pinus syvestris*), die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) und die Stieleiche (*Quercus robur*) (BMEL, 2020). In der Rangliste befinden sie sich im hinteren Drittel und bieten damit kaum Nahrung durch die Blüte an. Jedoch ist bei allen vier Arten eine potenzielle Honigtautracht zu erwarten. Wie in Abbildung drei zu erkennen ist, gibt es

durchaus eine förderliche Artenzusammensetzung für die Ernährung von bestäubenden Insekten in einem Laubmischwald. Besonders der Einsatz von Edellaubgehölzen wie Vogelkirsche (*Prunus avium*), Edelkastanie (*Castanea sativa*) und Elsbeere (*Sorbus torminalis*) sollte in diesem Zusammenhang in Betracht gezogen werden. Zusätzlich können die Winterlinde (*Tilia cordata*) und der Spitzahorn (*Acer platanoides*) für Massentrachten sorgen (MLR BW, 2019). Die invasive Art Robinie (*Robinia pseudoacacia*) gewinnt, aufgrund der erwähnten Eigenschaften, zunehmend an Bedeutung und wirkt sich positiv auf die Bienenernährung aus.

Für die Gestaltung eines diversen und nährreichen Laubmischwaldes können zusätzlich folgende Baumarten beigemischt werden: Rosskastanie (*Aesculus hippocastanum*), Wildapfel (*Malus sylvestris*), Wildbirne (*Pyrus pyraster*), Umform (*Amorpha fruticosa*), Scheinhasel (*Corylopsis pauciflora*), Faulbaum (*Rhamnus fragula*), Spätblühende Traubenkirsche (*Prunus serotina*), Sommerlinde (*Tilia platyphyllos*) und Grauerle (*Alnus incana*). Die 20 Baumarten liegen im BNI-Bereich von „4“ bis „16“ (Tabelle A8).

4.2.2 Waldrandgestaltung

Die derzeitigen Hauptbaumarten in der FW haben ein geringes Nahrungsangebot für bestäubende Insekten. Eine diverse Gestaltung mit Edellaubhölzern unterstützt den ökologischen Waldumbau und wirkt sich positiv auf die Stabilität und Anpassung der Wälder an den Klimawandel aus, jedoch sollten die Ziele der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt weiter in den Vordergrund treten (BMUB, 2007).

Viele Sträucher und lichtbedürftige Baumarten bieten ein reichhaltiges Nährangebot (Abbildung 4). Zudem bieten formreiche Waldsäume besondere Lebensräume für die Waldfauna und einen Windschutz, z.B. *Crataegus spec.* und *Rhus hirta* (MELLIFERA E.V., 2022). Die Rangliste für eine Artenauswahl von 36 Gehölzarten an lichten Waldstandorten ist Tabelle A9 im Anhang zu entnehmen. Dabei erstreckt sich der BNI-Bereich von zwei bis 18.

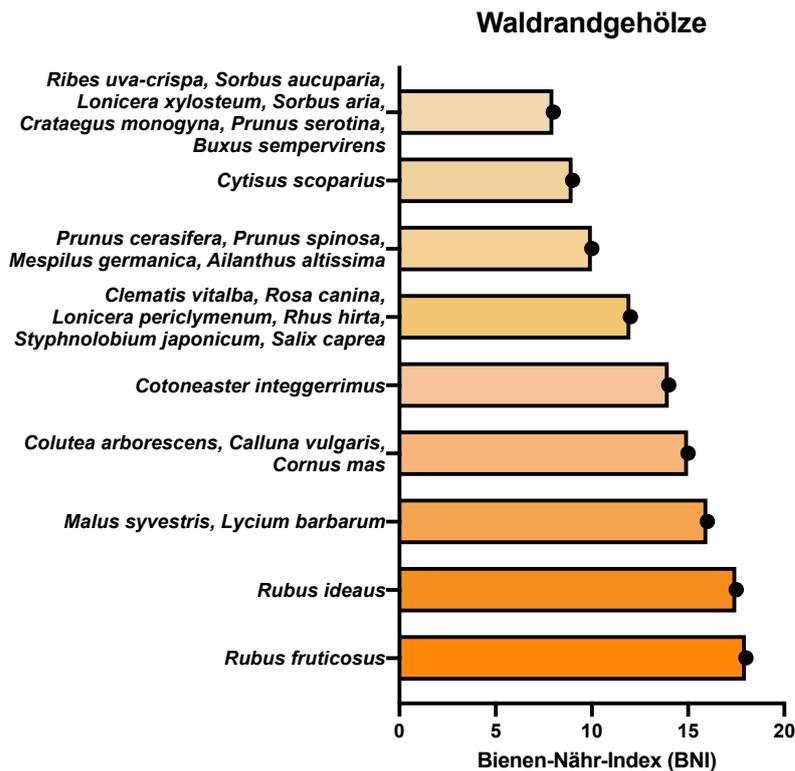


Abbildung 4: Waldrandgehölze

Gehölzarten für die Waldrandgestaltung dargestellt nach der Rangliste (Tabelle A9) im Wertebereich acht bis 18 anhand der Berechnung des Bienen-Nähr-Index (Quelle: Eigene Darstellung).

Nährreiche, heimische Sonnen- oder Halbschattengehölze (Heliophyten und Skiadophyten) in feuchten bis mäßigfeuchten Laubmischwäldern sind die fruchtreichen Arten: Brombeere (*Rubus fruticosus*), Himbeere (*Rubus idaeus*), Wildapfel (*Malus sylvestris*) und Stachelbeere (*Ribes uva-crispa*). Haselnuss (*Corylus avellana*), Kornelkirsche (*Cornus mas*) und Weiden (*Salix spec.*) ergänzen das Nahrungsangebot im Frühjahr. Waldgeißblatt (*Lonicera periclymenum*), Hundsrose (*Rosa canina*) und Waldrebe (*Clematis vitalba*) tragen zur Pollenversorgung bei. Schlehe (*Prunus spinosa*), Eberesche (*Sorbus aucuparia*), Mehlbeere (*Sorbus aria*) und Weißdorn (*Crataegus spec.*) liefern interessantes Holz. Rote Heckenkirsche (*Lonicera xylosteum*), Seidelbeere (*Daphne mezereum*), Kreuzdorn (*Rhamnus cathartica*), Berberitze (*Berberis vulgaris*) tragen zusätzlich zur Nahrungsversorgung für Bestäuber und der Erhöhung der BD bei.

4.2.3 Klimaanpassung

35 Arten mit einer potenziellen Anpassung an mögliche klimatische Veränderungen im Zuge des Klimawandels sind in der Literatur zu finden (AVILA et al., 2021; P. SCHÜTT, 2014). Eine Rangliste befindet sich in Anhang (Tabelle A12). Der BNI-Wertebereich

liegt zwischen drei und 16. Es ist anzunehmen, dass eine gesteigerte Anpassung durch Arten aus dem mediterranem Raum gewährleistet werden kann (BERGMANN et. al., 2010). Wärmeliebende Arten mit wirtschaftlicher Bedeutung in der Holz- sowie Honigproduktion sind Traubeneiche (*Quercus petraea*), Winterlinde (*Tilia cordata*), Edelkastanie (*Castanea sativa*), Vogelkirsche (*Prunus Avium*), Felsenahorn (*Acer mospessulanum*), Spitzahorn (*Acer platanoides*), Elsbeere (*Sorbus torminalis*) und Speierling (*Sorbus domestica*).

Zur Erhöhung der Artenvielfalt und der Bestäuberernährung in künftigen Nutzwäldern wird der Einsatz folgender Arten empfohlen: Rosskastanie (*Aesculus hippocastanum*), Buchsbaum (*Buxus sempervirens*), Mehlbeere (*Sorbus aria*), Wolliger Schneeball (*Viburnum lantana*), Flatterulme (*Ulmus laevis*), Berberitze (*Berberis vulgaris*), Feldahorn (*Acer campestre*), Silberlinde (*Tilia tomentosa*), Baumhasel (*Corylus colurna*), Eibe (*Taxus Bacata*), Hainbuche (*Carpinus betulus*), Walnuss (*Juglans regia*) und Stieleiche (*Quercus robur*).

Für eine hitzetolerante Waldrandgestaltung bieten sich an: Kornelkirsche (*Cornus mas*), Essigbaum (*Rhus hirta*), Robinie (*Robinia pseudoacacia*), Rote Heckenkirsche (*Lonicera xylosteum*), Eingrifflicher Weißdorn (*Crataegus monogyna*) und Hängebirke (*Betula pendula*).

Ein auf klimatische Resilienz priorisierter Blühkalender wird in Abbildung 5 vorgestellt. Dieser konnte durch die Struktur der BiWaDB erstellt werden. Dafür werden die Filtereinstellungen zuerst auf die Klimaresilienz gelegt. Dann wird der Blühzeitpunkt betrachtet, um ein kontinuierliches Nahrungsangebot zu liefern. Darauf folgt die Selektierung besonders nährreicher (nach dem BNI) Arten. Dabei werden heimische Gehölze bevorzugt ausgewählt. Die Hauptbaumarten Rotbuche (*Fagus sylvatica*) und Stieleiche (*Quercus robur*) sind als bestandsbildend zu betrachten.

Gehölzart (deu.)	Gehölzart (bot.)	BNZ	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug
Kornelkirsche	<i>Cornus mas</i>	5							
Baumhasel	<i>Corylus colurna</i>	2							
Weide, Sal-	<i>Salix caprea</i>	8							
Eibe, Gewöhnliche-	<i>Taxus baccata</i>	1							
Apfel, Holz-, Wild-	<i>Malus sylvestris</i>	8							
Kirsche, Vogel-, Süß-	<i>Prunus avium</i>	8							
Ahorn, Felsen-	<i>Acer mospessulanum</i>	6							
Ahorn, Spitz-	<i>Acer platanoides</i>	5							
Eiche, Trauben-	<i>Quercus petraea</i>	3							
Eiche, Stiel-	<i>Quercus robur</i>	2							
Birke, Hänge-	<i>Betula pendula</i>	2							
Hainbuche	<i>Carpinus betulus</i>	2							
Walnuss, Echte-	<i>Juglans regia</i>	2							
Buche, Rot-	<i>Fagus sylvatica</i>	2							
Himbeere	<i>Rubus idaeus</i>	7							
Speierling	<i>Sorbus domestica</i>	8							
Zwergmispel, Gewöhnliche-	<i>Cotoneaster integerrimus</i>	7							
Robinie	<i>Robinia pseudoacacia</i>	6							
Linde, Winter-	<i>Tilia cordata</i>	5							
Elsbeere	<i>Sorbus torminalis</i>	5							
Ahorn, Feld-	<i>Acer campestre</i>	4							
Weißdorn, Eingriffeliger	<i>Crataegus monogyna</i>	4							
Kastanie, Edel-	<i>Castanea sativa</i>	6							

Abbildung 5: Blühkalender zukunftsfähiger Bienenwald

Priorisierte Auswahl einer klimaangepassten Artenzusammenstellung mit einem kontinuierlichen Nahrungsangebot für bestäubende Insekten. Gehölzarten mit einer erhöhten Bienennährwert-Zahl (BNZ) werden in einem dunklen Farbton dargestellt (Quelle: Eigene Darstellung).

4.3 Imkerei

Die Volksstärke und die Honigproduktion stehen bei der Bienenhaltung im Vordergrund. Sie sind abhängig von der Gesundheit der Bienen. Die gesamte Arbeit dient der Verbesserung des Nahrungsangebots für HB, daher werden an dieser Stelle lediglich die förderlichen früh- und spätblühenden Arten hervorgehoben. Aus Abbildung 6 geht hervor, dass während der Entwicklungs- sowie Spättracht lediglich ein kleines Artenspektrum blüht.

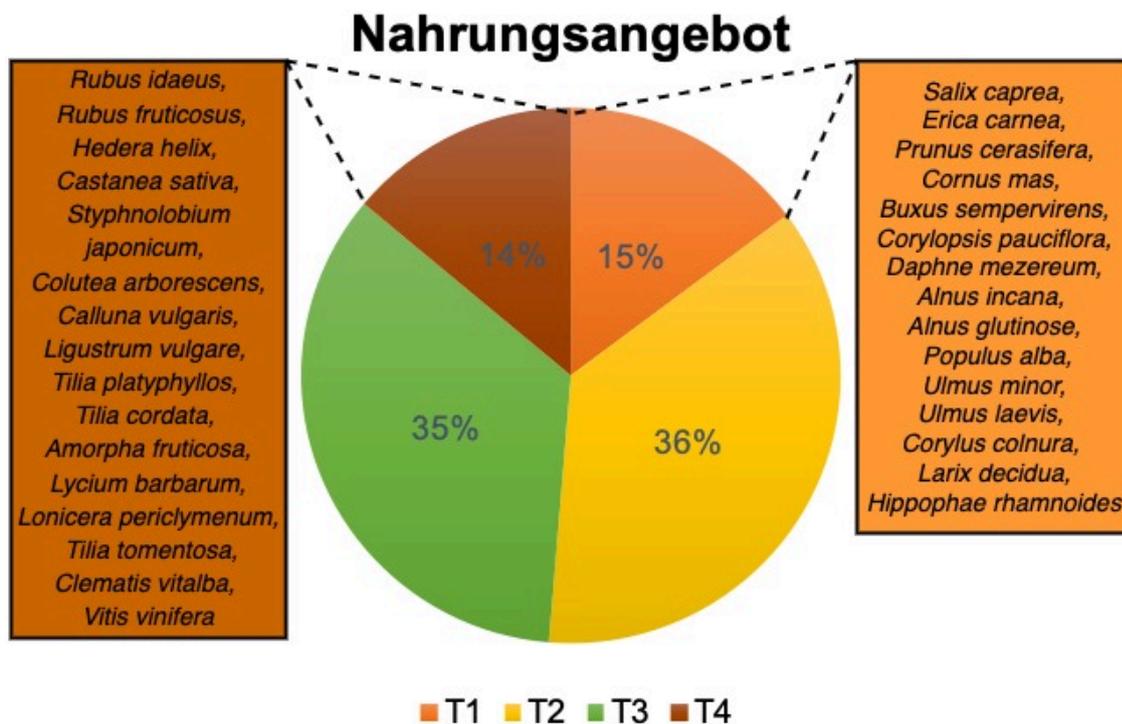


Abbildung 6: Nahrungsangebot der Trachtzeiten

Prozentuales Verhältnis der potenziellen Nahrungsverfügbarkeit durch die 94 Gehölzarten der Bienenwalddatenbank, in den 4 Trachtzeiten. Hervorgehoben wird je eine Artenliste für die Entwicklungsstracht (T1) und die Spättracht (T4) (Quelle: Eigene Darstellung).

Legende: T1= Entwicklungsstracht, T2= Frühtracht, T3= Frühsommertracht, T4= Spätsommertracht.

Zur Identifizierung jener Arten werden Ranglisten nach der BNZ für die Entwicklungs- und Spätsommertracht (Tabelle A10 und Tabelle A11) erstellt. Im Vorfrühling sind die Weidenarten (*Salix spec.*) die wichtigsten Nahrungsquellen mit reichlich Nektar und Pollen (BNZ=8). Ergänzt werden können sie mit Kirsch-Pflaume (*Prunus cerasifera*), Kornelkirsche (*Cornus mas*), Buchsbaum (*Buxus sempervirens*), Scheinhasel (*Corylopsis pauciflora*), Seidelbeere (*Daphne mezereum*). Die Schneeheide (*Erica carnea*) bietet bereits im Winter Nektar, ist jedoch natürlicherweise in Deutschland nur in den Alpen verbreitet. Grauerle (*Alnus incana*), Baumhasel (*Corylus colurna*) und Haselnuss (*Corylus avellana*) gehören zu den ersten Pollenspendern im Jahr. Zusätzlich kann das Pollenangebot im Wald durch forstwirtschaftlich interessante Baumarten wie Schwarzerle (*Alnus glutinosa*), Silberpappel (*Populus alba*), Feldulme (*Ulmus minor*), Flatterulme (*Ulmus laevis*), Eibe (*Taxus baccata*) und Lärche (*Larix decidua*) gesteigert werden.

Die vorgestellten Arten tragen zur Steigerung der Nahrungsverfügbarkeit für Bestäuber bei. Es gilt die Arten an geeignete Standorte in Nutzwälder zu integrieren, um einen positiven Effekt im Schutz der Bienen zu erzielen und vorrausschauend umweltfreundlich zu handeln.

5 Diskussion

Es stellt eine Herausforderung dar, Landnutzungskonflikte zu lösen und Bewusstsein für umweltfreundliche Alternativen zur derzeitigen Gestaltung der Ressource Wald zu schaffen. Im folgenden Kapitel werden die Hindernisse während der Erarbeitung dieser Ausarbeitung vorgestellt und bewertet.

5.1 Bewertung der gefundenen Literaturinformationen

Da keine explizite Literatur zu bienenfreundlichen Nutzwäldern für den deutschen Raum identifiziert wird, ist die Auswertung der Daten aus verschiedenen Bereichen notwendig. Fragwürdig ist die Anwendbarkeit der Informationen, für die bienenfreundliche Wiederbewaldung, wenn diese aus anderen Bereichen stammen. Generell ist darauf hinzuweisen, dass die Validität der einzelnen Daten in der BiWaDB in Frage gestellt werden kann, da verschiedene biotische und abiotische Faktoren großen Einfluss in der Pflanzenökologie haben. An dieser Stelle werden lediglich die Reliabilität und die Validität, der für die Berechnung des BNI ausschlaggebenden Quellen, bewertet.

Der genaue Blühzeitpunkt wird beeinflusst durch die Witterungs- und Klimaverhältnisse des Standortes. In der Literatur wird nicht immer eindeutig dargelegt wo, wann und wie gemessen wird. Ebenfalls sind Alter und Gesundheitszustand der Pflanzen nicht bekannt. Dadurch kann auch nicht abgeschätzt werden, welche Bedingungen zum gemessenen Blühzeitpunkt herrschten. Besonders kritisch zu betrachten sind Informationen älterer Herkunft, da sich die Phänologie bereits durch den Klimawandel verschoben hat (DEUTSCHER WETTERDIENST, 2022b). Am Beispiel der Schlehe (*Prunus spinosa*) kann dargelegt werden, dass der Blühzeitpunkt um einen Monat variieren kann (LÜDER, 2013; UFZ & BFN, 2021). Bei neuen Werken ist nicht immer eindeutig, ob aktuelle Messdaten oder ältere Referenzdaten verwendet werden (FLEISCHHAUER et al., 2018; LÜDER, 2013). Fraglich ist ebenfalls, wie sich das Mikroklima von Wäldern auf den Blühzeitpunkt auswirkt, da nicht bekannt ist, ob Messungen im Wald oder auf dem Offenland durchgeführt werden. Zudem ist nicht definiert, ab welchem Status der Blüteentwicklung der Blühbeginn gewertet wird.

Ähnlich gewertet werden können die Informationen zur Blühdauer. Die Literatur bietet aufgrund der bereits erwähnten Unsicherheiten keine einheitlichen Angaben. In der vorliegenden Arbeit werden verfügbare Quellen zur Blühdauer miteinander verglichen und bei Unsicherheiten ein mittlerer Wert verwendet. Für die Berechnung des BNI werden die Angaben einheitlich aus der „Datenbank biologisch-ökologischer Merkmale

der Flora von Deutschland“ verwendet (UFZ, 2022). Die Erstreferenz dieser Daten stammt aus dem Jahre 1995. Dennoch wird diese Quelle verwendet, da hier einheitliche Daten zu fast allen zu bewertenden Arten zur Verfügung stehen und die Referenz der Datengrundlage deutlich dargelegt ist.

Kritisch zu beurteilen sind die Angaben zu NW und PW, da kein einheitliches Boniturnsystem existiert und die Angaben aus der Literatur im Rahmen dieser Arbeit homogenisiert werden müssen (Kapitel 3.3.1.2). Die Autor*innen der Kennzahlen geben unterschiedlich den Hintergrund der Untersuchungen zu bekennen (Nektar- und Pollenwert). Zum Beispiel stellt PRITSCH in seinem Werk die Hintergründe vor, hingegen der LWG verrät die Herkunft der Daten erst nach einer schriftlichen Anfrage (LWG, 2019; PRITSCH, 2018a). Es ist nicht bekannt, nach welchen Kriterien und Anforderungen die Daten zustande kommen und bei welchen Witterungsverhältnissen die Werte ermittelt wurden. Da das Sammelverhalten der Bienen und damit die Attraktivität der Blüte abhängig von der lokalen Konkurrenz zum jeweiligen Blühzeitpunkt ist, lässt sich die Vergleichbarkeit der Werte schwer abschätzen.

Aufgefallen ist, dass die Obstgehölze sehr hohe NW und PW haben, jedoch sind die Gründe für die Beurteilung fragwürdig, z.B. hat der Kulturapfel (*Malus domestica*) einen NW und PW von „4“, aber einen vergleichsweise niedrigen Trachtwert (10-20kg/ha)(PRITSCH, 2018). Daraus lässt sich schließen, dass entweder die Qualität oder die Quantität der Nährstoffe nicht attraktiv genug für HB sind. Mögliche Gründe für die Werte bei Obstgehölzen könnten zum einen sein, dass sie aufgrund des landwirtschaftlichen Nutzens besser untersucht werden und das erwähnte Konkurrenzverhalten zum anderen.

5.2 Bewertung der eigenen Forschung

Die Erstellung einer Datenbank mit Excel bringt sowohl Vor- als auch Nachteile mit sich. Ein Vorteil ist, dass ohne große Vorkenntnisse mit DBS eine umfangreiche Datensammlung möglich ist. In der BiWaDB wird versucht, Anwendungsfreundlich, Daten zu Gehölzarten darzustellen. Zwar wurde beim Erstellen des Grundkonstrukts sehr darauf geachtet, dass die Sortier- und Filterfunktionen einwandfrei nutzbar sind, jedoch würde eine Datenbank durch ein DBMS eine übersichtlichere Form der Daten ermöglichen. Sobald mehrere Bk parallel ausgewertet werden sollen, bedarf es mehrstufiger manueller Einstellungen.

Die aufgestellten Kriterien gehen teilweise über die Zielsetzung hinaus. Durch den hohen Umfang resultiert, dass nicht alle Daten im Rahmen dieser Arbeit untersucht

werden können. Die Untersuchungsgegenstände zu identifizieren, erfordert ein aufwendiges Prozedere, das im Rahmen dieser Arbeit nicht ausreichend transparent dargelegt werden kann. Aufgrund der unzureichenden Datenlage über das Vorkommen und Verhalten von blühenden Gehölzen in WaÖS, werden überproportional viele Arten in die BiWaDB aufgenommen. Mit Hilfe der aktuellen Datensammlung können kritische Arten beurteilt und substituiert, Annahmen bestätigt oder widerlegt und künftige Forschungsansätze entwickelt werden. Alle Grafiken werden mit der Gesamtheit aller 94 BiWaDB erstellt. Hierbei wird nicht berücksichtigt, dass einige Arten uninteressant für die forstliche Nutzung, die Bienenernährung oder negativ für die heimische Vegetationsökologie sind.

Die Untersuchungen zu Gehölzarten, unter dem Bk „Biodiversität“, sind nicht vollständig abgeschlossen, da der erforderliche Umfang für eine aussagekräftige Beurteilung die Kapazitäten dieser Arbeit übersteigt.

Die für den Waldhonig entscheidenden Honigtautrachten werden in der Auswertung aufgrund von schwankenden Entwicklungszyklen der Honigtauproduzenten nicht beachtet. Da anzunehmen ist, dass ein potenzieller BiWa mit der vorgestellten Artenauswahl eine hohe Diversität an Trachtquellen bietet, wird der würzige Geschmack des „typischen“ Waldhonigs möglicherweise nicht erreicht, trotz Herkunft aus einer Waldformation.

Die Bewertung der Gehölze durch die BNZ und den BNI ist einfach gehalten, was eine Nachvollziehbarkeit der Ranglisten und eine Vergleichbarkeit der Arten untereinander ermöglicht. Die Validität und Reliabilität der Ergebnisse ist durch die bereits erwähnten kritischen Informationsherkünfte gemindert. Denkbar wäre ein Faktor in die Berechnungen zu ergänzen, um eine Gewichtung auf andere Kriterien legen zu können. Zum Beispiel könnte ein positiver Faktor, Früh- und Spätblüher in der Rangliste höher und ein negativer Faktor nicht heimischer Arten niedriger erscheinen lassen.

6 Fazit

Der ökologische Waldumbau ist in Anbetracht der gegenwärtig problematischen Lage der Wälder, der Artenvielfalt und des Klimas dringlich erforderlich. Die Sicherstellung der natürlichen Ressourcen hat höchste Priorität und dabei spielen gesunde Waldökosysteme und Honigbienen eine wichtige Rolle.

Die Intension der Arbeit ist es, einen Beitrag zur Erhaltung unserer Umwelt zu leisten und den Wert der Vielfalt des Lebens zu verdeutlichen und zu fördern.

Mit der vorliegenden Arbeit wird durch die umfangreiche Datenbank und die Bewertung blühender Gehölze ein Grundstein für die ökologische Umgestaltung der Wälder zum Schutz von Bestäubern gelegt.

Aus der Ergebnispräsentation geht hervor, dass 52 bienenfreundliche Gehölzarten interessant für den Einsatz in wirtschaftlich genutzten Wäldern in Deutschland sind.

Dabei zeigt sich, dass das höchste Potenzial in einer artenreichen Waldrandgestaltung und der Verwendung von Werthölzern, wie Vogelkirsche und Speierling, liegt. Deutlich wird der niedrige Nährwert für Bestäuber durch die forstwirtschaftlich lukrativen Nadelgehölze. Mit einer vermehrten Pflanzung der vorgestellten nährreichen Arten ist ein positiver Effekt auf die Biodiversität in Wäldern und das jeweilige Umland anzunehmen. Dabei wirken die Förderung der Strukturvielfalt, der Bestäubungsleistung und der Nahrungskette auf der Trophiestufe der Primärproduzenten und -konsumenten vorteilhaft auf das ökologische Gleichgewicht. Wie bereits vorgestellt, ist auf ein lückenloses Nahrungsangebot während der gesamten aktiven Phase der Bienen zu achten. Zu erwähnen ist, dass der Einsatz von einzelnen blühenden Gehölzen keine Nahrungssicherheit garantiert. Explizit wird der verstärkte Einsatz von Massentrachtlieferanten, wie Linde und Ahorn, für die Honigbienenhaltung mit ertragssteigernder Honigproduktion empfohlen. Angesichts der klimatischen Veränderungen und der phänologischen Verschiebung ist vermehrt auf die Förderung von früh und spät blühenden Arten, wie z.B. Weide oder Edelkastanie, zu achten. Zusätzlich soll der Einsatz von zukunftsfähigen und nährreichen, jedoch nicht heimische Arten, z.B. Robinie, nur mit Bedacht in Betracht gezogen werden.

Für ein ressourcenschonendes Vorgehen ist eine effektive Planung des Systems von zentraler Bedeutung. Dabei kann bei der Wiederbewaldung das sukzessionale Verhalten des ÖS genutzt und in der primären Phase lichtbedürftige Arten, wie

Kornelkirsche oder Pioniere, wie Himbeere, gefördert werden, bis die langlebigen Gehölze zur Blütenreife heranwachsen.

Mit der Zielsetzung, deutsche Wälder diverser und attraktiver für Bienen zu gestalten, ist die Artenauswahl grundlegend, jedoch müssen die Standortansprüche beachtet und die Bewirtschaftungsmaßnahmen angepasst werden.

In der Realität ist das Fehlen von Nadelgehölz auf dem Holzmarkt undenkbar. Es ist nicht erstrebenswert, den Anbau von Arten, wie Fichte und Kiefern zu unterbinden und damit als Waldnation abhängig von Importen zu sein. Vielmehr sollten sie sorgfältig in Mischwälder, an geeigneten Standorten integriert werden und durch eine gesunde Menge an Honigtau zur Ernährung von Bestäubern beitragen. Dennoch ist ein Umdenken in der Gesellschaft notwendig, was durch Aufklärung im ressourcenschonenden Umgang vorangetrieben werden sollte. Mehr Aufmerksamkeit gilt es den „Nicht-Holzprodukten“ zu schenken, da durch ein gesteigertes Interesse nach ökologischen Alternativen eine gute Vermarktungsmöglichkeit anzunehmen ist. Die Arbeit soll nicht als konkrete Handlungs- oder Anbauempfehlung verstanden, vielmehr als Orientierung zur Unterstützung bei der forstwirtschaftlichen Planung gewertet werden. Fundamental ist es, vorab die Ansprüche und Zielsetzungen zu definieren und anhand dessen mit Hilfe der Datensammlung eine standortangepasste Entscheidung zu treffen. Ebenfalls ist die Literaturrecherche nicht als Endgültig zu werten. Stattdessen soll ein sich stetig aktualisierender Prozess, der sich ständig verändernden Datenlage, anregen.

Die vorliegende Arbeit zeigt auf, dass mit einer geeigneten Artenauswahl, der Wald zur Ernährung von Honigbienen und weiteren Bestäubern beitragen kann und zeitgleich Ansprüche verschiedener Zielgruppen realisierbar sind, da gezielt klimaresiliente und zugleich bienenfreundliche Waldgehölze in den Waldbau integriert werden können. Nicht zu vergessen ist, dass ein gesunder Wald im Interesse aller liegt und blühende Wälder sich auf verschiedenen Ebenen auf das Wohlbefinden des Menschen auswirken. Das komplex vernetzte Gefüge zwischen Menschen, Honigbienen und Wald wird durch ein Flussdiagramm in Abbildung A4 verdeutlicht. Um den ökologischen Zielen und Richtlinien gerecht zu werden, ist eine fokussierte Förderung durch die Politik in Projekte, wie dem „zukunftsfähigen Bienenwald“ in Hessen, unumgänglich.

7 Ausblick und neue Forschungsansätze

Um eine allumfassende Datenbank für die Anwendung in der Planung von Forstökosystemen zur Verfügung stellen zu können, sind weitere Untersuchungen erforderlich. Dazu werden weitere interessante Kriterien in Tabelle A1 aufgelistet. Beispielsweise nennt Ellenberg die Schlüsselfaktoren photosynthesische Leistungsfähigkeit und Produktivität, Lichtbedarf und Schattenerzeugung, Saisonalität des Wachstums, Kälte- und Trockentoleranz, Ansprüche an die Stickstoffversorgung, Schädigung durch Verbiss und die Abbaubarkeit der Streu (ELLENBERG & LEUSCHNER, 2010). Diese Faktoren werden im Rahmen dieser Arbeit nicht für jede Art geprüft, sind jedoch in einer fortführenden Arbeit in die Datenbank aufzunehmen, um das sozio-ökologische Verhalten in dem Ökosystem beurteilen zu können. Besonders wichtig erscheint die Ausarbeitung der Bk und Daten für die Holzproduktion und die Standortfaktoren. Hervorzuheben ist, dass biotische und abiotische Risikofaktoren maßgeblich für die Beurteilung der Vitalität und Anpassungsfähigkeit sind und daher eine Risikobewertung der BiWaDB-Arten für die Bewirtschaftung von WaÖS aussteht. Die Artenliste der BiWaDB dient als Grundlage für weitere Untersuchungen von bienenfreundlichen Waldgehölzen. In der BiWaDB sind Lücken sowie Unsicherheiten der Informationen zu verzeichnen. Diese gilt es zu ergänzen und zu prüfen. Ein besonderes Augenmerk soll auf die durch den BNI ermittelten, nährreichsten Gehölzarten gelegt werden. Insbesondere müssen weitere wissenschaftliche Arbeiten geleistet werden, um Zuckergehalt und Trachtwerte zu ergänzen oder zu verifizieren. Die Entwicklung eines einheitlichen Boniturrensystems für Nektar- sowie Pollenwerte ist fundamental. Denkbar wäre, die Qualität und die Menge von Nektar und Pollen zu identifizieren und separat in die Erhebung der NW und PW zu integrieren. Zwar kann angenommen werden, dass eine Förderung von WB, aufgrund des Verwandtschaftsgrades zu HB, durch ein reichhaltiges Nahrungsangebot erreicht wird, dennoch sind weitere Untersuchungen zur Wildbientauglichkeit der Arten und dem Konkurrenzverhalten zu HB im Wald zu tätigen. Es wird nicht überprüft, ob der KW Einfluss auf die tatsächliche Blühdauer hat. Es gilt, die Verschiebung der Blühzeitpunkte zu erforschen. Denkbar ist eine Trennung der Daten für Süd- und Norddeutschland. Das Einordnen von Arten in Waldgesellschaften steht ebenfalls aus, mit denen ebenfalls die Bewertung der Bodenvegetation als Bienenweide vorgenommen werden kann.

Da in der BiWaDB bereits Arten für den Einsatz in der Landwirtschaft, z.B. in Form von Agroforstsystemen oder Windschutzhecken identifiziert werden können gezielte Auswertungen für diese Zielgruppe erzeugt werden. Der Einsatz von insektenfreundlichen Gehölzen hat nicht nur Auswirkungen auf die gesamte Biodiversität, sondern auch positive Effekte durch die Bestäubung und den Schädlingsdruck in der Nahrungsmittelproduktion. Dabei können die „Nicht-Holzprodukte“, z.B. Früchte, auf den wirtschaftlichen Zugewinn sowie ihre Vermarktungsmöglichkeit geprüft werden. Eine ökonomische Vergleichsrechnung zum Erlös, durch Holzprodukte, sollte dem Erlös durch Honig und weitere Nebenprodukte aus der Bienen- und Waldbewirtschaftung gegenübergestellt werden, wie z.B. in der Bewertung der Edelkastanie, durch die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (SEGATZ u. a., 2012).

Mit Hilfe der Daten aus der BiWaDB können spezifische Artensteckbriefe konzipiert werden. Eine fundierte Ausarbeitung eines gewichtgebenden Faktors in der BNZ oder BNI Rechnung steht aus.

Aus naturschutzfachlicher Sicht sollten weitere Untersuchungen zum Verhalten und dem Wert von nicht heimischen Arten in gemäßigten Wäldern getätigt werden. Ein Beispiel ist die Douglasie, die vermehrt als Fichtenersatz angebaut wird. Hier sollte dringlichst der Wert für die heimische Flora und Fauna geprüft werden. Bekannt ist, dass die windbestäubende Art keinen Nährwert durch die Blüte in der Bienenernährung bietet, jedoch ist die Attraktivität für heimische Honigtauproduzenten zu ermitteln. Weiterhin ist das ökologische Verhalten der Robinie zu beobachten, da sie als vielversprechende Art in der Bienenernährung erscheint. Zu ermitteln ist, ob die Linde in künftig wärmeren und trockenen Szenarien auch im Mikroklima von WaÖS einen negativen Effekt auf die Bienengesundheit durch die hohe Zuckerkonzentration hat (KOCH & STEVENSON, 2017; WESTRICH, 2011). Mit Aussicht auf klimatische Veränderungen gilt es zu prüfen, wie sich die nährreichen Gehölze verhalten könnten. Hier sollten Bk, wie z.B. „Standortwasserbilanz“ und „Dürretoleranz“, angefügt werden. Insgesamt bedarf das Konzept des BiWa einer Vielzahl von Untersuchungen und praxisnahen Feldversuchen. Hier gilt es zu untersuchen, wie HB und WB auf die Artenauswahl mit ihrem Sammelverhalten und ihrer Gesundheit reagieren, sowie das Konkurrenzverhalten zwischen HB und WB in Wäldern.

Die Transformierung der BiWaDB aus Excel in ein anderes Format, wie eine Website oder Online-Datenbank, kann die Verfügbarkeit der Daten für eine Vielzahl von Benutzer*innen ermöglichen und zum Handeln anregen.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei den Mitarbeiter*innen des Bieneninstituts Kirchhain, insbesondere bei Dr. Annely Brandt und Martin Gabel, für die tatkräftige Hilfestellung bedanken. Es war mir eine Freude, durch euch die Lebensweise und Bewirtschaftung der Honigbiene zu verstehen und zu erlernen. Der Projektgruppe „zukunftsfähiger Bienenwald“ aus Hessen danke ich für ihren Einsatz bei der Umsetzung eines Bienenwaldes. Ohne diese engagierten Menschen wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen.

Zu guter Letzt danke ich meiner Wohngemeinschaft Reehmühle für die Unterstützung und die Kraft während der anspruchsvollen Phase.

Literaturverzeichnis

- AVILA, A., HÄRING, B., RHEINBAY, B., BRÜCHERT, F., HIRSCH, M., ALBRECHT, A. (2021):
 Artensteckbriefe 2.0: Alternative Baumarten im Klimawandel: eine Stoffsammlung.
 (FORSTLICHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT BADEN-WÜRTTEMBERG, Hrsg.).
 Freiburg im Breisgau: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-
 Württemberg
- BARTSCH, N., VON LÜPKE, B., RÖHRIG, E. (2020): Ziele der Forstwirtschaft und Aufgaben des
 Waldbaus. In: Waldbau auf ökologischer Grundlage (8., vollständig überarbeitete und
 erweiterte Auflage., S. Kap.1). Stuttgart: Eugen Ulmer
- BAUER, M.L. (2013): Lebensraum Wald. (ÖJV BAYERN, Hrsg.)
- BAYSF (2009): Naturschutzkonzept der Bayerischen Staatsforsten. (BAYERISCHE
 STAATSFORSTEN, Hrsg.)
- BERGMANN, J., POMPE, S., OHLEMÜLLER, R., FREIBERG, M., KLOTZ, S., KÜHN, I. (2010): The
 Iberian Peninsula as a potential source for the plant species pool in Germany under
 projected climate change. *Plant Ecology*, 207 (2), S. 191–201
- BFN (2005): Gebietsfremde Arten: Positionspapier des Bundesamtes für Naturschutz.
 (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, Hrsg.)
- BIENFORMATIK E.V (2022, 22. Februar): Trachtpflanzen. Online verfügbar unter: URL:
<https://www.trachtfliessband.de>
- BMEL (2014): Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der dritten
 Bundeswaldinventur. (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT,
 Hrsg.)
- BMEL (2020): Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2020. (BUNDESMINISTERIUM FÜR
 ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT, Hrsg.). Referat 515 – Nachhaltige
 Waldbewirtschaftung, Holzmarkt, Bonn

BMEL (2021): Waldstrategie 2050. Nachhaltige Waldbewirtschaftung – Herausforderungen und Chancen für Mensch, Natur und Klima. (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT, Hrsg.)

BMU (2012): Leitfaden zur Verwendung gebietseigener Gehölze. (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT, Hrsg.)

BMUB (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt - Kabinettsbeschluss vom 7. November 2007. (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, BAU UND REAKTORSICHERHEIT, Hrsg.)

BMUV (2020): Leitlinien für die Wiederbewaldung in Deutschland. (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT, Hrsg.) Online verfügbar unter: URL:

https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/leitlinien_wiederbewaldung_bf.pdf [10.05.2022]

BMWK (2015): Abkommen von Paris. In: BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ (Hrsg.): Online verfügbar unter: URL:

<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-abkommen-von-paris.html> [20.11.2021]

BUND (Hrsg.) (2011): Lebendige Wälder. BUND-Position (57)

BUNDEMINISTERIUM DER JUSTIZ Honigverordnung (HonigV). (2004) Online verfügbar unter:

URL: https://www.gesetze-im-internet.de/honigv_2004/BJNR009200004.html

BUNDESMINISTERIUM FÜR JUSTIZ Bundeswaldgesetz. (1975) Online verfügbar unter: URL:

<https://www.gesetze-im-internet.de/bwaldg/BJNR010370975.html>

BUND-NRW (2022): Wald versus Forst. Online verfügbar unter: URL: <https://www.bund-nrw.de/themen/waelder-und-wildnis/hintergruende/wald-versus-forst/> [13.01.2022]

- DEUTSCHER BUNDESTAG (Hrsg.) (2019): Fördermittel für den Waldumbau. Online verfügbar unter: URL: https://www.bundestag.de/webarchiv/presse/hib/2019_11/665934-665934 [20.11.2021]
- DEUTSCHER IMKERBUND (2021): Imkerei in Deutschland. Online verfügbar unter: URL: https://deutscherimkerbund.de/161-Imkerei_in_Deutschland_Zahlen_Daten_Fakten [15.05.2022]
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2022a): Die Bienen-Uhr. Online verfügbar unter: URL: <https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaueberwachung/phaenologie/produkte/bienenuhr/bienenuhr.html> [10.05.2022]
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2022b): Phänologische Uhr. Online verfügbar unter: URL: https://www.dwd.de/DE/leistungen/phaeno_uhr/phaenouhr.html?nn=575800 [24.02.2022]
- DIE HONIGMACHER (2011): Die Läppertracht. Online verfügbar unter: URL: https://www.die-honigmacher.de/kurs2/seite_12300.html [05.01.2022]
- ELLENBERG, H., LEUSCHNER, C. (2010): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. (6. Aufl.). Stuttgart: Eugen Ulmer
- ELLENBERG, H., WEBER, H., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. (3. Aufl.). Göttingen: Erich Goltze
- FAO (2020): Global Forest Resources Assessment 2020: Main report. (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Hrsg.) Online verfügbar unter: URL: <https://www.fao.org/forest-resources-assessment/2020/en/>
- FLEISCHHAUER, S., GUTHMANN, J., SPIELBERGER, R. (2018): Enzyklopädie essbare Wildpflanzen. München: AT
- FORSTER, R., BODE, E., BRASSE, D. (2005): Das „Bienensterben“ im Winter 2002/2003 in Deutschland - Zum Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse. (BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT, Hrsg.)

- FORSTPRAXIS (2021): Preisverleihung zum Deutschen Waldpreis 2021. Online verfügbar unter: URL: <https://www.forstpraxis.de/preisverleihung-zum-deutschen-waldpreis-2021/> [12.04.2022]
- FRERICK, M. (2022): Was den Bienen blüht. *Deutsches Bienen Journal*, (3/2022), S. 14–15
- GARRIDO, C. (2021): Der Wert der Vielfalt. *bienen&natur*, (3/2021), S. 16–17
- GODOW, S.C., BIENEFELD, K., CHMIELEWSKI, F.M. (2021): Honigbienen im Klimawandel.
- HABER, W., BÜCKMANN, W. (2013): Nachhaltiges Landmanagement, differenzierte Landnutzung und Klimaschutz. Berlin: TU Berlin
- HENSCHKE, C. (2015): Klimawald - Erfolgreiche Klimaanpassung im Kommunalwald. (CLIMA -KOMPETENZZENTRUM FÜR KLIMASCHUTZ UND KLIMAAANPASSUNG, Hrsg.)
- HMUELV (2009): Kommentierte Rote Liste der Bienen Hessens- Artenliste, Verbreitung, Gefährdung. (DAS HESSISCHE MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMASCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ, Hrsg.)
- HOFMEISTER, H. (1997): Lebensraum Wald: Pflanzengesellschaften und ihre Ökologie. (4. Aufl.). Berlin: Parey
- HOOPER, D. U., CHAPIN, F. S., EWEL, J. J., HECTOR, A., INCHAUSTI, P., LAVOREL, S., u. a. (2005a): Effects of Biodiversity on Ecosystem functioning: A consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75 (1), S. 3–35
- HOOPER, D. U., CHAPIN, F. S., EWEL, J. J., HECTOR, A., INCHAUSTI, P., LAVOREL, S., u. a. (2005b): EFFECTS OF BIODIVERSITY ON ECOSYSTEM FUNCTIONING: A CONSENSUS OF CURRENT KNOWLEDGE. *Ecological Monographs*, 75 (1), S. 3–35
- IMKERFORUM (2019, 19. August): Aufforstung, Waldumbau bienenfreundlich. Forum Online verfügbar unter: URL: <https://www.imkerforum.de/forum/thread/64824-aufforstung-waldumbau-bienenfreundlich/>

- IPCC (2021): IPCC sixth Assessment Report. (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANCE, Hrsg.) Online verfügbar unter: URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- KASPER, L. (2022, 22. Mai): Baumarten für Klimawandelgehölze. Online verfügbar unter: URL: <https://www.klimawandelgehoeelze.de/klimawandelgehölze/>
- KOCH, H., STEVENSON, P. (2017): Do linden trees kill bees? Reviewing the causes of bee deaths on silver linden (*Tilia tomentosa*). *Biology Letters*, 13 (9) Online verfügbar unter: URL: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsbl.2017.0484>
[27.03.2022]
- KUDERNATSCH, T. (2012): Vielfalt für die Honigbiene. *LWF aktuell*, (91/2012), S. 46–48
- LIPINSKI, Z. (2018): Honey bee nutrition and feeding. Olsztyn: Lipinski
- LÜDER, R. (2013): Bäume bestimmen. Bern: Haupt
- LWG (2019): Bäume und Sträucher für Bienen und Insekten. (BAYRISCHE LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU, Hrsg.)
- MANDL, S., SUKOPP, M. (2011): Bestäubungshandbuch für Gärtner, Landwirte und Imker. Sammlung eigener Untersuchungen und Zusammenfassungen der Fachliteratur. Universität für Bodenkultur Wien
- MELLIFERA E.V. (2015): Moderne Zeidler. Freibeuter-Blog Online verfügbar unter: URL: <https://www.mellifera.de/blog/freibeuter/moderne-zeidler.html> [22.11.2021]
- MELLIFERA E.V. (2022): Blühflächen in Forstwirtschaft. Netzwerk blühende Landschaft Online verfügbar unter: URL: <https://bluehende-landschaft.de/bluehflaechen/forstwirtschaft/> [07.01.2022]
- METHORST, J., REHDANZ, K., MUELLER, T., HANSJÜRGENS, B., BONN, A., BÖHNING-GAESE, K. (2021): The importance of species diversity for human well-being in Europe. *Ecological Economics*, 181, S. 106917
- MEYER-MÜNZER, B., GROTEHUSMANN, H., VOR, T. (2015): Robinie (Robinia pseudoacacia L.). In: T. VOR, H. SPELLMANN, A. BOLTE, C. AMMER (Hrsg.): Potenziale und Risiken

- eingeführter Baumarten. Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung (Bd. 7, S. 277–296). Göttingen: Universitätsverlag Göttingen
- MITTL, S. (2017): Skizzierung eines Modellprojektes zu Zeidlerei, Bienenforschung, Naturschutz und Umweltbildung im Sebalder und Lorenzer Reichswald bei Nürnberg.
- MKLLU MV (2018): Bienenweidekatalog Mecklenburg-Vorpommern. (MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND UMWELT MECKLENBURG-VORPOMMERN, Hrsg.)
- MLR BW (2019): Bienenweidekatalog. (MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG, Hrsg.)
- MOSBRUGGER, V., BRASSEUR, G., SCHALLER, M., STRIBRNY, B. (2012): Klimawandel und Biodiversität - Folgen für Deutschland. Darmstadt: WBG
- NEHRING, S., BFN (2013): Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen. (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, Hrsg.)
- NEUGSCHWANDTNER, R. (2003): Bestäubungsleistung, Honig- und Pollenertrag der Honigbiene bei Rotklee. Universität für Bodenkultur Wien
- NW-FVA (2022): Wir forschen rund um den Wald. Online verfügbar unter: URL: <https://www.nw-fva.de/forschen> [12.01.2022]
- PETERSEN, R., ANNIGHÖFER, P., SPELLMANN, H., LEDER, B. (2015): Spätblühende Traubenkirsche (*Prunus serotina* Ehrh.). In: T. VOR, H. SPELLMANN, A. BOLTE, C. AMMER (Hrsg.): Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten. Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung (Bd. 7, S. 168–186). Göttingen: Universitätsverlag Göttingen
- PICKHARDT, A., FLURI, P. (2000): Die Bestäubung der Blütenpflanzen durch Bienen Biologie, Ökologie, Ökonomie. (SCHWEIZERISCHES ZENTRUM FÜR BIENENFORSCHUNG, Hrsg.) *Mitteilung Nr. 38*
- PRITSCH, Günter (2018): Bienenweide: 200 Trachtpflanzen erkennen und bewerten. Stuttgart: Franckh-Kosmos

- PRZEWOZNY, Agnes (2021): Enkeltaugliche Forstwirtschaft. *bienen&natur*, (02/2021), S. S.40-41
- ROLOFF, A., WEISBERGER, H., LANG, U.M., SCHÜTT, P. (2014): Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch und Atlas der Dendrologie. Wiley-VCH
- RUPPERTSHOFEN, H. (1995): Der summende Wald. Waldimkerei und Waldhygiene. (8. Aufl.). Stuttgart: Franckh-Kosmos
- SCHICK, B., SPÜRGIN, A. (1997): Handbuch der Bienenkunde: Die Bienenweide. (4. Aufl.). Stuttgart: Ulmer
- SCHIRACHS, A.G., VOGEL, J.G. (1774): Bienengesellschaft Secretairs, Wald-Bienenzucht: Nach ihren großen Vortheilen, leichten Anlegung und Abwartung. Breßlau: Korn
Online verfügbar unter: URL: <https://www.digitale-sammlungen.de/de/view/bsb10298846?page=14>
- SCHUBERT, R. (1991): Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen. (2. Aufl.)
- SCHÜTT, P. (2014): Robinia pseudoacacia LINNÉ, 1753. In: A. ROLOFF, H. WEISBERGER, U.M. LANG (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch und Atlas der Dendrologie. Wiley-VCH
- SCHÜTT, Peter (2014): Robinia pseudoacacia LINNÉ, 1753. In: Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch und Atlas der Dendrologie. Wiley-VCH
- SCHWENKEL, J. (2021): Waldtracht& Waldhonig. *bienen&natur*, (Sonderheft Waldtracht (01/2021))
- SEELEY, T.D. (2019): The Lives of Bees: Untold Story of the Honey Bee in the Wild. Princeton University Press
- SEGATZ, E., EHRLING, A., EICHENLAUB, A., SCHABACKER, A., HAASE, B., METZLER, B., et al. (2012): Edelkastanie am Oberrhein- Aspekte ihrer Ökologie, Nutzung und Gefährdung, Ergebnisse aus dem EU Interreg IV A Oberrhein-Projekt.
(ZENTRALSTELLE DER FORSTVERWALTUNG FORSCHUNGSANSTALT FÜR

- WALDÖKOLOGIE UND FORSTWIRTSCHAFT RHEINLAND-PFALZ (FAWF), Hrsg.)
Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, (Nr. 74/15) Online verfügbar unter: URL: <http://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=2601>
- SEGERER, A.H., ROSENKRANZ, E. (2018): Das große Insektensterben: Was es bedeutet und was wir jetzt tun müssen. (2. Aufl.). München: oekom
- SPIEWOK, S. (2022): Futter für die Bienen. *Deutsches Bienen Journal*, (3/2022), S. 3
- SPÜRGIN, A. (2020): Die Honigbiene: Vom Bienenstaat zur Imkerei. Stuttgart: Eugen Ulmer
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2021): Flächenbilanz der Ökosysteme: Abteilung Wälder und Gehölz. Online verfügbar unter: URL: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/oekosystemgesamtrechnungen/Tabellen/a03-waelder.html> [13.11.2021]
- STEFFAN-DEWENTER, I. (2014): Der Einfluss von Klimawandel und Habitatverlust auf Bestäuber und ihre Funktionen. In: Rundgespräche der Kommission für Ökologie: »Soziale Insekten in einer sich wandelnden Welt« (Bd. 43, S. 113–122). München: Dr. Friedrich Pfeil
- STIFTUNG BIENENWALD (2021): *Stiftung Bienenwald*. Online verfügbar unter: URL: <https://stiftung-bienenwald.de> [10.12.2021]
- TAUTZ, J. (2008): Der Bien- ein Säugetier mit vielen Körpern. Superorganismus Bienenstaat. *Biologie in unserer Zeit*, 38, S. 22–29
- TAUTZ, J., ARNDT, I. (2020): Honigbienen: Geheimnisvolle Waldbewohner. München: Knesebeck
- UFZ, BFN (2021): Biolflor. Datenbank biologisch-ökologischer Merkmale der Flora von Deutschland. (BUNDESAMTES FÜR NATURSCHUTZ, UMWELTFORSCHUNGSZENTRUM

- LEIPZIG-HALLE GMBH, Hrsg.) Online verfügbar unter: URL:
<https://wiki.ufz.de/biolflor/index.jsp> [05.06.2021]
- UMWELT BUNDESAMT (2019): Baumartenzusammensetzung in Naturwaldreservaten – Fallstudie. Online verfügbar unter: URL: <https://www.umweltbundesamt.de/fw-i-1-das-indikator#anpassungsfahigkeit-der-naturlichen-baumarten> [12.11.2021]
- UMWELTFORSCHUNGSZENTRUM LEIPZIG-HALLE GMBH (2022): *Datenbank biologisch-ökologischer Merkmale der Flora von Deutschland*. Online verfügbar unter: URL: https://wiki.ufz.de/biolflor/overview/merkmal.jsp?ID_Merkmal=39
- VAN RÜTH, P. (2019): Indikator-Factsheet: Förderung des Waldumbaus. In: *BOSCH&PARTNER GMBH I.A. DES UMWELTBUNDESAMTES (Hrsg.): Indikatoren für die Deutsche Anpassungsstrategie Indikator-Factsheets zum Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft*
- VOIGT, Wolfgang (2004): Walderkrankung-Artenrückgang-Klimawandel-Bienensterben. (1. Aufl.). Berlin: Frieling
- VOIGT, Wolfgang (2017): Die Honigbiene im Kreislauf des Waldes. (2. Aufl.). Berlin: Frieling
- VOR, T., SPELLMANN, H., BOLTE, A. (2015): Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten-Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung. (GÖTTINGER FORSTWISSENSCHAFTEN, Hrsg.) (7. Aufl.)
- WESTRICH, P. (1989): Die Wildbienen Baden-Württembergs. Stuttgart: Eugen Ulmer
- WESTRICH, P. (2011): Wildbienen-Die anderen Bienen. München: Dr. Friedrich Pfeil

Anhang

Tabelle A1: Beurteilungskriterien

Gelistet wird eine Aufstellung der bereits integrierten Beurteilungskriterien in der Bienenwalddatenbank sowie Beurteilungskriterien für die Erweiterung der Datenbank in einer künftigen Forschung (Quelle: Eigene Darstellung)

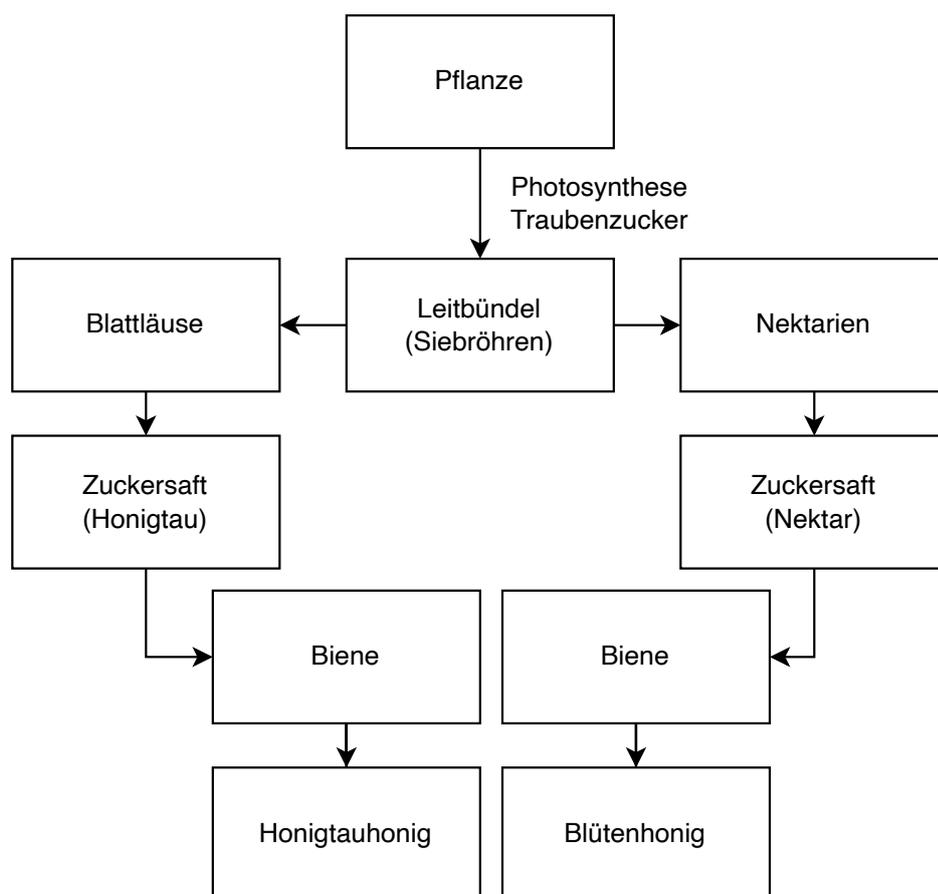
Analysierte Kriterien	Ausstehende Kriterien
Name der Gehölzart (deutsch und botanisch)	Sorten der Gehölzart
Familienzugehörigkeit	Blütenstand
Nah verwandte Arten	Blütenanzahl
Blühzeit	Bestäubungsart
Blühdauer	Blühreife
Blütenfarbe	Alter Fruchtbarkeit der Gehölzart
Pollenfarbe	Marktpreis Frucht
Bestäuber	Verbreitungsgebiet
Nektarwert	Biotische und abiotische Risiken
Pollenwert	Dürretoleranz
Honigtauerfügbarkeit	Trockenheitsresistenz
Name Honigtauerzeuger (deutsch und botanisch)	Biotoptyp
Name Wirtspflanze für Honigtauerzeuger (deutsch und botanisch)	Schattenevtrügllichkeit
Zuckergehalt Nektar	Blattflächenindex
Trachtwert (Honigertrag)	Konkurrenzstrategie
Wildbienennahrung	Fortpflanzungsstrategie
Floritischer Status	Eignung als Weidepflanze (Giftig/Essbar)
Invasives Potenzial	Blattform
Einfluss auf Biodiversität	Merkmale
Name fruchtragende Art (deutsch und botanisch)	Pioniere
Fruchttyp	Stickstoffbedarf/Nährstoffansprüche
Fruchtfarbe	Kalktoleranz/Tontoleranz
Genießbarkeit der Frucht für Menschen	Klimatische Kennziffern
Nutzbarkeit der Frucht oder anderen Pflanzenteilen	Wurzelsystem
Giftigkeit der Frucht	Blattabbau
Fruchtreife	Windschutz
Lebensform	Photosyntestische Leistungsfähigkeit und Produktivität
Wuchshöhe	Wachstum
Blattdauer	Energetische Nutzung
Stickstofffixierung	Holzverwendung
Herkunft	Anbaurisiko
Vorkommen	Naturverjüngung
Klimaanpassung	Stockausschlagvermögen
Honigsorte	Mischbaumarten
Honigspender	Lichtanspruch
Honigpreis	Temperaturanspruch
Anschaffungskosten Jungpflanze und Saatgut	Mittleres jährliches Minima der Lufttemperatur
	Wasserregim
	pH-Bereich
	Höhenwachstum
	Stammstärke
	jährlicher Gesamtwuchs (im Alter von 100 Jahren)
	Gesamtleistung Derbholz (im Alter von 100 Jahren)
	Herkunft: Florengebiet

Tabelle A2: Ökosystemdienstleistungen des Waldes

Ökosystemdienstleistungen eines Waldökosystems (Quelle: In Anlehnung an BMEL, 2014)

Basisleistung	Versorgungsleistung	Regulationsleistung	Kulturelle Leistung
Photosynthese	Holzzuwachs	Luftfilter	Arbeitsplatz
Sauerstoffproduktion	Stoffliche Holznutzung	Klimaschutz	Forschung & Bildung
Kohlenstoffspeicher Biomasse	Energieholz	Wasserfilter	Wirtschaft
Holzvorrat	Pilze & Beeren	Bodenschutz	Tourismus
Biodiversität	Wildfleisch	Biotopfläche	Gesundheit & Erholung
Kohlenstoffspeicher Waldboden	Trinkwasserschutzgebiet	Totholz	Bestattung

Grundlage des Honigs

**Abbildung A1: Grundlage des Honigs**

Natürlicher Prozess der Entstehung von Honig (Quelle: Daten entnommen aus SCHICK & SPÜRGIN, 1997)

Tabelle A3: Zuckergehalt

Zuckergehalt (Zuckerkonzentration aller gelösten Zucker in Prozent) von 26 Gehölzarten aus der Bienenwalddatenbank. Die Daten werden nach dem höchsten Wert sortiert und der Mittelwert wird gekennzeichnet (Quelle: Daten entnommen aus PRITSCH, 2018).

Gehölzart (bot.)	Zuckergehalt (%)	
<i>Malus domestica</i>	87	
<i>Ribes uva-crispa</i>	82	
<i>Salix caprea</i>	79	
<i>Aesculus hippocastanum</i>	76	
<i>Tilia cordata</i>	74	
<i>Rubus idaeus</i>	70	
<i>Robinia pseudoacacia</i>	67	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	61	
<i>Rhamnus fragula</i>	58	
<i>Acer platanoides</i>	50	
<i>Rubus fruticosus</i>	49	
<i>Styphnolobium japonicum</i>	48	Mittelwert
<i>Calluna vulgaris</i>	47	
<i>Acer pseudoplatanus</i>	46	
<i>Lonicera xylosteum</i>	46	
<i>Acer campestre</i>	41	
<i>Ligustrum vulgare</i>	40	
<i>Prunus domestica</i>	35	
<i>Caragana arborescens</i>	34	
<i>Elaeagnus augustifolia</i>	33	
<i>Ribes rubrum</i>	32	
<i>Ribes nigrum</i>	26	
<i>Sorbus aucuparia</i>	25	
<i>Pyrus communis</i>	21	
<i>Hedera helix</i>	16	
<i>Vaccinium vitis idaea</i>	12	

Tabelle A4: Trachtwerte

Auszug der Trachtwerte (kg/ha) aus der Bienenwalddatenbank für 34 Gehölzarten.
 TW/V= Trachtwert von, TW/B= Trachtwert bis (Quelle: Daten entnommen aus PRITSCH, 2018).

Gehölzart (deu.)	Gehölzart (bot.)	TW/V	TW/B
Robinie	<i>Robinia pseudoacacia</i>	50	1000
Ahorn, Berg-	<i>Acer pseudoplatanus</i>		550
Ahorn, Spitz-	<i>Acer platanoides</i>	100	420
Roskastanie,	<i>Aesculus hippocastanum</i>	50	383
Erbsenstrauch,	<i>Caragana arborescens</i>	50	350
Efeu	<i>Hedera helix</i>	230	340
Zwergmispel, Gewöhnliche-	<i>Cotoneaster integerrimus</i>	80	340
Götterbaum	<i>Ailanthus altissima</i>	40	300
Schnurbaum, Japanischer-	<i>Sophora japonica,</i>	50	300
Ahorn, Feld-	<i>Acer campestre</i>	50	200
Linde, Sommer-	<i>Tilia platyphyllos</i>		200
Weißdorn, Eingriffeliger	<i>Crataegus monogyna</i>	100	200
Linde, Silber-	<i>Tilia tomentosa</i>		150
Heidelbeere, Blaubeere	<i>Vaccinium myrtillus</i>	30	130
Himbeere	<i>Rubus idaeus</i>	39	122
Heckenkirsche, Rote-	<i>Lonicera xylosteum</i>	26	120
Heide, Besen-	<i>Calluna vulgaris</i>	2	120
Blasenstrauch	<i>Colutea arborescens</i>	50	100
Ölweide, Schmalblättrige-	<i>Elaeagnus augustifolia</i>	20	100
Faulbaum, Gewöhnlicher-	<i>Rhamnus fragula</i>	35	80
Unform	<i>Amorpha fruticosa</i>	50	80
Johannisbeere, Schwarz-	<i>Ribes nigrum</i>	29	79
Schlehe, Gewöhnliche-	<i>Prunus spinosa</i>	25	40
Weide, Sal-	<i>Salix caprea</i>	25	35
Kirsch-Pflaume	<i>Prunus cerasifera</i>		30
Kirsche, spätblühende	<i>Prunus serotina</i>	20	30
Pflaume, Zwetschge	<i>Prunus domestica</i>	10	30
Stachelbeere	<i>Ribes uva-crispa</i>	20	30
Kastanie, Ess-, Edel-,	<i>Castanea sativa</i>		29
Brombeere	<i>Rubus fruticosus</i>	15	26
Apfel, Garten-, Kultur-	<i>Malus domestica</i>	10	20
Bocksdorn	<i>Lycium barbarum</i>		20
Eberesche, Gewöhnliche-	<i>Sorbus aucuparia</i>		20
Liguster, Gewöhnlicher-	<i>Ligustrum vulgare</i>		20

Abbildung A2: Blühkalender

Blühkalender von Januar bis Oktober für die Gehölzarten der Bienenwalddatenbank. Arten mit einer hohen Bienennähr-Zahl (BNZ) werden im Kalender mit einem dunklen Farbton dargestellt (siehe Abbildung A3) (Quelle: Eigene Darstellung)

Legende	Geringer Nährwert			Mittlerer Nährwert			Hoher Nährwert		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
BNZ									
Farbe									

Abbildung A3: Legende zum Blühkalender

Die Bienennährwert-Zahl (BNZ) bestimmt den Nährwert für Bestäuber. Mit steigendem Nährwert wird der Farbton dunkler (Quelle: Eigene Darstellung).

Tabelle A5: Wildbienen im Wald

Identifizierte Wildbienen im Bienwald Südpfalz nach Untersuchungen von BRECHTEL, 1986 (Quelle: Daten entnommen aus WESTRICH, 1989)

Gefundene Bienen im Wald (Bienwald Südpfalz). Untersucht von BRECHTEL, 1986	
Gattung (deu.)	Art (bot.)
Seidebiene	<i>Colletes fodiens</i>
Filzbiene	<i>Epeolus variegatus</i>
Maskenbienen	<i>Hylaeus variegatus</i>
	<i>Hylaeus difformis</i>
	<i>Hylaeus gracilicornis</i>
Zottelbienen	<i>Panurgus calcaratus</i>
	<i>Panurgus banksianus</i>
Sandbienen	<i>Andrena barbilabris</i>
	<i>Andrena denticulata</i>
	<i>Andrena vaga</i>
	<i>Andrena ruficrus</i>
	<i>Andrena fuscipes</i>
Wespenbiene	<i>Nomada roberjeotiana</i>
Schmal- und Furchenbienen	<i>Halictus sexcinctus</i>
	<i>Lasioglossum quadrinotatum</i>
	<i>Lasioglossum sexstrigatum</i>
Wollbiene	<i>Anthidium lituratum</i>
Harzbiene	<i>Anthidium strigatum</i>
Düsterbiene	<i>Stelis signata</i>
Mauerbienen	<i>Osmia gallarum</i>
	<i>Osmia uncinata</i>
	<i>Osmia tridentata</i>
Blattschneiderbiene	<i>Megachile maritima</i>
Kegelbiene	<i>Coelioxys conoidea</i>
Pelzbienen	<i>Anthophora furcata</i>
	<i>Anthophora bimaculata</i>
	<i>Anthophora retusa</i>
Sandgängerbiene	<i>Ammobates punctatus</i>
Trauerbiene	<i>Melecta luctuosa</i>
Keulhornbienen	<i>Ceratina callosa</i>
	<i>Ceratina cucurbitina</i>
	<i>Ceratina cyanea</i>

Tabelle A6: Legende Ranglisten

Legende zu Tabelle A6, A7, A8, A9, A10 und A11 (Quelle: Eigene Darstellung)

Legende		
BZ	Blühzeitraum	Kalendermonate
Bd	Blühdauer	in Monaten
NW	Nektarwert	5-stufige Skala
PW	Pollenwert	5-stufige Skala
HT	Honigtau	1 = ja, 0 = Nein, N/A = keine Angabe
BNZ	Bienennähr-Zahl	NW +PW
BNI	Bienen-Nähr-Index	BNZ * BZ

Tabelle A7: Rangliste forstwirtschaftlich relevante Baumarten

Dargestellt werden die 26 in der Bienenwalddatenbank herausgefilterten forstwirtschaftlich relevanten Baumarten. Die Rangliste ergibt sich aus dem Bienen-Nähr-Index (BNI). Die Zeichenerklärung ist der Legende in Tabelle A5 zu entnehmen. Der Farbverlauf in der BNI-Spalte von dunkel (hoher BNI) nach hell (niedriger BNI) unterteilt zusätzlich den Wertebereich. Die Tabelle wirkt ergänzend zu Kapitel 4.2.1 (Quelle: Eigene Darstellung).

Forstwirtschaftlich relevante Baumarten											
Werthölzer und Edellaubbäume sortiert nach BNI											
RANG	ID	Gehölzart (deu.)	Gehölzart (bot.)	Familie (bot.)	BZ	Bd	NW	PW	HT	BNZ	BNI
1	52	Kirsche, Vogel-, Süß-	<i>Prunus avium</i>	Rosaceae	4,5	2	4	4	1	8	16
2	60	Linde, Winter-	<i>Tilia cordata</i>	Malvaceae	5,6,7	3	4	1	1	5	15
3	46	Kastanie, Edel-	<i>Castanea sativa</i>	Fagaceae	6,7	2	3	3	1	6	12
4	4	Ahorn, Spitz-	<i>Acer platanoides</i>	Aceraceae	4,5	2	3	2	1	5	10
5	23	Elsbeere	<i>Sorbus torminalis</i>	Rosaceae	5,6	2	3	2	1	5	10
6	71	Robinie	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Fabaceae	5,6	1,5	4	2	0	6	9
7	50	Kirsche, Trauben-	<i>Prunus padus</i>	Rosaceae	4,5	2	2	2	0	4	8
8	1	Ahorn, Berg-	<i>Acer pseudoplatanus</i>	Aceraceae	5	1	4	2	1	6	6
9	22	Eiche, Trauben-	<i>Quercus petraea</i>	Fagaceae	4,5	2	0	3	1	3	6
10	26	Erle, Schwarz-	<i>Alnus glutinosa</i>	Betulaceae	3,4	2	0	3	1	3	6
11	65	Pappel, Silber-	<i>Populus alba</i>	Salicaceae	3,4	2	0	3	1	3	6
12	86	Ulme, Flatter-	<i>Ulmus laevis</i>	Urnaceae	3,4	2	0	3	1	3	6
13	2	Ahorn, Feld-	<i>Acer campestre</i>	Aceraceae	5	1	2	2	1	4	4
14	7	Baumhasel	<i>Corylus colurna</i>	Betulaceae	2,3,4	2	0	2	1	2	4
15	9	Birke, Hänge-, Sand-	<i>Betula pendula</i>	Betulaceae	4,5	2	0	2	1	2	4
16	15	Buche, Rot-	<i>Fagus sylvatica</i>	Fagaceae	4,5	2	0	2	1	2	4
17	35	Hainbuche	<i>Carpinus betulus</i>	Betulaceae	4,5	2	0	2	1	2	4
18	90	Walnuss, Echte-	<i>Juglans regia</i>	Juglandaceae	4,5	2	0	2	1	2	4
19	55	Lärche, Europäische-	<i>Larix decidua</i>	Pinaceae	3,4,5,6	4	0	1	1	1	4
20	21	Eiche, Stiel-	<i>Quercus robur</i>	Fagaceae	4,5,6	1,5	0	2	1	2	3
21	31	Fichte, Gemeine-	<i>Picea abies</i>	Pinaceae	4,5,6	3	0	1	1	1	3
22	56	Lebensbaum, Riesen-	<i>Thuja plicata</i>	Cupressaceae	3	1	0	2	1	2	2
23	47	Kiefer, Wald-	<i>Pinus sylvestris</i>	Pinaceae	5,6	2	0	1	1	1	2
24	17	Douglasie	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Pinaceae	4,5	2	0	0	N/A	0	0
25	27	Esche, Gewöhnliche-	<i>Fraxinus excelsior</i>	Oleaceae	4,5	2	0	0	1	0	0
26	84	Tanne, Weiß-	<i>Abies alba</i>	Pinaceae	5,6	2	0	0	1	0	0

Tabelle A8: Rangliste begleitende forstwirtschaftliche Baumarten

Dargestellt werden die 20 in der Bienenwalddatenbank herausgefilterten begleitenden forstwirtschaftlichen Baumarten. Die Rangliste ergibt sich aus dem Bienen-Nähr-Index (BNI). Die Zeichenerklärung ist der Legende in Tabelle A5 zu entnehmen. Der Farbverlauf in der BNI-Spalte von dunkel (hoher BNI) nach hell (niedriger BNI) untermalt zusätzlich den Wertebereich. Die Tabelle wirkt ergänzend zu Kapitel 4.2.1 (Quelle: Eigene Darstellung).

Begleitende forstwirtschaftliche Baumarten											
Sortierung nach BNI											
RANG	ID	Gehölzart (deu.)	Gehölzart (bot.)	Familie (bot.)	BZ	Bd	NW	PW	HT	BNZ	BNI
1	6	Apfel, Holz-, Wild-	<i>Malus sylvestris</i>	Rosaceae	4,5	2	4	4	1	8	16
2	60	Linde, Winter-	<i>Tilia cordata</i>	Malvaceae	5,6,7	3	4	1	1	5	15
3	3	Ahorn, Französischer-, Felsen-	<i>Acer mospessulanum</i>	Aceraceae	4,5	2	4	2	N/A	6	12
4	74	Roskastanie, Gewöhnliche-	<i>Aesculus hippocastanum</i>	Aceraceae	4,5,6	2	3	3	1	6	12
5	11	Birne, Wild-, Holz-	<i>Pyrus pyraeaster</i>	Rosaceae	4,5	1,5	3	4	1	7	10,5
6	87	Unform	<i>Amorpha fruticosa</i>	Fabaceae	6,7	2	3	2	1	5	10
7	29	Faulbaum, Gewöhnlicher-	<i>Rhamnus fragula</i>	Rhamnaceae	5,6,7	2	2	2	0	4	8
8	51	Kirsche, spätblühende Trauben-	<i>Prunus serotina</i>	Rosaceae	5,6	2	3	1	0	4	8
9	76	Scheinhasel	<i>Corylopsis pauciflora</i>	Hamamelidaceae	3,4	2	2	2	0	4	8
10	59	Linde, Sommer-	<i>Tilia platyphyllos</i>	Malvaceae	6,7	1,5	4	1	1	5	7,5
11	25	Erle, Grau-, Weiß-	<i>Alnus incana</i>	Betulaceae	2,3,4	2,5	0	3	1	3	7,5
12	80	Seidelbeere, Seidelbast	<i>Daphne mezereum</i>	Thymelaeaceae	3,4	1,5	2	2	N/A	4	6
13	83	Stechpalme	<i>Ilex aquifolium</i>	Aquifoliaceae	5,6	1,5	2	2	0	4	6
14	26	Erle, Schwarz-	<i>Alnus glutinosa</i>	Betulaceae	3,4	2	0	3	1	3	6
15	65	Pappel, Silber-	<i>Populus alba</i>	Salicaceae	3,4	2	0	3	1	3	6
16	58	Linde, Silber-	<i>Tilia tomentosa</i>	Malvaceae	7,8	1	3	1	1	4	4
17	9	Birke, Hänge-, Sand-	<i>Betula pendula</i>	Betulaceae	4,5	2	0	2	1	2	4
18	20	Eibe, Gewöhnliche-, Europäische-	<i>Taxus baccata</i>	Taxaceae	3,4	2	0	2	0	2	4
19	35	Hainbuche	<i>Carpinus betulus</i>	Betulaceae	4,5	2	0	2	1	2	4
20	55	Lärche, Europäische-	<i>Larix decidua</i>	Pinacea	3,4,5,6	4	0	1	1	1	4

Tabelle A9: Rangliste Waldrandarten

Dargestellt werden die 36 in der Bienenwalddatenbank herausgefilterten Gehölzarten die sich für lichte Waldstandorte eignen. Die Rangliste ergibt sich aus dem Bienen-Nähr-Index (BNI). Die Zeichenerklärung ist der Legende in Tabelle A5 zu entnehmen. Der Farbverlauf in der BNI-Spalte von dunkel (hoher BNI) nach hell (niedriger BNI) untermalt zusätzlich den Wertebereich. Die Tabelle wirkt ergänzend zu Kapitel 4.2.2 (Quelle: Eigene Darstellung).

Waldrandarten											
Artenauswahl für lichte Waldstrandorte (Waldrand, Waldwegrand, Lichtungen). Sortierung nach BNI											
RANG	ID	Gehölzart (deu.)	Gehölzart (bot.)	Familie (bot.)	BZ	Bd	NW	PW	HT	BNZ	BNI
1	14	Brombeere	<i>Rubus fruticosus</i>	Rosaceae	5,6,7,8	3	3	3	0	6	18
2	41	Himbeere	<i>Rubus idaeus</i>	Rosaceae	5,6,7	2,5	4	3	0	7	17,5
3	6	Apfel, Holz-, Wild-	<i>Malus sylvestris</i>	Rosaceae	4,5	2	4	4	1	8	16
4	13	Bocksdom	<i>Lycium barbarum</i>	Solanaceae	6,7,8,9	4	2	2	0	4	16
5	12	Blasenstrauch	<i>Colutea arborescens</i>	Fabaceae	5,6,7,8	3	3	2	0	5	15
6	38	Heide, Besen-	<i>Calluna vulgaris</i>	Ericaceae	8,9,10	3	4	1	0	5	15
7	53	Kornelkirsche	<i>Cornus mas</i>	Cornaceae	2,3,4	3	2	3	1	5	15
8	94	Zwergmispel, Gewöhnliche-	<i>Cotoneaster integerrimus</i>	Rosaceae	5,6	2	4	3	0	7	14
9	91	Weide, Sal-	<i>Salix caprea</i>	Salicaceae	3,4,5	1,5	4	4	1	8	12
10	28	Essigbaum	<i>Rhus hirta</i>	Anacardiaceae	6,7	2	3	3	0	6	12
11	79	Schnurbaum, Japanischer-	<i>Styphnolobium japonicum</i>	Fabaceae	7,8	2	4	2	0	6	12
12	32	Geißblatt, Wald-	<i>Lonicera periclymenum</i>	Caprifoliaceae	5,6,7,8	3	3	1	N/A	4	12
13	72	Rose, Hunds-, Hagebutte	<i>Rosa canina</i>	Rosaceae	5,6,7	3	0	4	0	4	12
14	89	Waldrebe, Gewöhnliche-	<i>Clematis vitalba</i>	Ranunculaceae	6,7,8	3	2	2	0	4	12
15	34	Götterbaum	<i>Ailanthus altissima</i>	Simaroubaceae	6,7	2	3	2	0	5	10
16	48	Kirsch-Pflaume	<i>Prunus cerasifera</i>	Rosaceae	3,4	2	2	3	1	5	10
17	63	Mispel, Echte-	<i>Mespilus germanica</i>	Rosaceae	5,6	2	3	2	0	5	10
18	77	Schlehe, Gewöhnliche-	<i>Prunus spinosa</i>	Rosaceae	4,5	2	3	2	1	5	10
19	71	Robinie	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Fabaceae	5,6	1,5	4	2	0	6	9
20	33	Ginster, Besen-	<i>Cytisus scoparius</i>	Fabaceae	5,6,7	3	0	3	0	3	9
21	18	Eberesche, Gewöhnliche-	<i>Sorbus aucuparia</i>	Rosaceae	5,6	2	2	2	1	4	8
22	37	Heckenkirsche, Rote-	<i>Lonicera xylosteum</i>	Caprifoliaceae	5,6	2	2	2	0	4	8
23	51	Kirsche, spätblühende Trauben-	<i>Prunus serotina</i>	Rosaceae	5,6	2	3	1	0	4	8
24	62	Mehlbeere, Echte-	<i>Sorbus aria</i>	Rosaceae	5,6	2	2	2	1	4	8
25	82	Stachelbeere	<i>Ribes uva-crispa</i>	Grossulariaceae	4,5	2	3	1	1	4	8
26	93	Weißdorn, Eingriffeliger	<i>Crataegus monogyna</i>	Rosaceae	5,6	2	2	2	1	4	8
27	57	Liguster, Gewöhnlicher-	<i>Ligustrum vulgare</i>	Oleaceae	6,7	1,5	2	3	0	5	7,5
28	64	Ölweide, Schmalblättrige-	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	Elaeagnaceae	5,6	1,5	3	1	0	4	6
29	80	Seidelbeere, Seidelbast, Kelle	<i>Daphne mezereum</i>	Thymelaeaceae	3,4	1,5	2	2	N/A	4	6
30	54	Kreuzdorn, Purgier-	<i>Rhamnus cathartica</i>	Rhamnaceae	5,6	2	2	1	0	3	6
31	73	Rose, Kartoffel-	<i>Rosa rugosa</i>	Rosaceae	5,6	2	0	3	0	3	6
32	8	Berberitze, Gewöhnliche-	<i>Berberis vulgaris</i>	Berberidaceae	5,6	1,5	2	1	0	3	4,5
33	36	Haselnuss, Gewöhnlich-	<i>Corylus avellana</i>	Betulaceae	2,3,4	2	0	2	1	2	4
34	67	Pimpelnuss, Gewöhnliche-	<i>Staphylea pinnata</i>	Staphyleaceae	5,6	2	2	0	0	2	4
35	42	Holunder, Schwarz-	<i>Sambucus nigra</i>	Adoxaceae	6	1	0	3	1	3	3
36	68	Preiselbeere	<i>Vaccinium vitis idaea</i>	Ericaceae	5	1	1	1	0	2	2

Tabelle A10: Rangliste Entwicklungstracht

Dargestellt werden die 17 in der Bienenwalddatenbank herausgefilterten Gehölzarten die im Zeitraum der Entwicklungstracht (Februar bis März) blühen. Die Rangliste ergibt sich aus der Bienennähr-Zahl (BNZ). Die Zeichenerklärung ist der Legende in Tabelle A5 zu entnehmen. Der Farbverlauf in der BNZ-Spalte von dunkel (hohe BNZ) nach hell (niedrige BNZ) untermalt zusätzlich den Wertebereich. Die Tabelle wirkt ergänzend zu Kapitel 4.3 (Quelle: Eigene Darstellung).

Entwicklungstracht											
Arten der Trachtzeit 1. Sortierung nach BNZ											
RANG	ID	Gehölzart (deu.)	Gehölzart (bot.)	Familie (bot.)	BZ	Bd	NW	PW	HT	BNZ	BNI
1	91	Weide, Sal-	<i>Salix caprea</i>	Salicaceae	3,4,5	1,5	4	4	1	8	12
2	39	Heide, Schnee-	<i>Erica carnea</i>	Ericaceae	1,2,3,4	2	4	2	0	6	12
3	48	Kirsch-Pflaume	<i>Prunus cerasifera</i>	Rosaceae	3,4	2	2	3	1	5	10
4	53	Kornelkirsche	<i>Cornus mas</i>	Cornaceae	2,3,4	3	2	3	1	5	15
5	16	Buchsbaum, Europäischer	<i>Buxus sempervirens</i>	Buxaceae	3,4	2	2	2	0	4	8
6	76	Scheinhasel	<i>Corylopsis pauciflora</i>	Hamamelidaceae	3,4	2	2	2	0	4	8
7	80	Seidelbeere, Seidelbast, Kellerhals	<i>Daphne mezereum</i>	Thymelaeaceae	3,4	1,5	2	2	N/A	4	6
8	25	Erle, Grau-, Weiß-	<i>Alnus incana</i>	Betulaceae	2,3,4	2,5	0	3	1	3	7,5
9	26	Erle, Schwarz-	<i>Alnus glutinosa</i>	Betulaceae	3,4	2	0	3	1	3	6
10	65	Pappel, Silber-	<i>Populus alba</i>	Salicaceae	3,4	2	0	3	1	3	6
11	85	Ulme, Feld-	<i>Ulmus minor, carpiniifolia</i>	Ulmaceae	3,4	2	0	3	1	3	6
12	86	Ulme, Flatter-	<i>Ulmus laevis</i>	Ulmaceae	3,4	2	0	3	1	3	6
13	7	Baumhasel	<i>Corylus colurna</i>	Betulaceae	2,3,4	2	0	2	1	2	4
14	20	Eibe, Gewöhnliche-, Europäische-	<i>Taxus baccata</i>	Taxaceae	3,4	2	0	2	0	2	4
15	36	Haselnuss, Gewöhnlich-	<i>Corylus avellana</i>	Betulaceae	2,3,4	2	0	2	1	2	4
16	55	Lärche, Europäische-	<i>Larix decidua</i>	Pinacea	3,4,5,6	4	0	1	1	1	4
17	75	Sanddorn, Gewöhnlicher-	<i>Hippophae rhamnoides</i>	Elaeagnaceae	3,4	2	0	0	0	0	0

Tabelle A11: Rangliste Spättracht

Dargestellt werden die 16 in der Bienenwalddatenbank herausgefilterten Gehölzarten die im Zeitraum der Spättracht (Juli bis September) blühen. Die Rangliste ergibt sich aus der Bienennähr-Zahl (BNZ). Die Zeichenerklärung ist der Legende in Tabelle A5 zu entnehmen. Der Farbverlauf in der BNZ-Spalte von dunkel (hohe BNZ) nach hell (niedrige BNZ) untermalt zusätzlich den Wertebereich. Die Tabelle wirkt ergänzend zu Kapitel 4.3 (Quelle: Eigene Darstellung).

Spättracht											
Arten in der Trachtzeit 4. Sortierung nach BNZ											
RANG	ID	Gehölzart (deu.)	Gehölzart (bot.)	Familie (bot.)	BZ	Bd	NW	PW	HT	BNZ	BNI
1	41	Himbeere	<i>Rubus idaeus</i>	Rosaceae	5,6,7	2,5	4	3	0	7	17,5
2	14	Brombeere	<i>Rubus fruticosus</i>	Rosaceae	5,6,7,8	3	3	3	0	6	18
3	19	Efeu	<i>Hedera helix</i>	Araliaceae	8,9	1,5	3	3	0	6	9
4	46	Kastanie, Ess-, Edel-, Marone	<i>Castanea sativa</i>	Fagaceae	6,7	2	3	3	1	6	12
5	79	Schnurbaum, Japanischer-	<i>Styphnolobium japonicum</i>	Fabaceae	7,8	2	4	2	0	6	12
6	12	Blasenstrauch	<i>Colutea arborescens</i>	Fabaceae	5,6,7,8	3	3	2	0	5	15
7	38	Heide, Besen-	<i>Calluna vulgaris</i>	Ericaceae	8,9,10	3	4	1	0	5	15
8	57	Liguster, Gewöhnlicher-	<i>Ligustrum vulgare</i>	Oleaceae	6,7	1,5	2	3	0	5	7,5
9	59	Linde, Sommer-	<i>Tilia platyphyllos</i>	Malvaceae	6,7	1,5	4	1	1	5	7,5
10	60	Linde, Winter-	<i>Tilia cordata</i>	Malvaceae	5,6,7	3	4	1	1	5	15
11	87	Unform	<i>Amorpha fruticosa</i>	Fabaceae	6,7	2	3	2	1	5	10
12	13	Bocksdorn	<i>Lycium barbarum</i>	Solanaceae	6,7,8,9	4	2	2	0	4	16
13	32	Geißblatt, Wald-	<i>Lonicera periclymenum</i>	Caprifoliaceae	5,6,7,8	3	3	1	N/A	4	12
14	58	Linde, Silber-	<i>Tilia tomentosa</i>	Malvaceae	7,8	1	3	1	1	4	4
15	89	Waldrebe, Gewöhnliche-	<i>Clematis vitalba</i>	Ranunculaceae	6,7,8	3	2	2	0	4	12
16	92	Weinrebe, Wilde-	<i>Vitis vinifera (ssp. Syvestris)</i>	Vitaceae	6	1	2	2	1	4	0

Tabelle A12: Rangliste klimaangepasste Gehölze

Dargestellt werden die 35 in der Bienenwalddatenbank herausgefilterten Gehölzarten mit einer potenziellen Klimaanpassung. Die Rangliste ergibt sich aus dem Bienen-Nähr-Index (BNI). Die Zeichenerklärung ist der Legende in Tabelle A5 zu entnehmen. Der Farbverlauf in der BNI-Spalte von dunkel (hoher BNI) nach hell (niedriger BNI) untermalt zusätzlich den Wertebereich. Die Tabelle wirkt ergänzend zu Kapitel 4.2.3 (Quelle: Eigene Darstellung).

Potenziell klimaangepasste Gehölzarten											
Sortierung nach BNI											
RANG	ID	Gehölzart (deu.)	Gehölzart (bot.)	Familie (bot.)	BZ	Bd	NW	PW	HT	BNZ	BNI
1	52	Kirsche, Vogel-, Süß-	<i>Prunus avium</i>	Rosaceae	4,5	2	4	4	1	8	16
2	13	Bocksdom	<i>Lycium barbarum</i>	Solanaceae	6,7,8,9	4	2	2	0	4	16
3	12	Blasenstrauch	<i>Colutea arborescens</i>	Fabaceae	5,6,7,8	3	3	2	0	5	15
4	38	Heide, Besen-	<i>Calluna vulgaris</i>	Ericaceae	8,9,10	3	4	1	0	5	15
5	53	Kornelkirsche	<i>Cornus mas</i>	Cornaceae	2,3,4	3	2	3	1	5	15
6	60	Linde, Winter-	<i>Tilia cordata</i>	Malvaceae	5,6,7	3	4	1	1	5	15
7	94	Zwergmispel, Gewöhnliche-	<i>Cotoneaster integerrimus</i>	Rosaceae	5,6	2	4	3	0	7	14
8	3	Ahorn, Französischer-, Felsen-	<i>Acer mospessulanum</i>	Aceraceae	4,5	2	4	2	N/A	6	12
9	28	Essigbaum	<i>Rhus hirta</i>	Anacardiaceae	6,7	2	3	3	0	6	12
10	46	Kastanie, Ess-, Edel-, Marone	<i>Castanea sativa</i>	Fagaceae	6,7	2	3	3	1	6	12
11	74	Rosskastanie, Gewöhnliche-	<i>Aesculus hippocastanum</i>	Aceraceae	4,5,6	2	3	3	1	6	12
12	79	Schnurbaum, Japanischer-	<i>Styphnolobium japonicum</i>	Fabaceae	7,8	2	4	2	0	6	12
13	4	Ahorn, Spitz-	<i>Acer platanoides</i>	Aceraceae	4,5	2	3	2	1	5	10
14	23	Elsbeere	<i>Sorbus torminalis</i>	Rosaceae	5,6	2	3	2	1	5	10
15	71	Robinie	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Fabaceae	5,6	1,5	4	2	0	6	9
16	81	Speierling	<i>Sorbus domestica</i>	Rosaceae	5	1	4	4	1	8	8
17	16	Buchsbaum, Europäischer	<i>Buxus sempervirens</i>	Buxaceae	3,4	2	2	2	0	4	8
18	37	Heckenkirsche, Rote-	<i>Lonicera xylosteum</i>	Caprifoliaceae	5,6	2	2	2	0	4	8
19	62	Mehlbeere, Echte-	<i>Sorbus aria</i>	Rosaceae	5,6	2	2	2	1	4	8
20	78	Schneeball, Wolliger-	<i>Viburnum lantana</i>	Caprifoliaceae	5,6	2	3	1	0	4	8
21	93	Weißdorn, Eingriffeliger	<i>Crataegus monogyna</i>	Rosaceae	5,6	2	2	2	1	4	8
22	64	Ölweide, Schmalblättrige-	<i>Elaeagnus augustifolia</i>	Elaeagnaceae	5,6	1,5	3	1	0	4	6
23	22	Eiche, Trauben-	<i>Quercus petraea</i>	Fagaceae	4,5	2	0	3	1	3	6
24	86	Ulme, Flatter-	<i>Ulmus laevis</i>	Ulmaceae	3,4	2	0	3	1	3	6
25	8	Berberitze, Gewöhnliche-	<i>Berberis vulgaris</i>	Berberidaceae	5,6	1,5	2	1	0	3	4,5
26	2	Ahorn, Feld-	<i>Acer campestre</i>	Aceraceae	5	1	2	2	1	4	4
27	24	Erbsenstrauch, Gewöhnlicher-	<i>Caragana arborescens</i>	Fabaceae	5	1	2	2	0	4	4
28	58	Linde, Silber-	<i>Tilia tomentosa</i>	Malvaceae	7,8	1	3	1	1	4	4
29	7	Baumhasel	<i>Corylus colurna</i>	Betulaceae	2,3,4	2	0	2	1	2	4
30	9	Birke, Hänge-, Sand-	<i>Betula pendula</i>	Betulaceae	4,5	2	0	2	1	2	4
31	20	Eibe, Gewöhnliche-, Europäische-	<i>Taxus baccata</i>	Taxaceae	3,4	2	0	2	0	2	4
32	35	Hainbuche	<i>Carpinus betulus</i>	Betulaceae	4,5	2	0	2	1	2	4
33	90	Walnuss, Echte-	<i>Juglans regia</i>	Junglandaceae	4,5	2	0	2	1	2	4
34	42	Holunder, Schwarz-	<i>Sambucus nigra</i>	Adoxaceae	6	1	0	3	1	3	3
35	21	Eiche, Stiel-	<i>Quercus robur</i>	Fagaceae	4,5,6	1,5	0	2	1	2	3

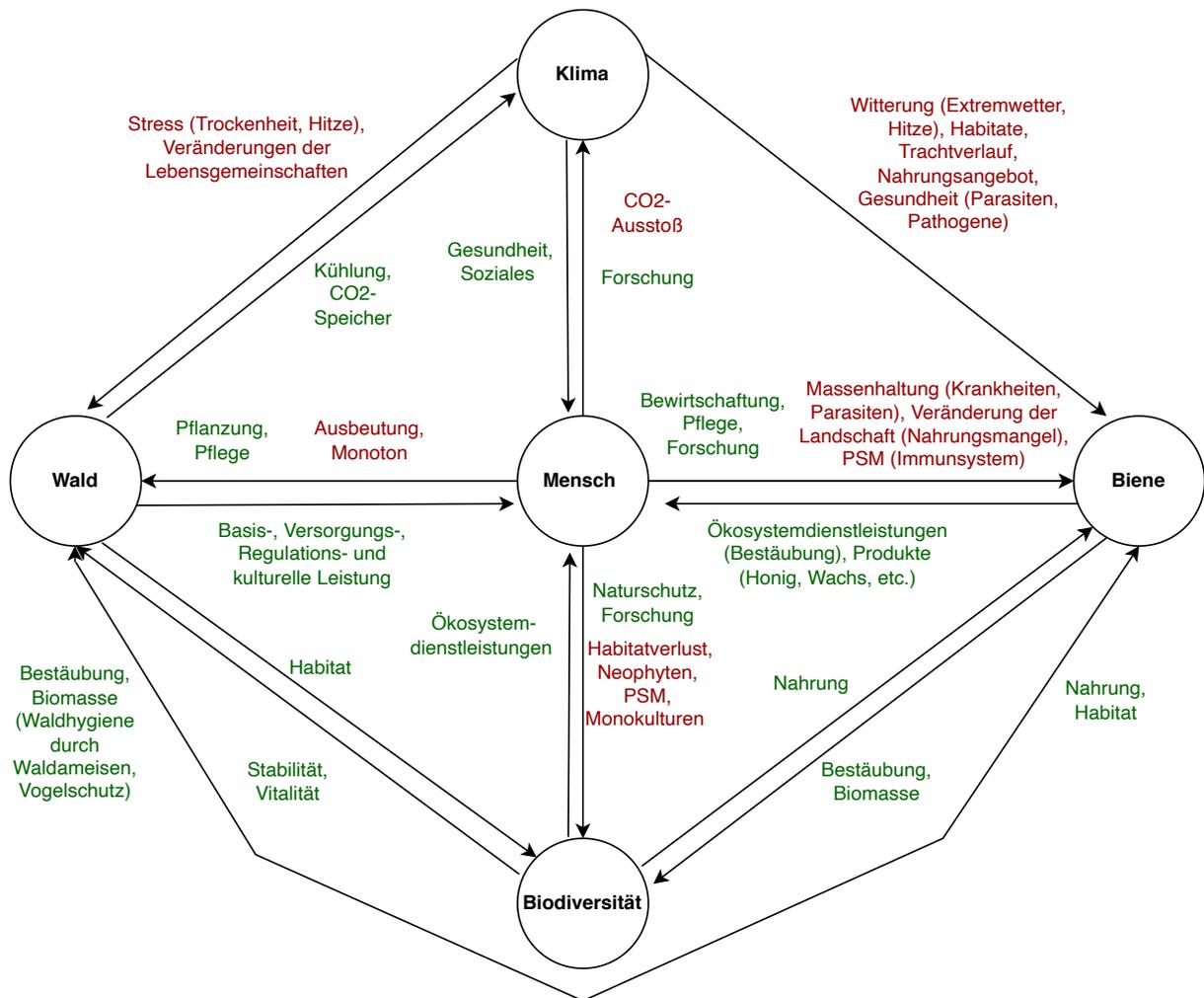


Abbildung A4: Kreislauf Mensch-Umwelt

Der wechselseitige Einfluss wird verdeutlicht. Die grünen Faktoren wirken positiv und die roten Faktoren wirken negativ (Quelle: Eigene Darstellung).

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Ausführungen, die anderen Arbeiten wörtlich oder sinngemäß entnommen sind, sind kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch in keinem anderen Studiengang als Prüfungsleistung verwendet. Ich stimme zu, dass die vorliegende Arbeit mit einer Anti-Plagiatssoftware überprüft werden darf.

Ort, Datum

eigenhändige Unterschrift

